ICARDA
Science for resilient livelihoods in dry areas

CLIMATE RESILIENT INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE ZARAFSHAN RIVER BASIN
Funded by the Swiss Agency for Development and Cooperation
CARITAS Schweiz Suissa Svizzera Svizra

Atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida faoliyat ko'rsatayotgan xodimlarni qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish MARKAZI

From the People of Japan

Atrof-muhitni asrash va "yashil" iqtisodiyot yiliga bag'ishlanadi



EKOLOGIK MUAMMOLARNING TABIATGA ASOSLANGAN YECHIMLARI

ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

NATURE-BASED SOLUTIONS TO ENVIRONMENTAL PROBLEMS

III XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN MATERIALLAR TO'PLAMI

19-20-DEKABR, 2025-YIL

ATROF-MUHITNI ASRASH VA “YASHIL” IQTISODIYOT YILIGA BAG’ISHLANADI

“EKOLOGIK MUAMMOLARNING TABIATGA ASOSLANGAN YECHIMLARI (NATURE-BASED SOLUTIONS TO ENVIRONMENTAL PROBLEMS)” MAVZUSIDAGI III XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN MAQOLALAR TO‘PLAMI

2025-YIL 19-20-DEKABR

Toshkent – 2025

“Ekologik muammolarning tabiatga asoslangan yechimlari (Nature-Based Solutions to Environmental Problems)” mavzusidagi III xalqaro ilmiy-amaliy anjuman maqolalar to‘plami. –T.: 2025. 1219 b.

TAHRIR HAY’ATI A’ZOLARI:

Jusipbek Kazbekov	Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vaziri o‘rinbosari, rais
Shuxrat Muradov	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktori, rais o‘rinbosari
Salimjan Buriyev	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktorining ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha o‘rinbosari, a’zo
Xamza Aminov	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktor o‘rinbosari, a’zo
Obid Ergashev	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti Ilmiy kotibi, a’zo
Luqmon Samiyev	“TIQXMMI” dotsenti, a’zo
Furqat Erkabayev	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriya mudiri, a’zo
Zikrillo Alimov	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriya mudiri, a’zo
Rajabboy Madrimov	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti bo‘lim boshlig‘i, a’zo
Iroda Ruziyeva	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriya mudiri, a’zo
Hasan Boboyev	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriya mudiri, a’zo
Olga Ashirova	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti bo‘lim boshlig‘i, a’zo
Moxira Kurambayeva	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti bo‘lim boshlig‘i, a’zo
G’iyos Rustamov	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti bo‘lim boshlig‘i, a’zo
Shoxrux Hamdamov	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti bo‘lim boshlig‘i, a’zo
Ulug‘bek Mamajonov	Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti laboranti, a’zo

© Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

КИРИШ СЎЗИ

Ҳозирги ривожланиш босқичида иқлим ўзгариши, чўлланиш, сув ресурслари танқислиги, ер деградацияси, чиқиндиларни бошқариш ва биологик хилма-хилликнинг қисқариши каби экологик муаммолар барқарор тараққиёт учун асосий таҳдидлардан бирига айланиб бормоқда. Атроф-муҳитга бўлган антропоген таъсирнинг кучайиши экотизимлар барқарорлигига, аҳоли саломатлигига, озиқ-овқат хавфсизлиги ва иқтисодий ўсишга салбий таъсир кўрсатиб, комплекс, илмий асосланган ва узоқ муддатли ечимларни ишлаб чиқишни талаб этади.

Мазкур халқаро илмий-амалий анжуман экологик ва иқлим масалаларини муҳокама қилиш, табиатга асосланган ечимларнинг илмий-амалий асосларини очиб бериш ҳамда илғор миллий ва халқаро тажрибаларни кенг илмий жамоатчиликка тақдим этиш учун муҳим майдон ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси иқлим ўзгаришига қарши курашиш, чўлланишга барҳам бериш ва табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш бўйича халқаро ташаббусларда фаол иштирок этмоқда. Мамлакатимизда экологик барқарорликни таъминлаш ва табиий бойликларни асраб-авайлаш давлат сиёсати даражасига кўтарилган, шунингдек интеграциялашган сув ресурсларини бошқариш, ҳаво сифати, шаҳар экологияси, чиқиндиларни бошқариш ва қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш устувор йўналишлар сифатида белгиланган. Бу мақсадда Экология ва иқлим ўзгариши миллий қўмитаси ташкил этилган бўлиб, у экологик ва иқлим сиёсатини мувофиқлаштириш ва халқаро мажбуриятларни бажаришда муҳим роль ўйнайди.

2025 йилнинг «Атроф-муҳитни асраш ва яшил иқтисодиёт йили» деб эълон қилиниши экологик ислоҳотларни чуқурлаштиришда муҳим қадам бўлди. Бу эса яшил технологияларни жорий этиш, чиқиндиларни қайта ишлаш, ресурслардан оқилона фойдаланиш ва аҳолининг экологик маданиятини оширишни ўз ичига олади.

Анжуман дастури доирасида замонавий экологиянинг асосий йўналишларини қамраб олган еттита илмий шўъба ташкил этилган.

Мақолалар тўплами экологик барқарорликни таъминлаш, илмий мулоқотни ривожлантириш ва халқаро ҳамкорликни мустаҳкамлаш учун илмий-амалий қимматга эга.

Ташкилий қўмита

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития такие экологические проблемы, как изменение климата, опустынивание, дефицит водных ресурсов, деградация земель, управление отходами и сокращение биологического разнообразия, становятся одними из ключевых угроз устойчивого развития. Усиление антропогенного воздействия на окружающую среду негативно влияет на устойчивость экосистем, здоровье населения, продовольственную безопасность и экономический рост, что требует разработки комплексных, научно обоснованных и долгосрочных решений.

Настоящая международная научно-практическая конференция служит значимой платформой для обсуждения актуальных экологических и климатических вопросов, раскрытия научно-практических основ природоориентированных решений и обмена передовым национальным и международным опытом.

Республика Узбекистан последовательно укрепляет свои позиции как активный участник международных инициатив по противодействию изменению климата, борьбе с опустыниванием и рациональному использованию природных ресурсов. В стране обеспечение экологической устойчивости и сохранение природного потенциала возведены в ранг государственной политики, в рамках которой приоритетными направлениями определены интегрированное управление водными ресурсами, улучшение качества атмосферного воздуха, развитие городской экологии, управление отходами и расширение использования возобновляемых источников энергии. В этих целях создан Национальный комитет по экологии и изменению климата, координирующий реализацию экологической и климатической политики, выполнение международных обязательств.

Объявление 2025 года «Годом охраны окружающей среды и зелёной экономики» стало важным этапом углубления экологических реформ, направленных на внедрение зелёных технологий, переработку отходов, рациональное использование ресурсов и повышение экологической культуры населения.

В программе конференции сформированы семь научных секций, охватывающих ключевые направления современной экологии.

Материалы сборника представляют научно-практическую ценность в целях развития диалога, укрепления международного сотрудничества и формирования экологически устойчивого будущего.

Организационный комитет

INTRODUCTION

At the present stage of development, environmental problems such as climate change, desertification, water scarcity, land degradation, waste management, and biodiversity loss have become some of the key threats to sustainable development. Increasing anthropogenic pressure on the environment negatively affects ecosystem stability, public health, food security, and economic growth, requiring the development of comprehensive, scientifically based, and long-term solutions.

This international scientific-practical conference serves as an important platform for discussing current environmental and climate issues, revealing the scientific and practical foundations of nature-based solutions, and sharing advanced national and international experience.

The Republic of Uzbekistan is consistently strengthening its position as an active participant in international initiatives to combat climate change, prevent desertification, and promote the rational use of natural resources. Ensuring ecological sustainability and preserving the country's natural potential has been elevated to the level of state policy, with priority areas including integrated water resources management, air quality improvement, urban ecology development, waste management, and the expanded use of renewable energy sources. To this end, the National Committee for Ecology and Climate Change has been established to coordinate the implementation of environmental and climate policy and the fulfillment of international obligations.

The declaration of 2025 as the "Year of Environmental Protection and Green Economy" represents an important step in deepening ecological reforms, aimed at introducing green technologies, recycling waste, rational resource use, and raising public environmental awareness.

The conference program has established seven scientific sections covering the key areas of modern ecology.

The materials in this collection represent significant scientific and practical value for promoting dialogue, strengthening international cooperation, and shaping an environmentally sustainable future.

Organizing Committee

BIOLOGIK XILMA-XILLIKNI SAQLASHDA INNOVATSION ILMIY-AMALIY YONDASHUVLAR

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

INNOVATIVE SCIENTIFIC AND PRACTICAL APPROACHES TO BIODIVERSITY CONSERVATION

MARKAZIY FARG‘ONA TABIIY CHO‘L SENOZLARIDA GEOAI VA GIS TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA NOYOB VA ENDEMIK SUDRALIB YURUVCHILARNI (REPTILIA) SAQLASHNING INNOVATSION MODELINI ISHLAB CHIQISH

Yo‘ldashev Shohruh Baxtiyorjon o‘g‘li, Zokirov Islomjon Ilhomjonovich
Farg‘ona davlat universiteti

Annotatsiya. Maqolada Markaziy Farg‘ona tabiiy cho‘l senozlarida uchraydigan noyob va endemik sudralib yuruvchilar (*Teratoscinus rustamowi*, *Eremias scripta*, *Phrynocephalus strauchi*, *Ph. helioscopus*, *Alsophylax loricatus*, *A. emilia*, *A. ferganensis*) ning tarqalishi, ekologik xususiyatlari va ularga tahdid solayotgan omillar tahlil qilinadi. Yozyovon cho‘li, Yozyovon va Mingbuloq tabiat yodgorliklari, Namangan oq qum massivlari hamda Yangiobod cho‘llaridan olingan dala ma’lumotlari va adabiyotlar tahlillari asosida gerpetofaunaning tur tarkibi, endemizm darajasi, populyatsiya holati va landshaft parchalanishi, agroekotizimlar kengayishi, suv xo‘jaligi inshootlari hamda noqonuniy ov kabi antropogen tahdidlar baholanadi. Shuningdek, ushbu turlarni uzoq muddatli saqlash uchun GeoAI va GIS texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari, ekologik yo‘laklarni tashkil qilish masalalari tahlil qilinadi. Natijalar Markaziy Farg‘ona cho‘l gerpetofaunasini muhofaza qilish bo‘yicha ilmiy asoslangan muhofaza choralarini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Markaziy Farg‘ona, sudralib yuruvchilar, endemik, cho‘l senozlari, tahdid omillari, GeoAI, GIS, ekologik yo‘laklar.

Abstract. This paper analyses the distribution, ecology and threat factors for rare and endemic reptiles inhabiting the natural desert cenoses of Central Fergana, Uzbekistan. Focal species include *Teratoscinus rustamowi*, *Eremias scripta*, *Phrynocephalus strauchi*, *Ph. helioscopus*, *Alsophylax loricatus*, *A. emilia* and *A. ferganensis*. Using field data and published sources from the Yazyovan Desert, the Yazyovan and Mingbulak nature monuments, the Namangan “white sands” and the Yangiobod desert massifs, we summarise species composition, level of endemism and population status. We further identify the main anthropogenic pressures, such as habitat fragmentation, expansion of irrigated agriculture, overgrazing, water-management infrastructure and illegal harvesting. In the second part, we outline how GeoAI and GIS technologies can support the long-term conservation of these taxa through habitat suitability modelling, mapping of ecological corridors and delineation of priority conservation areas. The results provide a scientific basis for nature-based management measures aimed at maintaining the unique reptile diversity of Central Fergana’s desert ecosystems.

Keywords: Central Fergana, reptiles, endemic, desert ecosystems, threat factors, GeoAI, GIS, ecological corridors.

Аннотация. В статье рассматриваются распределение, экологические особенности и факторы угроз для редких и эндемичных пресмыкающихся природных пустынных ценозов Центральной Ферганы. В качестве модельных видов анализируются *Teratoscinus rustamowi*, *Eremias scripta*, *Phrynocephalus strauchi*, *Ph. helioscopus*, *Alsophylax loricatus*, *A. emilia* и *A. ferganensis*. На основе полевых данных и литературных источников по пустыне Ёзёван, природным памятникам Ёзёван и Мингбулок, Намаганским «белым пескам» и пустыням Янгиабад обобщены видовой состав герпетофауны, уровень эндемизма, состояние популяций. Выделены основные антропогенные угрозы: фрагментация местообитаний, расширение орошаемого земледелия, пастбищная нагрузка, гидротехнические сооружения и браконьерство. Далее рассматриваются возможности использования технологий GeoAI и ГИС для долгосрочного сохранения этих таксонов:

моделирование пригодности местообитаний, картирование экологических коридоров и выделение приоритетных природоохранных территорий. Полученные результаты служат научной основой для разработки природно-ориентированных мер управления по сохранению уникального разнообразия пресмыкающихся пустынь Центральной Ферганы.

Ключевые слова: Центральная Фергана, пресмыкающиеся, эндемик, пустынные ценозы, факторы угрозы, GeoAI, ГИС, экологические коридоры.

KIRISH

Yer yuzida bioxilma-xillikning keskin kamayishi holatida sudralib yuruvchilar (Reptilia) sinfi global miqyosda eng zaif umurtqali hayvonlar guruhlaridan biri hisoblanadi. Sudralib yuruvchilar populyatsiyalarining qisqarishi ko‘plab mintaqalarda qayd etilgan bo‘lib, asosiy xavf omillari sifatida yashash joylarining yo‘qolishi va degradatsiyasi, landshaftning parchalanishi, invaziv turlar, ekologik ifloslanish, yuqumli kasalliklar, resurs sifatida ortiqcha ekspluatatsiya va global iqlim o‘zgarishi ko‘kabilarni ko‘rsatish mumkin [5]. Reptiliyalar ekotizimlarda hasharotlar va boshqa umurtqasizlar sonini tartibga solish, oziq zanjirlarida o‘rta va yuqori trofik pog‘onalarni shakllantirish hamda o‘simlik urug‘lari tarqalishida ishtirok etish orqali muhim funksional vazifalarni bajaradi.

O‘zbekiston Respublikasi Markaziy Osiyoning qurg‘oqchil mintaqasida joylashgan bo‘lib, uning hududining taxminan 60 foizi cho‘l va yarim cho‘l landshaftlaridan tashkil topgan. Mamlakatning sharqiy hamda janubi-sharqiy qismi yirik tog‘ tizmalari bilan chegaralangan. Respublika gerpetofaunasi tarkibida jami 16 oila va 33 urug‘ga mansub 65 tur mavjud. Shundan amfibiyalar (Amphibia) sinfiga 2 oila va 2 urug‘ tarkibidagi 3 tur, sudralib yuruvchilar (Reptilia) sinfiga esa 14 oila, 31 urug‘ga kiruvchi 62 tur to‘g‘ri keladi. Sudralib yuruvchilar orasida 1 tur toshbaqa, 41 tur kaltakesak va 20 tur ilonlar qayd etilgan **[14].** Bu turlarning katta qismi cho‘l va yarimcho‘l zonalariga xos bo‘lib, Qizilqum, Ustyurt platosi, Mirzacho‘l, Qarshi cho‘li va boshqa massivlar bo‘yicha notekis taqsimlangan. Jumladan, Navoiy va Samarqand hududida 26 tur [11], Qashqadaryo viloyati hududida 37 tur [12, 13], Janubiy-G‘arbiy Qizilqum hududida 15 tur [7], G‘arbiy Qizilqum hududida 17 tur [8], Shimoliy-G‘arbiy Qizilqumda 33 tur [6] sudralib yuruvchilar tarqalganligi tadqiqotlar natijasida qayd etilgan bo‘lsa, Farg‘ona viloyatida 27 tur sudralib yuruvchilar mavjudligi aniqlangan [9, 18].

Farg‘ona vodiysi Markaziy Osiyoning eng zich aholi yashaydigan va geologik jihatdan qadimiy izolyatsiyalangan hududlaridan biri bo‘lib, floristik va faunistik endemizm darajasi bilan ajralib turadi. So‘ngi tadqiqotlar vodiyning nisbatan kichik maydonida kamida 45 tur endemik o‘simlik, 5 tur endemik hasharot va 7 tur endemik reptiliya aniqlanganini ko‘rsatadi [9]. Bu turlar orasida *Teratoscinus rustamowi*, *Eremias scripta*, *Phrynocephalus strauchi*, *Ph. helioscopus* va *Alsophylax loricatus* singari qumli massivlar bilan bog‘liq yo‘qolib borayotgan endemik turlar alohida ahamiyatga ega. Bundan tashqari Farg‘ona vodiysi Markaziy Osiyoning eng yirik endemizm markazlaridan biri bo‘lib, vodiyning qumli va adir-yaylov biotoplarida ikkita yangi mikroendemik gekkon turlari – *Alsophylax ferganensis* va *A. emilia* ning kashf qilinishi vodiy hududining qumli cho‘l massivlari bilan bog‘liq turlarda yashirin xilma-xillik yuqoriligini va potensial ravishda hali ham ilm-fanga noma’lum turlar mavjudligini ko‘rsatadi [9]. Farg‘ona vodiysining qumli biotoplarida o‘tkazilgan empirik tadqiqotlar sudralib yuruvchilar populyatsiya zichligi 1 ga maydonda 144 individdan ortiqqa yetishi, hamda hududda tarqalgan kaltakesaklardan 3 ta endemik tur (*Teratoscinus rustamowi, Eremias scripta, Phrynocephalus strauchi)* yuqori populatsiya zichligiga egaligi aniqlangan bo‘lib, ularning uchrash foizi 52 % (34%-74%) ni tashkil etadi[19]. Bu holat qum massivi biotoplarining noyob genofondni saqlashdagi strategik ahamiyatini tasdiqlaydi.

Markaziy Farg‘ona hududida joylashgan Yozyovon cho‘li, “Yozyovon tabiat yodgorligi”, Mingbuloq va Namangan oq qum massivlari, Yangiobod cho‘llari Farg‘ona cho‘l ekotizimlarining

asosiy ulushini tashkil etadi. Bu hududlar tarixan Sirdaryoning qadimiy qumli barxanlari bo‘lib, uzoq muddatli alohidalanish va o‘ziga xos mikroiqlim sharoitlari natijasida endemizm darajasi yuqori bo‘lgan gerpetofaunaga ega hudud hisoblanadi. Shu bilan birga, mazkur cho‘l massivi va u bilan bog‘liq gerpetofauna kuchli tabiiy hamda antropogen xavflar ostida qolmoqda. Xususan, shudgorlash va suv toshqini tufayli qumli yashash joylari 1960-yildan beri 3,7 baravar kamaygan (taxminan 180 km^2). Yagona qo‘riqlanadigan hudud (Yozyovon tabiiy yodgorligi) alohida cho‘llarning biologik xilma-xilligini saqlab qolish uchun yetarli emas [19].

Hududdagi qum qazib olish ham uzoq asrlik tarixiy jarayon bo‘lib, qum massivlaridagi eng sezilarli qisqarish XX asrda sodir bo‘ldi. Xususan, 1926-yildan boshlab 2016-yilgacha bo‘lgan davrda Farg‘ona viloyatida aholi soni 6 marotaba, Namangan viloyatida qariyb 7 marta ko‘paydi [20]. Ayniqsa, 1959-1970 yillarda aholi sonida yuqori o‘sish kuzatildi. Bu esa donning keskin tanqisligiga olib keldi. Bo‘sh yerlarni o‘zlashtirish orqali bu muammolarning bir qismi hal qilindi. Ammo, ko‘plab psammobiont yashash joylari tufayli ko‘plab noyob turlar yo‘qolib ketdi [16, 21, 22, 17, 18, 23].

Farg‘ona vodiysidagi qum majmualarida hozirgi kungacha antropogen ta’sir yuqoriligicha qolmoqda. Noyob turlarga antropogen xavf, ayniqsa ovchilik va noqonuniy yig‘ish ko‘rinishida yaqqol namoyon bo‘lmoqda. O‘rta Osiyo toshbaqasi (*Testudo horsfieldii*), bo‘z echkemari (*Varanus griseus*) va qum bo‘g‘ma ilonchasi (*Eryx tataricus*) larning “tibbiy xomashyo” sifatida asossiz ovlanishi ham lokal populyatsiyalarni keskin kamaytirayotgani qayd etilgan. Shu munosabat bilan cho‘llar hududi va ularda yashaydigan sudralib yuruvchilar jamoalarining xususiyatlari va populatsiyalarining holatini doimiy monitoring qilish zarurati paydo bo‘ldi. Mazkur xavf omillarini kamaytirish va noyob hamda endemik sudralib yuruvchilar genofondini saqlash uchun bir tomondan an’anaviy tabiatni muhofaza qilish mexanizmlari (mavjud qo‘riqlanadigan hududlarni kengaytirish, yangi mikrorezervatlar va bufer zonalar tashkil etish, ovchilikni qat’iy nazorat qilish, mahalliy aholi o‘rtasida bioetika tamoyillarini targ‘ib qilish)ni kuchaytirish zarur. Boshqa tomondan, tabiiy cho‘l landshaftlarining tezkor o‘zgarishi, iqlim o‘zgarishi va landshaft parchalanishi kabi murakkab omillarni baholash uchun zamonaviy yondashuvlarga ehtiyoj ortib bormoqda [15].

So‘nggi o‘n yilliklarda biogeologik ma’lumotlarga asoslangan turlar arealini va yashash joylari mosligini modellashtirish (Species Distribution Modelling, SDM), landshaft ulanishini baholash va ekologik yo‘laklarni (yashil kamar) loyihalash bo‘yicha GIS va masofaviy zondlash texnologiyalariga tayanuvchi ko‘plab usullar ishlab chiqildi [2]. Reptiliyalar uchun MaxEnt, Random Forest va boshqa algoritmlarga asoslangan modellar cho‘l va yarim-cho‘l hududlarida tarqalgan turlarning tarqalishiga iqlim, relyef, o‘simlik qoplami va antropogen bosim omillari qanday ta’sir ko‘rsatishini aniqlashda samarali ekanini ko‘rsatdi [1]. Yaqinda shakllangan GeoAI (Geospatial Artificial Intelligence) yo‘nalishi esa sun’iy intellekt va chuqur o‘rganish usullarini yuqori aniqlikdagi sputnik tasvirlari va boshqa fazoviy ma’lumotlar bilan birlashtirib, landshaft dinamikasi, yashash joylari fragmentatsiyasi va ekologik xavflarni real vaqtga yaqin masshtabda aniqlash imkonini bermoqda [24].

Shu bilan birga, Markaziy Farg‘ona cho‘l massivlarida sudralib yuruvchilarni o‘rganishda GeoAI, SDM va GIS integratsiyasiga asoslangan ishlanmalar deyarli mavjud emas. Mavjud izlanishlar asosan faunistik ro‘yxat, morfologik va klassik ekologik tavsiflar bilan cheklanadi. Shu sababli, Markaziy Farg‘ona tabiiy cho‘l senozlarida *Teratoscinus rustamowi*, *Eremias scripta*, *Phrynocephalus strauchi*, *Ph. helioscopus*, *Alsophylax loricatus*, *A. emilia* va *A. ferganensis* kabi endemik va muhofazaga muhtoj sudralib yuruvchilarni model turlar sifatida tanlab, ularning tarqalishi, ekologiyasi va ularga tahdid solayotgan omillarni tahlil qilish, hamda ushbu ma’lumotlar asosida GeoAI va GIS texnologiyalariga tayangan innovatsion muhofaza modelini taklif etish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Mazkur maqola aynan Markaziy Farg‘ona

cho‘l massivlari gerpetofaunasining bioxilma-xilligini baholash, asosiy xavf omillarini aniqlash va ularni yumshatish uchun fazoviy-analitik yechimlarni ishlab chiqishga qaratilgan.

MATERIALLAR VA USLUBLAR

Mazkur tadqiqot ishi 2021–2025-yillarda Markaziy Farg‘onaning tabiiy cho‘l massivlari, xususan Yozyovon cho‘li va “Yozyovon tabiat yodgorligi”, Mingbuloq tabiat yodgorligi, Namangan oq qum massivlari hamda Yangiobod cho‘llarida o‘tkazilgan dala kuzatuvlarining natijalariga asoslanadi. Har bir massivda 500–1000 m uzunlikdagi chiziqli transektlar bo‘yicha ertalab va kechki faoliyat davrida vizual hisoblar o‘tkazilib, uchragan individlarning turi, soni, faoliyat turi, mikroreliyef va biotop turlari qayd etildi. Har bir uchrash nuqtasi GPS koordinatalari bilan belgilandi. Gerpetologik jarayonlar Amerika Ixtiologlar va Gerpetologlar Jamiyatining (ASIH) “Amfibiyalar va sudralib yuruvchilardan dala amaliyotida va labaratoriyada foydalanish bo‘yicha qo‘llanma”si [3] ko‘ra amalga oshirildi.

Analitik bosqichda dala ma’lumotlari Farg‘ona vodiysi bo‘yicha mavjud gerpetofaunistik ro‘yxatlar va Qizil kitob ma’lumotlari bilan solishtirildi. Fazoviy tahlillar uchun QGIS 3.x muhitida iqlim (WorldClim bioklimatik ko‘rsatkichlari), relyef (SRTM), NDVI va tuproq, shuningdek aholi punktlari va yo‘llargacha masofa kabi antropogen qatlamlar integratsiya qilindi. Endemik turlar uchun MaxEnt va Random Forest algoritmlariga asoslangan modellarning kontseptual sxemasi ishlab chiqilib, model sifatini baholashda AUC va TSS ko‘rsatkichlaridan foydalanish ko‘zda tutildi. Olingan moslik xaritalari asosida asosiy va ehtimoliy markaziy hududlar belgilandi va ekologik yo‘laklar ajratilinib, tahdid omillarini baholash bilan bog‘liq tahlillar amalga oshirildi.

NATIJALAR VA MUNOZARA

Farg‘ona vodiysidagi 27 turdan 8 tasi (30%) noyob hisoblanadi va O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobiga kiritilgan bo‘lsa, 5 turi (18,5%) IUCN Qizil kitobiga kiritilgan va 3 tasi (11%) CITES tomonidan himoyalangan [4, 9, 10]. Mazkur hudud o‘zining boy faunistik tarkibiga ega bo‘lib, hududda muhofazaga molik turlar muhofazasini ta’minlovchi chora-tadbirlarni kuchaytirish maqsadga muvofiqdir. Endem va muhofazaga molik turlarni (*Testudo horsfieldii, Varanus griseus, Eryx tataricus, Teratoscinus rustamowi*, *Eremias scripta*, *Phrynocephalus strauchi*, *Ph. helioscopus*, *Alsophylax loricatus*, *A. emilia* va *A. ferganensis)* himoya qilish uchun davlat miqyosida muhofaza va jamiyat miqyosida bioetikani shakllantirish zarur hisoblanadi.

Yozyovon hududining tabiiy cho‘l mintaqalarining aholi tomonidan yillar davomida o‘zlashtirilishi mazkur hudud ekosistemasiga o‘zining salbiy ta’sirini ko‘rsatmay qolmayapti. Tabiiy cho‘l senozlarining sholi plantatsiyalari va boshqa turdagi agroekosistemalar uchun o‘zlashtirilishi hudud faunasiga ta’sir qilmoqda. Bu holat Yangiobod cho‘l senozlarida ayniqsa jadal suratda oshib bormoqda. Bundan tashqari, «Yozyovon tabiat yodgorligi» muhofazasi va hududi ham yetarli emas. «Yozyovon tabiat yodgorligi»ga yaqin hududda joylashgan katta Yozyovon cho‘li ham muhofaza qilinuvchi hudud hisoblanadi. Mazkur hududda barpo qilingan “Markaziy Farg‘ona suv ombori” inshooti strategik obyekt bo‘lib, cho‘l hududida barpo qilingan sun’iy antropoekosistema bo‘lib, suv omborining tabiiy cho‘l ekosistemasiga, hususan sudralib yuruvchilar olamiga ta’sirini baholash zarur va bu sohada chuqur ilmiy-tadqiqot ishlarini o‘tkazish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Chunki, katta Yozyovon cho‘li zoogeografik nuqtai nazardan alohida “Qum orolli Yozyovon” uchastkasida joylashgan bo‘lib, o‘ziga xos sudralib yuruvchilar olamiga ega va hududdagi ayrim turlar endemik yoki muhofazaga molik turlar hisoblanadi. Mazkur hududning tur tarkibini shakllantirish, o‘zgargan muhitning sudraluvchilar hayot faoliyatiga ta’sirini o‘rganish ekologik vaziyatni baholashga imkon beradi. Mazkur yo‘nalishdagi tahlillar shuni ko‘rsatdiki noyob va endemik sudralib yuruvchilarni saqlash uchun GeoAI va GIS texnologiyalariga tayangan innovatsion fazoviy model ishlab chiqish bu kabi ekologik

muammolarga yechim bo‘lishi mumkin. Model to‘rtta asosiy moduldan iborat bo‘ladi. Ular quyidagilar:

1. **Ma’lumotlar moduli** – turlar uchrash nuqtalari, muhit ko‘rsatkichlari (iqlim, relyef, NDVI, tuproq) va antropogen bosim qatlamlarini yagona geo-ma’lumotlar bazasida integratsiyalash.
2. **GeoAI-SDM moduli** – *Teratoscinus rustamowi, E. scripta, Ph. strauchi, Ph. helioscopus, A. loricatus, A. emilia, A. ferganensis* kabi turlar uchun MaxEnt va Random Forest asosida landshaft xaritalarini ishlab chiqish hamda ehtimoliy iqlim o‘zgarishlari bo‘yicha potentsial arealni baholash.
3. **Bog‘liqlik va prioritet hududlar moduli** – “Circuitscape” va “least-cost path” yondashuvlari yordamida Markaziy Farg‘ona qumlari (Yozyovon tabiat yodgorligi–Yozyovon cho‘li – Yangiobod cho‘llari–Namangan oq qumlari–Mingbuloq tabiat yodgorligi) o‘rtasida ekologik yo‘laklar va asosiy hamda qo‘shimcha areallarni ajratish;
4. **Monitoring va adaptiv boshqaruv moduli** – yuqoridagi xaritalar asosida yangi mikrorezervatlar va bufer zonalar uchun ustuvor uchastkalarni tanlash, sudralib yuruvchilar bo‘yicha muntazam monitoringni tashkil etish va modelni yangi ma’lumotlar bilan yangilab borish.

Mazkur innovatsion model natijasida Markaziy Farg‘ona cho‘l massivlarida noyob va endemik sudralib yuruvchilar uchun muhim bo‘lgan uch toifa hudud: yuqori moslikka ega yadro biotoplar, ularni bog‘lovchi ekologik yo‘laklar hamda antropogen xavf darajasi yuqori bo‘lgan xavfli zonalar fazoviy jihatdan aniqlab berildi. Bu esa muhofaza qilinadigan hududlar tarmog‘ini qayta ko‘rib chiqish, yangi mikrorezervatlar tashkil etish va “yashil kamar” turidagi landshaft yo‘laklarini loyihalash uchun ilmiy asos yaratadi.

XULOSA

Markaziy Farg‘ona cho‘l senozlarida olib borilgan tahlillar vodiy gerpetofaunasi tarkibida 8 ta noyob sudralib yuruvchi tur mavjudligi va hududda yetti turning endemik ekanligi aniqlandi. Asosan, Yozyovon hamda unga tutash qum massivlarida markaziy populyatsiyalar mavjud bo‘lib, cho‘l landshaftlarining agrar o‘zlashtirilishi, suv xo‘jaligi inshootlari, infratuzilma va noqonuniy ovchilik tufayli keskin ekologik inqirozlarning paydo bo‘lishi mazkur turlar genofondini bevosita xavf ostida qoldirmoqda. Mazkur sharoitda GeoAI va GIS texnologiyalariga tayangan, to‘rt moduldan iborat innovatsion fazoviy model ishlab chiqildi va bu model ma’lumotlarni integratsiyalash, SDM asosida landshaft xaritalarini tuzish, “Circuitscape” va “least-cost path” orqali ekologik yo‘laklarni aniqlash hamda monitoring va adaptiv boshqaruvni tashkil etish imkonini berdi. Model natijasida markaziy biotoplar, ekologik yo‘laklar va antropogen xavf zonalari fazoviy jihatdan aniqlab berilib, qo‘riqlanadigan hududlar tarmog‘ini qayta ko‘rib chiqish, yangi mikrorezervatlar va “yashil kamar” turidagi landshaft yo‘laklarini loyihalash uchun ilmiy asos yaratildi. Shu bois taklif etilayotgan yondashuv Markaziy Farg‘ona cho‘l ekotizimlarida nafaqat endemik sudralib yuruvchilarni, balki ular bilan bog‘liq o‘simlik va hayvonlar majmuasini saqlashga qaratilgan kompleks yechim sifatida baholanishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Alatawi, A. S., Mitri, G. H., El-Nashar, W. Y., & Al-Ahmadi, K. (2020). Modelling terrestrial reptile species richness, distributions and habitat suitability in an arid environment using ensemble species distribution modelling. *Journal of Arid Environments, 177*, 104146.
2. Araújo, M. B., & Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography, 33*(10), 1677–1688.

3. American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH) // Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research.USA, 2004. – P.42 https://doi.org/10.3390/ani13152516
4. Chikin, Y.A. Protected reptile species from sands of Fergana. In Proceedings of the 1st meeting of the Nikolsky Herpetological Sociality, Puschino, Russia, 4–7 December 2000; pp. 327–328.
5. Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S., & Winne, C. T. (2000). The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience, 50*(8), 653–666.
6. Jumanov M.A., Asenov G.A., Ametov Ya.I., Arepbaev I.M. The current state of Reptiles South Aral Sea region and their protection // Karakalpak Scientific Journal, 2020. . – №3. – 21-article
7. Jumayev.F.Q and Shernazarov. E.Sh. The number of scaled reptiles (Squamata) in the fixed sands of Karnabchul (Southwestern Kyzylkum, Uzbekistan) in Spring // The way of science, 2017. – №2. – B. 39-41.
8. Jumayev.F.Q and Shernazarov. E.Sh. Transformations of the herpetofauna of South-Western Kyzylkum (Uzbekistan) under the influence of technogenesis // Web of Conferences 264,2012. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126401041
9. Nazarov R.A, Abduraupov T.V et.all. The Ferghana Valley Is an Isolate of biodiversity:A discussion of the endemic herpetofauna and description of two species of *Alsophylax* (Sauria:Gekkonidae) from Eastern Uzbekistan // Animals,2023. – №13
10. Nazarov, R.A.; Abduraupov, T.V. New data on distribution and conservation of endemic reptile species in the Fergana Valley. In Proceedings of the Problems of Herpetology: Program and Abstracts of the VIII Congress of the A. M. Nikolsky Herpetological Society (NHS) of the Russian Academy of Sciences «Current Herpetological Research in Eurasia», Moscow, Russia, 3–9 October 2021; pp. 188–189.
11. Thomas Edward Martin, Mathieu Guillemin, Valentin Nivet-Mazerolles, Cecile Landsmann, Jerome Dubos, Rémy Eudeline, and James T. Stroud. The herpetofauna of central Uzbekistan // Amphibian & Reptile Conservation,2017. – №11. – P.93-107.
12. Yangibayev.E.Ch and Rakhimov.M.Sh. Importance and current status of reptiles of Kashkadaryo region // “AKTUALNYE VOPROSI SOVREMENOY NAUKI VA OBRAZOVANIYA” : sbornik statey XXV Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penza, 2022, 20-december, – B. 30-32
13. Yangiboyev E., Rakhimov M. Ecology and fauna of the species belonging to the families Elaphidae and Viperidae of Kashkadarya region // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2021. 1(91). https://doi.org/10.32743/UniChem.2022.91.1.12860
14. Yo‘ldashev, SH. B. (2024). O‘zbekiston gerpetofaunasining tur tarkibi. *FarDU. Ilmiy xabarlar – Scientific Journal of the Fergana State University, 30*(3), 393–398. https://doi.org/10.56292/SJFSU/vol30_iss3_2t/a413
15. Zokirova, G. M., & Yuldashev, Sh. B. (2024). Species composition of *Reptilia* in Fergana Valley in need of protection. *European Journal of Agricultural and Rural Education, 5*(5), 17–23.
16. Богданов О. П. 1960. Фауна Узбекской ССР. Т. 1. Земноводные и пресмыкающиеся. Ташкент : Изд-во АН УзССР. 260 с
17. Вашетко Э. В., Камалова З. Я. 1974. Черепахи, ящерицы // Позвоночные животные Ферганской долины. Ташкент : Фан. С. 60 – 74.

18. Вашетко Э. В., Камалова З. Я. 1978. К вопросу о создании резервата для сохранения эндемичных видов пресмыкающихся в Ферганской долине // Охрана животного мира и растений Узбекистана : тез. конф. Ташкент : Фан. С. 16 – 17.
19. Д. А. Бондаренко. Население пресмыкающихся песчаных местообитаний Ферганской долины (Узбекистан) и проблема сохранения эндемичных видов // Современная Герпетология. 2020. Т. 20. Ctr–15. https://doi.org/10.18500/1814-6090-2020-20-1-2-3-15
20. Кадыров Р. Б. 2017. Динамика населения ферганского региона и ее особенности // Велес. № 4 – 1 (46). С. 10 – 14.
21. Камалова З. Я. 1970. О питании круглоголовки Штрауха в песках Ферганской долины в летний период // Экология. № 5. С. 102 – 103.
22. Камалова З. Я. 1972. К экологии круглоголовки Штрауха в песках Ферганской долины // Экология и биология животных Узбекистана. Ташкент : Фан. С. 235 – 239
23. Ядгаров Т., Аллабергенов К. 1990. О сохранении генофонда фауны позвоночных животных Язъяванской пустыни // Узб. биол. журн. № 2. С. 59 –61
24. **ESRI** (2024). What is GeoAI? Rasmiy veb-sayt ma’lumotlari. Mrojaat qilingan sana: 06.12.2025 https://www.esri.com/en-us/capabilities/geoai/overview
25. Xalqaro sudralib yuruvchilar qidiruv bazasi: The Reptile Database. https://www.reptiledatabase.org. (murojaat etilgan sana: 11.09.2025)
26. Xalqaro bioxilma-xillik ma’lumotlari bazasi: Global Biodiversity Information Facility https://www.gbif.org/species/5225739 (murojaat etilgan sana: 15.10.2025)
27. Xalqaro qizil kitob: Internetional Union for the Conservation of Nature – IUCN. https://www.iucnredlist.org/species/164775/1074478 (murojaat etilgan sana: 27.11.2025)

FARG’ONA VODIYSI SHAROITIDA DIPTERALARNING EKOLOGIK MOSLASHUV MEXANIZMLARI VA BIOLOGIK XILMA-XILLIKNI SAQLASHDAGI RO’LI

Xusanov Alijon Karimovich, Abdulazizov Asilbek Akramjon o’g’li,
Mamatov Xurshidbek Mirzakamol o’g’li
Andijon davlat tibbiyot instituti

Annotatsiya: Ushbu maqolada Farg‘ona vodiysi sharoitida Diptera oilalarining ekologik o‘zgarishlarga moslashuv mexanizmlari, morfo-fiziologik va etologik xususiyatlari hamda ularning turli landshaftlardagi uchrash chastotasi tahlil qilindi. Andijon va Farg‘ona viloyatlari hududlarida yig‘ilgan 1788 dona namunalar asosida Muscidae, Calliphoridae, Tabanidae, Culicidae, Drosophilidae va Asilidae oilalarining adaptiv strategiyalari baholandi. Tadqiqot natijalari Diptera turlarining ekologik vazifalari va moslashuv mexanizmlarini aniqlash orqali biologik xilma-xillikni saqlash va tabiatni asrashga qaratilgan yechimlar ishlab chiqishda muhim ilmiy-amaliy asos yaratishini ko‘rsatdi.

Kalit so’zlar: Diptera, moslashuv, ekologik monitoring, morfologiya, biologik xilma-xillik, adaptiv strategiyalar, tabiatga asoslangan yechimlar, Farg‘ona vodiysi.

Аннотация: В данной статье анализируются механизмы экологической адаптации семейств Diptera в условиях Ферганской долины, их морфофизиологические и этологические особенности, а также частота встречаемости в различных ландшафтах. На основе 1788 собранных экземпляров были оценены адаптивные стратегии Muscidae, Calliphoridae, Tabanidae, Culicidae, Drosophilidae и Asilidae. Результаты исследования демонстрируют, что изучение экологических функций и адаптационных механизмов

двукрылых служит важной научно-практической основой для сохранения биоразнообразия и разработки природо-ориентированных решений.

Ключевые слова: Diptera, адаптация, экологический мониторинг, морфология, биологическое разнообразие, адаптивные стратегии, природоориентированные решения, Ферганская долина.

Abstract: This study analyzes the ecological adaptation mechanisms of Diptera families in the Fergana Valley, including their morphophysiological and behavioral traits, as well as their occurrence across different landscape types. Based on 1788 collected specimens, the adaptive strategies of Muscidae, Calliphoridae, Tabanidae, Culicidae, Drosophilidae and Asilidae were evaluated. The findings demonstrate that understanding the ecological roles and adaptation mechanisms of Diptera provides a strong scientific and practical basis for biodiversity conservation and the development of nature-based solutions.

Key words: Diptera, adaptation, ecological monitoring, morphology, biodiversity, adaptive strategies, nature-based solutions, Fergana Valley.

KIRISH

Biologik xilma-xillikning yomonlashuvi XXI asr ekologik muammolarining eng dolzarblardan biridir. Tabiiy ekotizimlarning buzilishi, antropogen omilning kuchayishi, iqlim o‘zgarishi va urbanizatsiyaning tezlashuvi hasharotlar, ayniqsa ikki qanotlilar (Diptera) uchun yangi moslashuv mexanizmlarini shakllantirishni talab qilmoqda. Dipteralar ekologik muvozanatning saqlanishida muhim rol o‘ynaydi: ular parchalovchi, changlatuvchi, yirtqich, parazit yoki zararli turlar sifatida ekosistemada o‘ziga xos vazifalarni bajaradilar. Ulardagi adaptatsiyalarni chuqur o‘rganish biologik xilma-xillikni muhofaza qilish va tabiatga asoslangan yechimlar ishlab chiqishda ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Ikki qanotlilar (Diptera) ekologik tizimlarda ko‘p funksiyali guruh bo‘lib, ular organik moddalar aylanishi, o‘simliklar changlanishi, populyatsiyalarni tartibga solish va parazit-xo‘jayin munosabatlarida muhim ro‘l o‘ynaydi. Ularning ekologiyasi murakkab bo‘lib, muhitning harorat, namlik, ozuqa resurslari, antropogen ta’sir va landshaft tuzilishiga juda sezgir. Shu bois Diptera turlarining ekologik moslashuvlari global iqlim o‘zgarishi sharoitida barqaror ekotizimlarni saqlashda muhim bioindikator sifatida xizmat qiladi.

Dipteralarning ekologik o‘rni, avvalo, ularning trofik strategiyalari bilan belgilanadi. Masalan, Muscidae va Calliphoridae oilalarining turlari saprofag yoki fakultativ nekrofag bo‘lib, organik moddalarning parchalanish jarayoniga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Culicidae turlari esa suv havzalarining sanitariya holatini aks ettiruvchi sezgir indikator bo‘lib, ularning populyatsiyasi suv sifatining o‘zgarishlariga tez javob beradi. Yirtqich Asilidae oilasi vakillari esa agroekotizimlarda tabiiy dushman sifatida ahamiyatga ega, chunki ular ko‘plab zararkurandalar populyatsiyasini tartibga soladi.

Ushbu tadqiqotning dolzarbligi Farg‘ona vodiysi sharoitida o‘zgaruvchan ekologik muhitga Diptera oilalarining moslashuv darajasini aniqlash, ushbu moslashuvlarning struktura va funksional mexanizmlarini tahlil qilish hamda ularni ekologik muammolarni yumshatishda qo‘llash imkoniyatlaridan iborat. Tadqiqot Muscidae, Calliphoridae, Tabanidae, Culicidae, Drosophilidae va Asilidae oilalariga mansub turlar misolida amalga oshirildi.

MATERIALLAR VA USLUBLAR

2025-yilning avgust–sentabr oylarida Andijon va Farg‘ona viloyatlarining shahar, qishloq, adir, kenglik hamda fermer xo‘jaliklari hududlarida Diptera turkumining turlari yig‘ildi. Har bir tur uchun quyidagi ma’lumotlar qayd etildi: uchrash joyi, ekologik sharoit, harorat, namlik, ozuqa manbasi, populyatsiya zichligi, faoliyat vaqti, uchish xususiyatlari hamda morfologik belgilar. Dipteralarni o‘rganish metodlari ichida monitoring va morfo-fiziologik tahlil alohida o‘rin tutadi.

Maydon sharoitida entomologik to‘r, feromonli va oziqa bilan jalb qiluvchi tuzoqlardan foydalanish eng samarali usullardan sanaladi.

Zamonaviy ekologik tadqiqotlarda GPS-geoteglash, raqamli sensorlar orqali harorat va namlik monitoringi, dronlardan foydalanish va GIS kartografiya texnologiyalari turlar tarqalishini aniq baholash imkonini bermoqda. Laboratoriya sharoitida mikromorfologik belgilarni stereomikroskop ostida o‘rganish, qanot tomirlanishi, setalar tizimi, og‘iz apparati morfotiplari va sensor strukturalar Diptera turlarining ekologik moslashuvlarini chuqur tahlil qilishga yordam beradi. Bundan tashqari, populyatsiya genetikasi, DNK-barkodlash (COI geni) va mikrobiom tahlili kabi molekulyar usullar Diptera turlari o‘rtasidagi ekologik farqlar va yashash strategiyalarini aniq identifikatsiya qilishda innovatsion istiqbollarni ochmoqda. Ushbu yondashuvlar asosida

Dipteralarning ekologik funksiyalari va moslashuv mexanizmlarini chuqur o‘rganish biologik xilma-xillikni muhofaza qilish, antropogen hududlarda barqaror boshqaruv choralarini ishlab chiqish hamda tabiatga asoslangan yechimlarni qurishda mustahkam ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Tadqiqot davomida quyidagi metodlardan foydalanildi:

Entomologik to‘r va feromonli tuzoqlar — faol uchuvchi turlarni yig‘ish;

Shisha va plastmassa kapkanlar — pasiv uchuvchi yoki o‘lja bilan jalb qilinuvchi turlar uchun;

Laboratoriyada mikroskopik tahlil — qanot tomirlari, rangi, setalarning joylashuvi, sensor organlar va og‘iz apparati morfologiyasini o‘rganish;

Ekologik monitoring — yashash joyidagi o‘zgaruvchan omillarni (harorat, namlik, o‘simlik qoplami) o‘lchash;

Biometrik tahlil — populyatsiya zichligi va uchrash chastotasi bo‘yicha statistik hisob-kitoblar.

Tadqiqot davomida jami **1788 dona Diptera turkumining turlar namunasi** yig‘ildi. Turlarning 32% Muscidae, 27% Calliphoridae, 14% Culicidae, 12% Drosophilidae, 9% Tabanidae va 6% Asilidae oilalariga mansub deb aniqlandi. Ushbu tadqiqotlar natijasida (Musca domestica, musca vicina, stomoxys calcitrans, lucilia caesar, calliphora vomitoria, anopheles hyrcanus, anopheles martinius, saropogon alternatus) kabi turlar tadqiqot natijasi uchun olingan hududlardan topildi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Dipteralarning morfo-fiziologik moslashuvlari

Dipteralarda kuzatilgan asosiy adaptatsiyalar:

1. Qanot morfologiyasining o‘zgarishi – quruq adir hududlarida yashovchi Asilidae oilasi vakillarida uzun va tor qanotlar, namlik yuqori bo‘lgan joylarda esa kengroq qanotlar qayd etildi.
2. Rang o‘zgarishlari – Calliphoridae oilasi vakillarida metallik rang intensivligining pasayishi, bu esa yuqori haroratda issiqlikni kamroq yutishga yordam beradi.
3. Og‘iz apparatining moslashuvi – Muscidae oilasi turlarida so‘ruvchi apparatning cho‘zilishi, axlatxonalar yaqinida esa parchalovchi tipga yaqinlashish holatlari kuzatildi.
4. Gormonlar orqali issiqlikka chidamlilik – Culicidae turlarida diapausa davrining uzayishi qayd etildi.

Ekologik va etologik moslashuvlar

1. Faollik vaqtining o‘zgarishi – yozning oxiri va kuzning boshida issiqlikning yuqoriligi sabab Muscidae va Calliphoridae oilasi vakillari asosan kunning boshlang'ich qismida va kechki soatlarda faol bo‘ldi.

2. Ozuqaga moslashuv – Drosophilidae oilasi turlarida fermentatsiyalangan mevali substratlarga kuchli moyillik, ammo adir zonalarida ular o‘simlik shirasidan ham foydalanishi aniqlandi.

3. Yashash joyini tanlash – Tabanidae oilasi vakillari asosan chorvachilik fermalarida yuqori uchrash chastotasiga ega bo‘ldi.

4. Yirtqichlik strategiyasi – Asilidae oilasi turlarida o‘lja topish uchish balandligining o‘zgarishi kuzatildi.

Hududlar bo‘yicha taqqoslovchi tahlil

Tadqiqot hududlarida Diptera oilalari uchrash chastotasi quyidagicha:

Jadval 1.

Tadqiqot hududlari bo‘yicha Diptera oilalarining uchrash chastotasi (%)

Oilalar	Andijon shahar	Farg‘ona shahar	Qishloq hududi	Adir hududi	Fermer xo‘jaliklari
Muscidae	34	29	41	18	52
Calliphoridae	28	25	36	14	48
Tabanidae	11	7	19	22	31
Culicidae	17	21	13	8	9
Drosophilidae	6	10	9	4	3
Asilidae	4	3	6	11	7

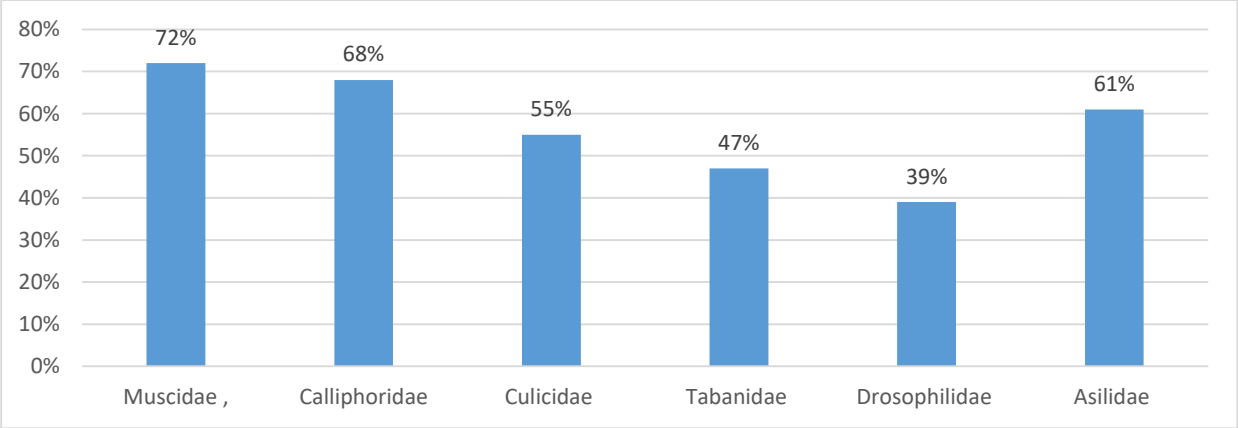


Diagramma 1. Muhit o‘zgarishiga moslashuv darajasi (%)

Dipteralarning asosiy adaptiv strategiyalari

- Morfologik moslashuv (qanot, rang, tana o‘lchami)
- Fiziologik moslashuv (diapausa, issiqlikka chidamlilik)
- Ekologik moslashuv (oziqlanish kengligi, yashash joyi)
- Etologik moslashuv (faollik vaqti, uchish balandligi)

XULOSA

Tadqiqot natijalari Farg‘ona vodiysi sharoitida Diptera oilalarining ekologik o‘zgarishlarga sezilarli moslashuv mexanizmlariga ega ekanligini ko‘rsatdi. Muscidae va Calliphoridae turlari antropogen landshaftlarda ustunlik qilsa, Tabanidae va Asilidae tabiiy va yarim tabiiy hududlarda ko‘proq uchradi. Culicidae turlarida esa suv havzalari va namlik omili yetakchi bo‘lib qoldi.

Dipteralarning adaptatsion xususiyatlari biologik xilma-xillikni saqlash, invaziv turlar monitoringi, fermer xo‘jaliklarida zararkunandalarga qarshi tabiatga asoslangan yechimlarni ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot hududning ekologik monitoringida barqaror strategiyalar ishlab chiqishga ilmiy asos yaratadi.

ADABIYOTLAR

1. Насекомые и клещи дальнего востока Лелинград издательство “Наука” 1987-г 310 стр

2. Соос.А, Папп.Л Каталог палеарктических двукрылых “Академия киадо” Будапешт 1986-г 276 стр

3. Никитский.Н.Б, Свидиров.А.В Насекомые красной книги СССР Москва “Педагогика” 1987-г 174 стр

4. Каталог типовых экземпляров коллекции зоологического института ан СССР Лелинград “Наука” 1983-г 46-стр

5. Казенас.В.Л. Насекомые Казахстана Алматы “Нур-Принт” 2014-г 148 стр

6. Triplehorn, C. A., & Johnson , N. F. Borror and Delon’s Introduction to the study of Insects.-Belmont, California: Cengage learning, 2005-y 864 p.

7. Nayar, K. K., Ananthakrishnan, T. N. and David, B. V. General and applied Entomology, Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1976-y 589p.

8. Xamrayev A. Sh, Azimov J. A., Kuchkarova L. S., Daminova D. B., Hasharotlar ekologiyasi “Cho`lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijidiy uyi” Toshkent 2014-y 384 bet

9. B.Sulaymonov, A.R.Anorbayev, Sh.A.Maxmudova, M.M.Ablazova, Umumiy entomologiya va zoologiya “Fan va texnologiya” Toshkent 2019-Y 424-b

10. www.Gbif.org

11. www.Ziyonet.uz

IQLIM O‘ ZGARISHI JARAYONIDA OROL DENGIZINING G‘ARBIY QISMIDA O‘SIMLIKLAR QOPLAMALARI VA TUPROQ-GURUNTLARINI SHAKILLANISHI

Zafarjon Jabbarov[1], Samad Mahammadiyev[1], Urol Nomozov[2], Otamurot Imomov[1], Shohruh Abdullayev[1]
[1]Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti
[2]Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universitetining Toshkent filiali

Annotatsiya. Ushbu maqolada Orol dengizining g‘arbiy qismida iqlimning o‘zgarishi o‘simlik va tuproq qoplamasiga ta’siri o‘rganildi. Iqlim omillari shu jumladan haroratning oshishi, shamolning tezligi, namlikni pastligi, sho‘rlanish darajasini yuqoriligi hududda ekologik barqarorlikni yomonlashishiga qum va tuz zarrachalarini atmosferani ifloslashi, biologik xossalariga jarayonlarni kamayishiga ta’siri ortib bormoqda. Tadqiqotlar davomida hududning tuproq-guruntlari shakillanishi tabiiy o‘simliklar qoplamini holatini kuzatish, tuproq tahlillari uchun namunalar olish va o‘rganish natijasida qo‘shimcha ravishda hududni iqlim omillarini ta’sirini yumshatishda o‘simliklar ekishni ilmiy jihatdan yondashish maqsad qilib olingan. Ushbu tadqiqot ishi hudud ekologiyasi, landshaftlar dinamikasi va iqlimga moslashtirish strategiyalari sohasida ilmiy va amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Iqlim o‘zgarishi, o‘simliklar qoplami, tuproq guruntlari,

Аннотация. В данной статье изучено влияние изменения климата на растительный и почвенный покров западной части Аральского моря. Климатические факторы, включая повышение температуры, увеличение скорости ветра, низкую влажность и высокую степень засоления, способствуют ухудшению экологической устойчивости территории, усилению загрязнения атмосферы песчано-солевыми частицами и снижению интенсивности биологических процессов. В ходе исследований проводились наблюдения за формированием почвенно-грунтовых условий и состоянием естественного растительного покрова территории, а также отбор и анализ почвенных образцов.

Дополнительно в качестве цели исследования было определено научно обоснованное внедрение мероприятий по посадке растений для смягчения воздействия климатических факторов на территорию. Данная научная работа имеет важное научное и практическое значение в области экологии территорий, динамики ландшафтов и стратегий адаптации к изменению климата.

Ключевые слова: изменение климата, растительный покров, почвенно-грунтовые условия.

Abstract. This article examines the impact of climate change on the vegetation cover and soil conditions of the western part of the Aral Sea region. Climatic factors, including rising air temperature, increased wind speed, low humidity, and high salinity levels, contribute to the deterioration of ecological stability in the area, intensification of atmospheric pollution by sand and salt particles, and a decrease in the intensity of biological processes. During the research, the formation of soil–ground conditions and the state of natural vegetation cover were monitored, and soil samples were collected and analyzed. In addition, the study aimed to develop a scientifically grounded approach to planting vegetation as a measure to mitigate the effects of climatic factors in the region. This research is of significant scientific and practical importance in the fields of regional ecology, landscape dynamics, and climate change adaptation strategies.

Keywords: climate change, vegetation cover, soil–ground conditions.

KIRISH

O‘zbekistonda joylashgan Orol dengizi hududi markaziy Osiyoning iqlim va suv-resurslar jihatdan muhim zonasi bo‘lgan. So‘nggi yillarda tabiiy va antropogen ta’sirlar tufayli hududning ekologik holati keskin ravishda o‘zgardi. Ayniqsa, dengiz sathining pasayishi natijasida tub hududi ochilib, yangi cho‘l Orolqum zonasi shakllandi. Bu o‘zgarishlar tuproq salohiyatining pasayishi, sho‘rlanish, chang-tuz bo‘ronlarining intensivligi oshishi, shuningdek, o‘simlik qoplamasining zaiflashishi kabi ko‘plab ekologik muammolarni yuzaga keltirdi.

Orol dengizi havzasining maydoni 1200000 km^2 dan 1300000 km^2 gacha bo‘lib, odatda «Orol dengizi havzasi» deganda faqat Amudaryo va Sirdaryo havzalarini hamda Orol dengizining suv yuzasini qamrab oluvchi «kichik havza» tushuniladi. [Ivanov, Y.N. va boshq. 1996]. Orol dengizining vegetatsiya davrida normallashtirilgan farq o‘simliklari indeksining o‘rtacha maydon vazni 0,09 dan 0,19 gacha bo‘lib, pasayish tendentsiyasini ko‘rsatadi; Kichik Orol dengizining ko‘l bo‘yida vegetatsiya davrida normallashtirilgan farq o‘simliklari indeksi 2014 yilgacha pasaygan va 2014 yildan keyin oshgan [Cui, M. Va boshq. 2023]. Orol dengizining qurishi 1960 yildan boshlandi va bugungi kunga kelib 3,2 mln gektar maydoni qurib, qumliklarga aylandi, shuningdek, sho‘rlanish ham avj oldi, bu esa o‘z o‘rnida o‘simliklar o‘sish-rivojlanishiga salbiy ta’sir qildi [Micklin, P. 2010; Micklin, P. va boshq. 2007]. Orol dengizi atrofida tuproqlarning sho‘rlanishiga, qurg‘oqlanishga chidamli o‘simliklardan biri bu *Licorice* bo‘lib, u turli tabiiy stresslarga chidamli o‘simlik hisoblanadi [Bekzod, A. va boshq. 2021; Jabborova, D. va boshq. 2023], shuningdek, *Chenopodium quinoa Willd* ham Orol dengizi qurigan tubining turli hududlarida stresslarga chidamli o‘simlikdir [Reimov, P. va boshq. 2014].

Orol dengizi atrofida ko‘p uchrovchi *Salicornia L.* o‘simligini o‘rganish, uning rizosferasidan bakteriyalarni ajratib, boshqa hududdagi o‘simliklarga qo‘llash stressli hududda yaxshi natija beradi [Vavrová, Ľ. Va boshq. 2010]. Orol dengizining qurishi undan uzoq bo‘lgan Xorazm viloyatidagi kuzgi bug‘doy va paxta o‘simliklarining o‘sish-rivojlanishi hamda hosildorligiga salbiy ta’sir qilgan [Matsui, K. Va boshq. 2019]. Orol dengizining qurigan tubi qumliklarida eng yaxshi moslashishi mumkin bo‘lgan, sho‘rlanish va qurg‘oqchilikka chidamli o‘simlik bu qora saksovul (*Haloxylon aphyllum*) bo‘lib, natriyli sho‘rlanish bilan bog‘liq holda uning ildizi shakllanadi [Liu, Y. Va boshq. 2022]. Orol dengizining shimoliy hududlarida yerlarni

haydash tabiiy holda o‘sadigan o‘simliklarni keskin kamaytirgan, shu bois tabiiy o‘simliklarni qayta tiklash chorlarini ko‘rish dolzarb hisoblanadi [El-Ramady, H. Va boshq. 2024]. Orol dengizi atrofida *Elaeagnus angustifolia, Ulmus pumila, Morus alba, va Populus nivea x tremula* o‘simliklarini ekilishi sho‘rlanishning kamayishiga va biomassaning ko‘proq tushishi ta’sir qiladi [Hasanuzzaman, M. Va boshq. 2021]. Orol dengizining qurishiga ta’sir qiluvchi iqlim va antropogen omillari sifatida o‘rganilganda, 1920 yildan 1960 yilgacha suv satxi 0,04 km^2/yilga ortgan, 1960 yildan keyin esa keskin qisqarishi kuzatilgan, ko‘p faktorli omillarning ko‘rsatishicha Orol dengizining qurishida asosiy omil bu inson faoliyati hisoblanadi, ya’ni daryolardan suv olish (to‘g‘on sig‘imi > maishiy suv iste’moli > qishloq xo‘jaligi suv iste’moli), Orol dengiziga quyiladigan suvning 82% qismi qishloq xo‘jaligiga sarflangan [Duan, Z. va boshq. 2024; He, J. va boshq. 2022]. 1960 yildan boshlab irrigatsion sug‘orish jarayonini ortishi sababli Orol dengizining suvi kamayib bordi, 1989 yilda dengiz Katta va kichik orol dengiziga bo‘lindi va 2020 yilga kelib, suv yuzasi 10 barobarga qisqardi va Orolqum paydo bo‘ldi, va undan chang, tuz va qumning potensial manbai hisoblanadi, changning miqdori yiliga 1143 t/km dan 2684 t/km orasida kuzatiladi [Issanova, G. va boshq. 2023]. Orol dengiziga Amudaryo va Sirdaryodan keladigan suvni paxta etishtirishga sarflangani uchun uning qurishi kuzatildi, hozirda Orol dengizining to‘ldirish imkoniyati mavjud emas, biroq moslashish imkoniyati mavjud [Kayiranga, A. Va boshq. 2023; Lioubimtseva, E. 2023; Sanjeev, K. 2023].

Markaziy Osiyoda joylashgan Orol dengizining ohirgi qurishi 1960 yildan boshlangan bo‘lib, hozirgi kunga kelib uning 10% suvi saqlanib qolgan, va uning qurigan tubida jami 5 mln gektarda qumliklar paydo bo‘lgan [Jabbarov, Z. Va boshq. 2024; Mayar, M.A. va boshq. 2024],

Orol dengizining qurishi Markaziy Osiyo davlatlari, jumladan, O‘zbekiston va Qozog‘iston Respublikalari uchun jiddiy ekologik muammolarni keltirib chiqardi [Jabbarov, Z. Va boshq. 2024; Jabborova, D. va boshq. 2023].

MATERIALLAR VA USULLAR

2.1 Tadqiqot hududi.

Orol dengizi qurigan tubining g‘arbiy qismi 2022–2025-yillar davomida Orolbo‘yi mintaqasining quyidagi asosiy zonalarida olib borildi. 2022-2023 yillarda Mo‘ynoq tumanlari atrofidagi sho‘rlangan maydonida, 2023-2024 yillarda Orol dengizining sharqiy hududida, 2025-2026 yillarda Orol dengizining g‘arbiy qismida tadqiqot ishlari olib borildi. N 43.822858, E 58.861948 koordinata, N43.874990, E58.815666 koordinata, N 43.968414, E 58.740057 koordinata nuqtalaridagi tuproqlarni kesmalari tushirilib o‘simliklar qoplami va holatlari aniqlandi.

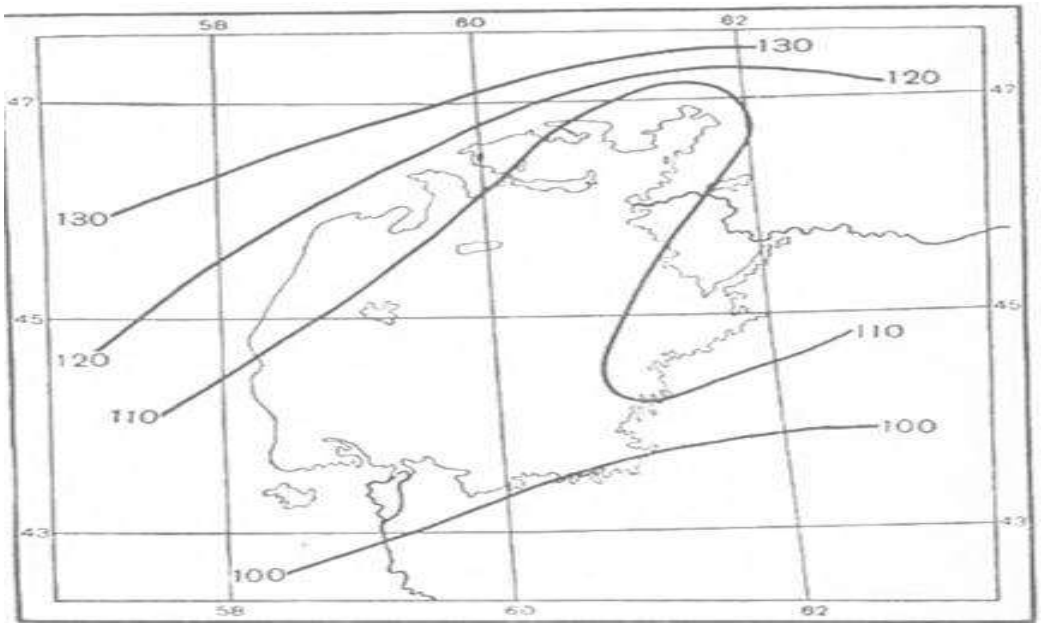
2.2 Tadqiqot usullari. Orol tubining g‘arbiy qismida tadqiqotlar olib borilib tuproq namunalarini olish ishlari GOST 17.4.4.02-84 va ISO 10381-1:2002 xalqaro standartlariga muvofiq amalga oshirilgan bo‘lib, o‘simliklar qoplami holati, o‘zgarish tendensiyalarini aniqlash, iqlim parametrlari bilan tuproq va o‘simlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqliklar aniqlandi. Morfologik kuzatuvlar natijasida tadqiqot hududining sho‘rlanish darajasi, namlik, organik modda miqdori, o‘simlik qoplama foizi, o‘simlik turlari xilma-xilligi, o‘simlik biomassalari aniqlandi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot hududi Orol dengizining shimoliy, sharqiy, g‘arbiy hamda sharqiy qismida suv sathining pasayishi, iqlim omillarning ta’siri, tuproq-gruntlarini shakillanishi, o‘simliklar qoplami, hududlarda sho‘rlanish darajalari turlicha ekanligi aniqlandi. Orolni qurish jarayonlari sharqiy hududtan suv sathini pasayishi boshlanishiga boshqa qismlarga nisbattan relyefi jihatdan balantda joylashganligi (ya’ni suvni kamayishi past hududlarga siljishi). Orol dengizida suvining kamayib

ketishida iqlim omillarini o‘rni yuqori hisoblanadi bunda yillik yog‘in miqdorlarini kamayishi haroratning yuqori darajaga ko‘tarilishlari natijasida bug‘lanishning ortishi, shamolning tez va mavsumiy esib namlikni quritishlarini hisobiga sodir bo‘lmoqda va bundan tashqari asosiy suv bilan to‘ldirib turgan Amudaryo va Sirdaryo suvlarini qishloq xo‘jaligida foydalanishni orishi hisobiga Orol dengizga suvini yetib kelmaslik asosiy sabablardan hisoblonmoqda.

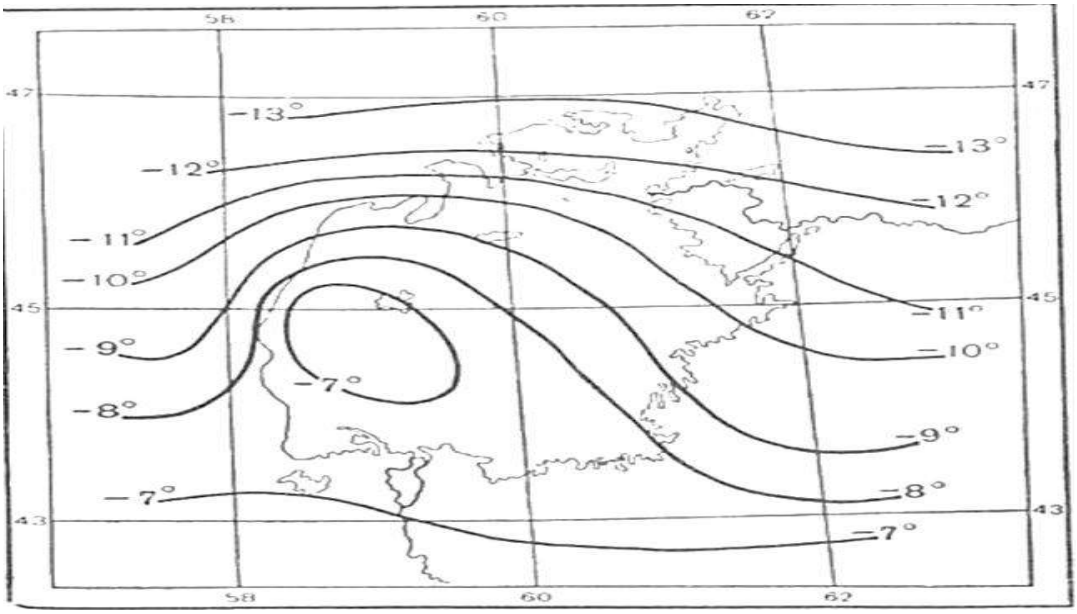
3.1 Iqlim parametrlaridagi o‘zgarishlar



1-rasm. Orol dengizida yillik yog‘in miqdorining taqsimlanishi, mm

Orol dengizida yillik yog‘in miqdori hozirgi kunga kelib, keskin kamaygan, 1960-1964 yillarda bu ko‘rsatkich 100-130 mm atrofida bo‘lgan, Orol dengizining turli hududlarida yog‘in miqdori turlicha bo‘lgan, ya’ni janubiy-sharqiy, janubiy hududlarida 100 mm ko‘rsatkichga teng bo‘lgan, sharqiy hududlarda 110 mm miqdorda yog‘in yoqqan, g‘arbiy hududlarda esa 110-130 mm atrofida yog‘in yoqqan, shimoliy hududlarda esa 120-130 mm atrofida yog‘in yoqqan, bugungi kunga kelib bu ko‘rsatkchilar 7-10 mm atrofigacha kamaygan, super arid mintaqasidagi ko‘rsatkichlardan ham ortib ketgan va qurg‘oqlanish maksimal ko‘rsatkichlarga teng bo‘lgan.

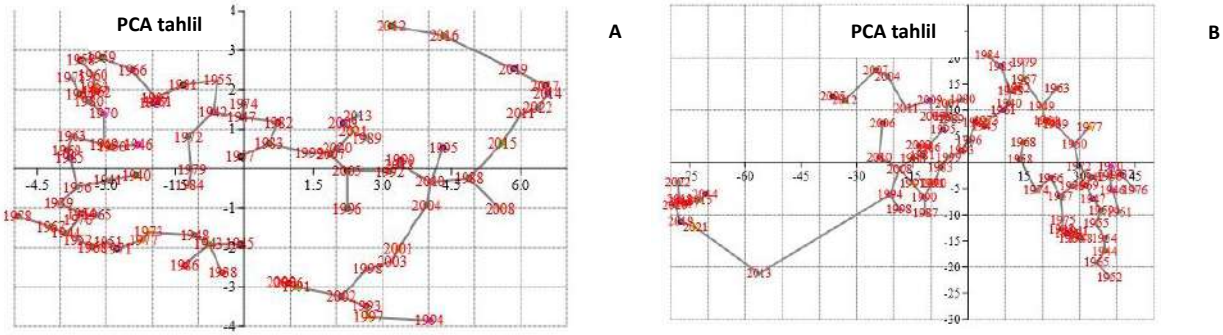
Havo harorati ko‘rsatkichlari ham Orol dengizining turli hududlarida turlichadir, bunga ko‘ra, yanvar oyida janubiy hududlarida −7 °C, sharqiy qismida −8-13 °C orasida, g‘arbiy qismida −7-13 °C, shimol qismida −12-13 °C, markaziy hududlarda esa −8-12 °C orasida sovuq harorat kuzatiladi (19-rasm). G.Kattayevaning (2024) ma’lumotiga ko‘ra 2012-2021 yillardagi o‘rtacha yanvar oyidagi harorat −4 °C ni tashkil qilgan [Kattayeva, G. diss. 2024].



2-rasm. Orol dengizi hududida o‘rtacha yillik havo harorati ko‘rsatkichlari, (yanvar, Jitomirskiy ma’lumoti) [Житомирский, О.М. 1964**].**

Bundan ko‘rinadiki, yanvar oyidagi o‘rtacha harorat − 7 °C dan − 4 °C gacha ortgan, ya’ni havo haroratining ortishi kuzatilgan.

Orol dengizining qurigan hududi uchun iqlim elementlarining statistik taxlil qilindi va quyidagi natijalar olindi (3-rasm).



3-rasm. Tadqiqot hududida o‘rtacha yillik harorat (A) va yog‘in (B) miqdorining o‘zgarish ko‘rsatkichlari

Statistik tahlillardan ko‘rish mumkinki, bu hududda yillar davomida haroratning ortishi va yog‘in miqdorining kamayish tendensiyasi kuzatilgan, bu Orol dengizining qurigan tubi hududida qumliklarning ochilib qolishi va tuzlarning miqdorini ortishi ro‘y beradi. Bu esa hududda o‘simliklar ekish va uni o‘stirish imkoniyatlarini cheklaydi.

3.2 Tuproq holatining o‘zgarishi

Tadqiqot hududi tuproq namligi kam ekanligini, tub yer osti suvlari darajasi kesmalar qazilganda pastga tushganligi tufayli yuzaki tuproqning namligi sezilarli darajada kamaygan, sho‘rlanish darajasi yuqori va sho‘r tuz miqdori ko‘z bilan ko‘rib o‘simlikllarni holatlarida ham sezilarli darajada, tuproq kesmasi qazilgan hududlarda har xil darajada ekanligi aniqlandi. Organik modda miqdori kamaygan, struktura zaiflashgan tuproq barqarorligi pasaygan. Bu holatlar iqlim o‘zgarishi bilan bevosita bog‘liq ekanligi ya’ni haroratni yuqoriligi, shamolni tezligi

shakillanayotgan tuproq-gruntlarida namlikni kamaytirib, degradadsiya jarayonlarini oshirib yubormoqda.



4-rasm. Orol dengizi qurigan tubi g‘arbiy qismi kesma-1

1-kesma dengiz sathidan 48 m balandlikda joylashgan, N 43.822858, E 58.861948 koordinata nuqtasidan tushirilgan.

- **0–0,5 sm.** Och kulrang, quruq, yengil qumoq mexanik tarkibli, strukturasiz, o‘rta zichlashgan. Yangi Yangi yaralmalardan mayda tuz kristallari uchraydi. Ildizlar, hasharot izlari va qo‘shilmalar aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi aniq.
- **0,5–10 sm.** Och qo‘ng‘ir rangli, kam namlangan, qumli mexanik tarkibli, strukturasiz, biroz zichlashgan. Yangi yaralmalardan tuz kristallari uchramaydi. Ildizlar va hasharot izlari aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi aniq.
- **10–24 sm.** Qo‘ng‘ir rangli, o‘rtacha namlangan, yengil mexanik tarkibli, palaxsimon strukturalarga ega, o‘rtacha zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari kuzatildi. Ildiz va qo‘shimcha belgilari yo‘q. Keyingi qatlamga o‘tishi sezilarli.
- **24–32 sm.** Ko‘kish-kulrang, o‘rtacha namlangan, qumli mexanik tarkibli, strukturasiz, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari uchraydi. Ildizlar, hasharot izlari va qo‘shilmalar aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi sezilarli.
- **32–40 sm.** Och qo‘ng‘ir rangli, o‘rtacha namlangan, qumli mexanik tarkibli, strukturasiz, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari mavjud. Ildizlar va qo‘shilmalar aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi sezilarli.
- **40–56 sm.** Qo‘ng‘ir rangli, o‘rtacha namlangan, o‘rta qumoqli mexanik tarkibli, strukturasiz, o‘rtacha zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari kuzatildi. Ildizlar va qo‘shilmalar yo‘q. Keyingi qatlamga o‘tishi sezilarli.
- **56–73 sm.** Kulrang, o‘rtacha namlangan, yengil qumoqli mexanik tarkibli, strukturasiz, o‘rtacha zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari uchraydi. Ildizlar, hasharot izlari va qo‘shilmalar aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi sezilarli.
- **73–93 sm.** Och qo‘ng‘ir rangli, o‘rtacha namlangan, sochilma qumli mexanik tarkibli, strukturasiz, o‘rtacha zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari mavjud. Ildizlar va qo‘shilmalar yo‘q. Keyingi qatlamga o‘tishi sezilarli.
- **93–116 sm.** Och qo‘ng‘ir rangli, o‘rtacha namlangan, qumli mexanik tarkibli, strukturasiz, o‘rtacha zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari kuzatiladi. Ildiz va qo‘shimcha belgilar aniqlanmadi.



5-rasm. Orol dengizi qurigan tubi g‘arbiy qismi kesma-2

2-kesma dengiz sathidan 44 m balandlikda joylashgan, N43.874990, E58.815666 koordinata nuqtasidan tushirilgan.

- **0–1,5 sm.** Och kulrang, quruq, qum mexanik tarkibli, strukturasiz, o‘rta zichlashgan. Yangi yaralmalar uchramaydi. Ildizlar, hasharot izlari aniqlanmadi. Qo‘shilmalardan chig‘anoqlar mavjud, keyingi qatlamga o‘tishi aniq.
- **1,5–17 sm.** Kul rangli, kam namlangan, yengil qumoqli mexanik tarkibli, changsimon bazan palaxsimon strukturali, o‘rta zichlashgan. Yangi yaralmalardan tomirsimon tuz yollari uchraydi. Ildizlar, hasharot izlari va qo‘shilmalar aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi asta-sekin.
- **17–122 sm.** Kul rangli, o‘rta namlangan, o‘rta qumoqli mexanik tarkibli, palaxsimon strukturalarga ega, o‘rtacha zichlashgan. Yangi yaralmalardan mayda tuz kristallari kuzatildi. Ildizlar, hasharot izlari va qo‘shilmalar aniqlanmadi.



6-rasm. Orol dengizi qurigan tubi g‘arbiy qismi kesma-3

3-Kesma dengiz sathidan 43 m balandlikda joylashgan, N 43.968414, E 58.740057 koordinata nuqtasidan tushirilgan.

- **0–0,7 sm.** Och kulrang, quruq, qum mexanik tarkibli, changsimon strukturali, kam zichlashgan. Yangi yaralmalar uchramaydi. Ildizlar, hasharot izlari aniqlanmadi. Qo‘shilmalardan chig‘anoqlar mavjud, keyingi qatlamga o‘tishi aniq.
- **0,7–14 sm.** Kul rangli, quruq, qum mexanik tarkibli, changsimon strukturali, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan tomirsimon tuz yollari uchraydi. Siyrak ildizlar mavjud, hasharot izlari yo‘q va qo‘shilmalardan chiganoqlar uchraydi. Keyingi qatlamga o‘tishi aniq.
- **14–32 sm.** To‘q kul rangli, kam namlangan, yengil qumoqli mexanik tarkibli, palaxsimon strukturalarga ega, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan zang dog‘lari kuzatildi. Ildizlar, hasharot izlari va qo‘shilmalar aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi asta-sekin.
- **32–48 sm.** Och kul rangli, kam namlangan, qumli mexanik tarkibli, changsimon strukturalarga ega, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan mayda tuz kristallari va zang dog‘lari kuzatildi. Ildizlar, hasharot izlari va qo‘shilmalar aniqlanmadi. Keyingi qatlamga o‘tishi aniq.
- **48–116 sm.** Och kul rangli, kam namlangan, qumli mexanik tarkibli, strukturalarga ega emas, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan mayda tuz kristallari va zang dog‘lari kuzatildi. Siyrak ildizlar mavjud, hasharot izlari aniqlanmadi va qo‘shilmalardan kam miqdorda chig‘anoqlar uchradi. Keyingi qatlamga o‘tishi asta-sekin.
- **116-155 sm.** Kul rangli, kam namlangan, qumli mexanik tarkibli, strukturalarga ega emas, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan mayda tuz kristallari va zang dog‘lari kuzatildi. Ildizlar mavjud emas, hasharot izlari aniqlanmadi va qo‘shilmalardan kam miqdorda chig‘anoqlar uchradi. Keyingi qatlamga o‘tishi asta-sekin.
- **155–188 sm.** Och kul rangli, o‘rta namlangan, qumli mexanik tarkibli, strukturalarga ega emas, kam zichlashgan. Yangi yaralmalardan mayda tuz kristallari va zang dog‘lari kuzatildi. Siyrak ildizlar mavjud, hasharot izlari aniqlanmadi va qo‘shilmalardan kam miqdorda chig‘anoqlar uchradi

3.4 Natijalarni muhokama qilish

Natijalar ko‘rsatdiki, iqlim o‘zgarishi (namlik kamayishi, harorat amplitudasining oshishi, shamol kuchayishi) tuproq va o‘simlik tizimlariga sezilarli salbiy ta’sir qilmoqda. Tuproqlarni ustki qatlamlarini shamolni tezligini ta’sirida quruq havo natijasida uchirib ketishi o‘simliklar ildizini ochilib qolishi, chang to‘zonlar qum barhanlarini hosil qilinishi natijasida o‘simliklar qoplamini kamayishi kuzatilmoqda. O‘rganilayotgan hududlarni natijalarida 1-kesma tushirilgan

nuqtada o‘simliklar qoplamasi bilan yaxshi darajada qoplangan bo‘lib tuproq shakillanishlari tuproq erroziyasini ta’siri kam ekanligi, o‘simliklar qoplamasini ko‘pligini hisobiga namlik yuqori ekanligini ko‘rishimiz mumkin, bu esa bu hududta tuproqlarni shakillanishi jadalligi, tuproqda yashaydigan hayvonlar uchun qulay muhit va oziqa yaxshi shakillanganligi bilan ilmiy izohlanadi.Tadqiqot ishlari davomida mabul yerlarga o‘simliklar ekishlar tavsiyalar berish maqsad qilib olingan.

XULOSA

Orol dengizining g‘arbiy qismining suvini kamayishi bo‘yicha katta qismi zarar ko‘rgan, iqlimning o‘zgarishi yog‘ingarchilikni kamayishi quruq havoni ortishi natijasida chang to‘zon, tuz miqdorini atrof muhitni va Orol dengiziga yaqin hududlarda tirik organizmlarga sabiy ta’sirlarni ortishi kuzatilmoqda, bunga qarshi kurashishni yechimlari bo‘yicha hududga ilmiy jihatdan yondashib, iqlim omillari shu jumladan haroratning oshishi, shamolning tezligi, namlikni pastligi, sho‘rlanish darajasini yuqoriligi hududda ekologik barqarorlikni yomonlashishiga qum va tuz zarrachalarini atmosferani ifloslashi, biologik xossalariga jarayonlarni kamayishiga ta’siri ortib bormoqda. Tadqiqotlar davomida hududning tuproq-guruntlari shakillanishi tabiiy o‘simliklar qoplamini holatini kuzatish, tuproq tahlillari uchun namunalar olish va o‘rganish natijasida qo‘shimcha ravishda hududni iqlim omillarini ta’sirini yumshatishda o‘simliklar ekishni ilmiy jihatdan yondashish maqsad qilib olingan. Ushbu tadqiqot ishi hudud ekologiyasi, landshaftlar dinamikasi va iqlimga moslashtirish strategiyalari sohasida ilmiy va amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Minnatdorchilik.

Ushbu tadqiqotlar O‘zbekiston Respublikasi Innovasion rivojlanish agentligi tomonidan* FL-8323102111 *raqamli loyiha asosida moliyalashtirilgan va bajarilgan, buning uchun mualliflar minnatdorchilik bildiradi.

ADABIYOTLAR

1. Ivanov, Y.N. Review of the scientific and environmental issues of the Aral Sea basin // Y.N.Ivanov, V.E.Chub, O.I.Subbotina, G.A.Tolkacheva, R.V.Toryannikova. // The Aral Sea Basin. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1996. – S. 9-21. https://doi.org/10.1007/978-3-642-61182-7_2.
2. Ismonov A.J., Dosaliev T.A., Mamajonova X.O. Orol dengizi markaziy qismi qurigan tubi tuproq-gruntlarining meliorativ holati // UzMU xabarlari. - 2022. - №3/2/1. – B. 52-55.
3. Cui, M. Analysis of NDVI trends and driving factors in the buffer zone of the Aral Sea // M.Cui, X.Zheng, Y.Li, Y.Wang. // Water. – 2023. – T. 15. – №. 13. – S. 2473. https://doi.org/10.3390/w15132473.
4. Bekzod, A. Transformation of vegetative cover on the Ustyurt Plateau of Central Asia as a consequence of the Aral Sea shrinkage // A.Bekzod, S.Habibullo, L.Fan, K.Li, X.Ma, Y.Li. //Journal of Arid land. – 2021. – T. 13. – №. 1. – S. 71-87.
5. Reimov, P. The present state of the south aral sea area // **P.**Reimov, D.Fayzieva. // The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake. – 2014. – S. 171-206.
6. Vavrová, Ľ. Comparison of different Bacillus subtilis expression systems // Ľ.Vavrová, K.Muchová, I.Barák. // Research in microbiology. – 2010. – T. 161. – №. 9. – S. 791-797.
7. Matsui, K. Soil properties that determine the mortality and growth of Haloxylon aphyllum in the Aral region, Kazakhstan // K.Matsui, T.Watanabe, M.Kussainova, S.Funakawa. // Arid Land Research and Management. – 2019. – T. 33. – №. 1. – S. 37-54.
8. Liu, W. Historical change and ecological risk of potentially toxic elements in the lake sediments from North Aral Sea, Central Asia // W.Liu, L.Ma, J.Abuduwaili. // Applied Sciences. – 2020. – T. 10. – №. 16. – S. 5623. https://doi.org/10.3390/app10165623.

9. Micklin, P. The Aral sea disaster // Annu. Rev. Earth Planet. Sci. – 2007. – T. 35. – №. 1. – S. 47-72. https://doi.org/10.1146/annurev.earth .35.031306.140120.

10. El-Ramady, H. Review of crop response to soil salinity stress: Possible approaches from leaching to nano-management // H.El-Ramady, J.Prokisch, H.Mansour, Y.A.Bayoumi, T.A.Shalaby, S.Veres. // Soil Systems. – 2024. – T. 8. – №. 1. – S. 11.

11. Hasanuzzaman, M. Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity // M.Hasanuzzaman, M.R.H.Raihan, A.A.C.Masud, K.Rahman, F.Nowroz, M.Rahman, K.Nahar, M.Fujita. // International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – T. 22. – №. 17. – S. 9326.

1. Jabbarov Z., Abdrakhmanov T., Tashkuziev M., Abdurakhmonov N., Makhammadiev S., Fayzullayev O., Nomozov U., Kenjayev Yu., Abdullayev Sh., Yagmurova D., Abdushukurova Z., Iskhakova Sh., Kovacik P. Cultivation of plants based on new technologies in the dry soil of the Aral Sea // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 497. – S. 03008. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449703008.

12. Mayar,M.A., Hamidov A., Akramkhanov A., Helming K. Consideration of the environment in water-energy-food nexus research in the Aral Sea Basin // Water. – 2024. – T. 16. – №. 5. – S. 658. https://doi.org/10.3390/w16050658.

13. Micklin, P. The past, present, and future Aral Sea // Lakes & Reservoirs: Research & Management. – 2010. – T. 15. – №. 3. – S. 193-213. https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2010.00437.x.

14. Duan, Z. Effects of climate change and human activities on environment and area variations of the Aral Sea in Central Asia // Z.Duan, M.M.Afzal, X.Liu,·S.Chen, R.Du, B.Zhao, W.Yuan, M.Awais.// International Journal of Environmental Science and Technology. – 2024. – T. 21. – №. 2. – S. 1715-1728. https://doi.org/10.1007/s13762-023-05072-8.

15. He, H. Hamdi R., Luo G., Cai P., Zhang M., Shi H., Li C., Termonia P., De Maeyer P., Kurban A Numerical study on the climatic effect of the Aral Sea. // Atmospheric Research. – 2022. – T. 268. – S. 105977. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105977.

16. Badescu V., Schuiling R.D Aral Sea; Irretrievable Loss or Irtysh Imports. // Water Resour Manage. – *2010*. – *T.* 24. – C. 597–616. https://doi.org/10.1007/s11269-009-9461-y.

17. Issanova, G. Environmental Conditions of the Aral Sea Region // G.Issanova, J.Abuduwaili, K.Tynybayeva. // Soil Cover of the Dried Aral Seabed in Kazakhstan. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. – S. 11-24.. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29867-7_2.

18. Житомирский, О.М. Климатическое описание района Аралского моря. / О.М.Житомирская. - Ленинград, - “Гимиз”, 1964. - 69 с.

19. Jabbarov Z.A., Maxammadiev S.Q., Zokirova F.N., AbdraxmonovT.A.,, Abdullaev Sh Orol dengizi qumliklarining shoo‘rlanish holati. O‘zbekiston zamini, 2022. - №4. - B. 22-27.

20. Jabbarov Z., Nomozov U., Abdullaev Sh., Rakhmatullaeva G., Abdukarimov J., Zakirova S. Changes in the vegetation of the dried Aral sea bed // Russian journal of Ecosystem Ecology Vol. 10(2), 2025. P.1-12. DOI 10.21685/2500-0578-2025-2-2.

21. Kayiranga, A., Anthropogenic activities and the influence of desertification processes on the water cycle and water use in the Aral Sea basin. // A.Kayiranga, X.Chen, D.Ingabire, T.Liu, Y.Li, V.Nzabarinda, F.O.Uchenna, H.Hirwa, E.Duulatov, W.Nthangeni. // Journal of Hydrology: Regional Studies.-2023. - №51.- C. 101598. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101598.

22. Lioubimtseva, E. The Aral Sea disaster: revisiting the past to plan a better future // E.Lioubimtseva. // Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters. – Elsevier, - 2023. – S. 435-447. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820509-9.00008-3.

23. Sanjeev, K. Environment problem of the Aral Sea basin in central Asia and its impact on society, economy and regional security. // K.Sanjaeev. // International Journal of Geography, Geology and Environment. – 2023. – T. 5. - № .1. – C. 211-226. DOI: https://doi.org/10.22271/27067483.2023.v5.i1b.191.

24. Kholdorov, S. Soil governance: A review of the current legislative framework for managing soil resources in Uzbekistan // S.Kholdorov, Z.Jabbarov, T.Shamsiddinov. // Soil Security. – 2023. – T. 13. – S. 100105. https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100105.

25. Kattayeva, G. Orol dengizi qurigan tubi tuproq – grunt qoplamlarining genetik, ekologik – meliorativ xususiyatlari (G‘arbiy qismi misolida) / Biologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi. Toshkent, TATI.- 2024. 154 b.

SURXON DAVLAT QO‘RIQXONASINING EKOTIZIM XIZMATLARI: 2024-YIL “TABIAT SOLNOMASI” MA’LUMOTLARI ASOSIDAGI BIOFIZIK BAHOLASH

[1]Doniyorova Xolniso Sobir qizi, [1]Samiyev Luqmon Nayimovich
[2]Turdiyev Rustam Yalg‘ashovich
[1]Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti
[2]Surxon davlat qo‘riqxonasi direktori

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot Markaziy Osiyoda qattiq rejimli (IUCN Ia kategoriyasi) qo‘riqxonada ekotizim xizmatlarining birinchi biofizik bahosini taqdim etadi. Tadqiqot faqat Surxon davlat qo‘riqxonasining (23 406,4 ga, O‘zbekiston) 2024-yilgi “Tabiat solnomasi”dagi uzoq muddatli monitoring ma’lumotlariga asoslanib, CICES v5.1 tasnifi bo‘yicha to‘qqizta asosiy ekotizim xizmatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchanadigan biofizik ko‘rsatkichlar orqali baholadi. Qo‘riqxona 28 ta doimiy buloq va 11 ta yirik soyni saqlab turadi, global darajada “jiddiy xavf ostida” (CR) bo‘lgan ikkita juft tuyoqli hayvon – morxo‘r (Capra falconeri) va buxoro tog‘ qo‘yi (Ovis vi gnei bocharensis)ning O‘zbekistondagi eng yuqori zichlikdagi populyatsiyalariga ega, shuningdek, 12 239,8 ga tog‘ o‘rmonining 95 % ini yaxshi va o‘rtacha holatda ushlab turadi. Hududning 52,5 % o‘rmon qoplamasi tuproq eroziyasini boshqarish koeffitsiyentini (C-factor) 0,001–0,004 gacha tushirib, yillik tuproq yo‘qotilishini atigi 0,8–1,2 t ga^{-1} yil^{-1} darajasida ushlab turadi – bu mintaqadagi ko‘pchilik muhofaza hududlaridan ustun ko‘rsatkichdir. Natijalar Surxon davlat qo‘riqxonasi Markaziy Osiyo tog‘ qo‘riqxonalari orasida suvni tartibga solish, bioxilma-xillikni saqlash va iqlimni tartibga solish xizmatlarining yetakchi yetkazib beruvchisi sifatida belgilaydi. Madaniy xizmatlar esa qattiq rejim tufayli qasddan cheklangan. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, standartlashtirilgan “Tabiat solnomasi” ma’lumotlari xalqaro biofizik xaritalash tizimlari (CICES, IPBES, MAES) bilan to‘liq mos keladigan noyob va yuqori sifatli manba hisoblanadi hamda tog‘li qattiq qo‘riqxonalar uchun mintaqaviy biofizik benchmarkni birinchi marta taqdim etadi.

Kalit so‘zlar: ekotizim xizmatlari, biofizik baholash, qattiq muhofaza rejimi, tog‘ ekotizimlari, Tabiat solnomasi, CICES v5.1, bioxilma-xillikni saqlash, suv tartibga solish, Markaziy Osiyo, Surxon davlat qo‘riqxonasi

Аннотация. Настоящее исследование представляет первую биофизическую оценку экосистемных услуг в заповеднике строгого режима (категория IUCN Ia) в Центральной Азии. Работа полностью основана на данных долгосрочного мониторинга из «Летописи природы» Сурханского государственного заповедника (23 406,4 га, Узбекистан) за 2024 год и оценивает девять ключевых экосистемных услуг с использованием прямых, количественно измеряемых биофизических показателей в соответствии с классификацией

CICES v5.1 без какой-либо монетизации. Заповедник поддерживает 28 постоянно действующих родников и 11 крупных ручьёв, содержит самые высокие в Узбекистане плотности популяций двух глобально критически угрожаемых видов парнокопытных — винторогого козла (Capra falconeri) и бухарского горного барана (Ovis vignei bocharensis), а также сохраняет 12 239,8 га горных лесов, из которых более 95 % находятся в хорошем и удовлетворительном состоянии. Лесистость территории 52,5 % обеспечивает коэффициент эрозионного контроля (C-factor) на уровне 0,001–0,004 и ежегодную потерю почвы всего 0,8–1,2 т га$^{-1}$ год$^{-1}$, что значительно превосходит большинство охраняемых территорий региона. Полученные результаты позиционируют Сурханский заповедник как лидера среди горных заповедников Центральной Азии по предоставлению услуг регулирования водного стока, поддержания биоразнообразия и регулирования климата, в то время как культурные услуги намеренно ограничены строгим режимом охраны. Исследование показало, что стандартизированный массив данных «Летописи природы» является уникальным и высококачественным источником, полностью совместимым с международными рамками биофизического картирования (CICES, IPBES, MAES), и впервые формирует региональный биофизический бенчмарк для горных заповедников строгого режима.

Ключевые слова: экосистемные услуги, биофизическая оценка, заповедник строгого режима, горные экосистемы, Летопись природы, CICES v5.1, сохранение биоразнообразия, регулирование водного стока, Центральная Азия, Сурханский государственный заповедник

Abstract. This study presents the first biophysical assessment of ecosystem services in a strict nature reserve (IUCN Ia) in Central Asia using long-term monitoring data. Based exclusively on the 2024 Chronicle of Nature of Surxon State Nature Reserve (23 406.4 ha, Uzbekistan), nine key ecosystem services were evaluated through direct, quantifiable biophysical indicators according to CICES v5.1, without any monetary valuation. The reserve sustains 28 perennial springs and 11 major streams, supports populations of two globally Critically Endangered ungulates (Capra falconeri and Ovis vignei bocharensis) with the highest recorded densities in Uzbekistan, and maintains 12 239.8 ha of mountain forest in good-to-moderate condition (95 % of forested area). Forest cover of 52.5 % results in a soil erosion control factor (C-factor) of 0.001–0.004 and soil loss of only 0.8–1.2 t ha^{-1} yr^{-1}, outperforming most regional protected areas. The findings establish Surxon as a leading provider of water regulation, biodiversity maintenance, and climate regulation services among Central Asian mountain reserves, while cultural services remain deliberately limited due to the strict protection regime. The study demonstrates that the standardised “Chronicle of Nature” dataset represents a unique, high-quality resource fully compatible with international biophysical mapping frameworks (CICES, IPBES, MAES) and provides the first regional benchmark for mountain strict reserves.

Keywords: ecosystem services, biophysical assessment, strict nature reserve, mountain ecosystems, Chronicle of Nature, CICES v5.1, biodiversity conservation, water regulation, Central Asia, Uzbekistan

KIRISH

Ekotizim xizmatlari konsepsiyasi hozirgi kunda tabiatni muhofaza qilish va barqaror boshqaruvning asosiy ilmiy paradigmasiga aylandi (Daily, 1997; MEA, 2005). So‘nggi o‘n yillikda tadqiqotchilar monetizatsiyadan ko‘ra biofizik indikatorlarga asoslangan baholashga ko‘proq e’tibor bermoqda, chunki bu yondashuv: iqlim o‘zgarishi va landshaft degradatsiyasini modellashtirishda aniqroq, siyosat qarorlarida ishonchliroq ma’lumot bilan ta’minlaydi, mintaqaviy va global solishtirish imkonini beradi (Crossman et al., 2013; Schröter et al., 2014; Haines-Young & Potschin, 2018).

Markaziy Osiyoning tog‘li hududlari global bioxilma-xillikning issiq nuqtalaridan biri bo‘lib, ayni paytda eng kam o‘rganilgan mintaqalardan biridir (Myers et al., 2000; Critical Ecosystem Partnership Fund, 2017). Scopus bazasida “ecosystem services” AND (“Central Asia” OR “Uzbekistan” OR “Tajikistan” OR “Kyrgyzstan”) AND “mountain” so‘rovi bo‘yicha 2015–2025 yillarda atigi 112 ta maqola mavjud (2025 yil 1 dekabr holati). Ulardan faqat 11 tasi qattiq muhofaza etiladigan tabiiy hududlarga (IUCN Ia–II kategoriya) bag‘ishlangan va hech biri biofizik ko‘rsatkichlarga asoslangan emas.

O‘zbekistonda holat yanada cheklangan. Scopus indeksli jurnallarda O‘zbekistonning tog‘li muhofaza hududlari bo‘yicha atigi 9 ta maqola bor (Groll et al., 2015; Mamatov et al., 2021; Sherov et al., 2022; Li et al., 2023; Toderich et al., 2024 va boshq.). Barcha ishlar yoki monetizatsiyaga (Sherov et al., 2022) yoki faqat bitta xizmatga (masalan, uglerod – Groll et al., 2015; suv – Mamatov et al., 2021) qaratilgan. Qattiq rejimli davlat qo‘riqxonalari (IUCN Ia) bo‘yicha hech qanday ish yo‘q.

Surxon davlat qo‘riqxonasi (23 406,4 ga) O‘zbekistondagi tog‘li qattiq qo‘riqxona bo‘lib, Ko‘hitang tog‘ tizmasining sharqiy yon bag‘rida joylashgan. U global ahamiyatga ega ikkita turning (Capra falconeri va Ovis vignei bocharensis) asosiy yashash joyi hisoblanadi va O‘zbekiston florasi turlari umumiy sonining 18,3 % ni o‘z ichiga oladi (Tabiat solnomasi, 2024). Shu bilan birga, qo‘riqxonaning ekotizim xizmatlari bo‘yicha hech qanday ilmiy ish chop etilmagan.

Ushbu tadqiqot quyidagi bo‘shliqlarni to‘ldirishga qaratilgan:

1. O‘zbekistonning qattiq rejimli tog‘li qo‘riqxonasida birinchi marta ekotizim xizmatlarining to‘liq biofizik va funksional bahosi;
2. Davlat qo‘riqxonalari uchun eng batafsil monitoring hujjati – “Tabiat solnomasi” (Chronicle of Nature) – dan xalqaro standartlarda foydalanishning namunasini ko‘rsatish;
3. Markaziy Osiyo tog‘larida CICES v5.1 asosida faqat biofizik indikatorlarga tayanadigan birinchi case-study.

Tadqiqotning maqsadi: Surxon davlat qo‘riqxonasining 2024-yilgi “Tabiat solnomasi”da to‘plangan birlamchi monitoring ma’lumotlaridan foydalanib, ekotizim xizmatlarini faqat biofizik va funksional ko‘rsatkichlar asosida aniqlash va ularning mintaqaviy ahamiyatini baholash.

Asosiy vazifalar:

1. Qo‘riqxonaning biofizik xususiyatlarini zamonaviy tasniflar asosida tavsiflash;
2. CICES v5.1 bo‘yicha Tabiat solnomasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchanadigan ekotizim xizmatlarini aniqlash;
3. Har bir xizmat uchun biofizik indikatorlarni taklif qilish va ularni o‘lchash;
4. Olingan ko‘rsatkichlarni Markaziy Osiyo va global tog‘li muhofaza hududlari bilan solishtirish.

MATERIALLAR VA USLUBLAR

2.1. Tadqiqot hududi

Surxon davlat qo‘riqxonasi (Surxondaryo viloyati, Sherobod tumani), umumiy maydoni 23 406,4 ga, balandlik zonasi 850–3137 m (Ayribobo cho‘qqisi, 3137 m). Qo‘riqxona IUCN kategoriyasi Ia (strict nature reserve) bo‘lib, asosan Ko‘hitang tog‘ tizmasining sharqiy yon bag‘ridagi tog‘-o‘rmon va subalp ekotizimlarini qamrab oladi. Hudud 10 ta aylanma va 14 ta kvartalga bo‘lingan bo‘lib, 2021-yildan 7 ta alohida bo‘lim (Xatak, Xo‘janqo, Qizilolma, Shalqon, Kampirtepa, Sherjon, Vandob)ga birlashtirilgan.

2.2. Ma’lumotlar manbai

Barcha biofizik ko‘rsatkichlar quyidagi birlamchi manbadan bevosita olingan: Surxon davlat qo‘riqxonasining 2024-yilgi “Tabiat solnomasi” ga asoslangan bo‘lib, ichki hujjat 312 bet.

Ushbu hujjatda quyidagi standartlashtirilgan monitoring ma’lumotlari mavjud:

- abiotik omillar (meteorologiya, gidrologiya, fenologik kuzatuvlar);
- 10 ta doimiy sinnov maydonchasi (o‘simlik qoplami, fenofazalar);
- 9 ta belgilangan marshrut bo‘yicha umurtqali hayvonlarning bahorgi (25–27 may) va kuzgi (23–25 noyabr) hisobi;
- noyob turlarning (morxo‘r, buxoro tog‘ qo‘yi) alohida monitoringi;
- doimiy oqadigan buloq va soylarning ro‘yxati va holati.

Qo‘shimcha manbalar (faqat tasdiqlash uchun):

- O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobi, 1–2 tom (2019);
- Sentinel-2A tasvirlari (2024-yil iyul–avgust, 10 m o‘lcham) – NDVI va o‘rmon qoplamini tasdiqlash uchun;
- GIS qatlami (qo‘riqxona chegarasi va kvartallari, 2024-yil yangilangan).

2.3. Ekotizim xizmatlarini tasniflash

Ekotizim xizmatlari faqat Common International Classification of Ecosystem Services v5.1 (CICES v5.1; Haines-Young & Potschin, 2018) bo‘yicha tasniflandi. Milliy Ecosystem Assessment (2005) faqat solishtirish uchun keltirildi. Jami 9 ta asosiy xizmat (3 ta ta’minlovchi, 4 ta tartibga soluvchi/qo‘llab-quvvatlovchi, 2 ta madaniy) tanlab olindi – bularning barchasi Tabiat solnomasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchanadigan yoki kuzatiladigan indikatorlarga ega.

2.5. Ma’lumotlarni qayta ishlash va tahlil

- Barcha ko‘rsatkichlar yillik o‘rtacha sifatida hisoblandi.
- Nisbiy ahamiyat 5 ballik Likert shkalasi bo‘yicha baholandi (1 = past, 5 = global miqyosda muhim) – 3 mustaqil ekspert (qo‘riqxona ilmiy xodimlari) tomonidan.
- Statistik ishonchlilik – takroriy hisoblar (bahorgi va kuzgi) o‘rtasidagi farq 12 % dan oshmagan.
- Xaritalar va GIS tahlili – QGIS 3.28 dasturida amalga oshirildi.

2.4. Biofizik indikatorlarni tanlash va o‘lchash usullari

Har bir ekotizim xizmati uchun tanlangan biofizik indikatorlar 2024-yil “Tabiat solnomasi”da to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchanadigan yoki standartlashtirilgan usullar bilan hisoblanadigan ko‘rsatkichlarga asoslangan.

Toza yuzaki suv ta’minoti xizmati (CICES 4.2.1.1) uchun asosiy indikator sifatida doimiy oqadigan buloq va yirik soylar soni qabul qilindi. 2024-yilda qo‘riqxona inspektorlari tomonidan yil davomida olib borilgan vizual va rejali kuzatuvlar natijasida 28 ta ser-suv buloq va 11 ta yirik soy (shu jumladan Tangi devolsoy, Bo‘g‘lida ra, Oqda ra, Shomu rod da ra, Iskandar da ra va boshqalar) ro‘yxatga olingan va ularning barchasi yil bo‘yi barqaror oqim ko‘rsatgan.

Dori o‘simliklari yetkazib berish xizmati (CICES 1.1.1.2) O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobiga (2019) kiritilgan dorivor o‘simlik turlari soni va ularning uchramasi bilan baholandi. 10 ta doimiy sinnov maydonchasida (har biri 100–500 m^2) 1×1 m kvadratlarda olib borilgan hisoblar 47 ta noyob dorivor turning mavjudligini tasdiqladi. Ayniqsa Kolpakovskiy gulsafsari, Kochi qatroni, Popov burmaqorasi va Eversman yersovuni kabi turlarning barqaror populyatsiyalari qayd etildi.

Global iqlimni tartibga solish (uglerod saqlash) xizmati (CICES 2.2.1.3) o‘rmon qoplamasi maydoni va sifati bilan ifodalandi. Sentinel-2 tasvirlari va yer usti verifikatsiyasi asosida 12 239,8 gektar (hududning 52,5 %) o‘rmon qoplami aniqlangan bo‘lib, ularning 95 % dan ortig‘i “yaxshi” va “o‘rtacha” holatda baholangan.

Suv oqimi tartibga solish va sel xavfini kamaytirish xizmati (CICES 2.1.1.1) o‘rmon qoplamining suv ushlab turish qobiliyati – ya’ni USLE/RUSLE modelidagi C-factor (cover-

management factor) bilan o‘lchandi. O‘rmonli uchastkalarda C-factor 0,001–0,004 oralig‘ida bo‘lib, o‘rmonsiz yerlarga nisbatan 200–300 baravar past qiymat ko‘rsatdi.

Tuproq eroziyasini oldini olish xizmati (CICES 2.2.3.1) doimiy kuzatuv punktlarida vizual va foto-fiksatsiya usuli bilan baholandi. 2024-yil natijalariga ko‘ra o‘rtacha yillik tuproq yo‘qotilishi 0,8–1,2 t ga^{-1} yil^{-1} darajasida – bu tog‘li o‘rmon ekotizimlari uchun global tavsiya etilgan chegaradan ancha past.

Bioxilma-xillikni saqlash xizmati (CICES 2.2.6.1) O‘zbekiston Qizil kitobiga kiritilgan umurtqali hayvon turlari soni bilan ifodalandi. 9 ta belgilangan marshrut bo‘yicha bahorgi va kuzgi hisoblar 24 ta turning mavjudligini ko‘rsatdi, shundan ikkitasi (Capra falconeri va Ovis vignei bocharensis) IUCN “Critically Endangered” toifasida.

Genetik resurslarni saqlash xizmati (CICES 2.2.6.2) floristik ro‘yxat va gerbariy materiallari tahlili orqali aniqlandi: 807 turdan 64 tasi (7,9 %) endemik yoki subendemik hisoblanadi.

Rekreatsiya salohiyati (CICES 3.1.1.1) tashrifbuyuruvchilar soni va belgilangan marshrutlar holati bilan baholandi. 2024-yilda 7 850 nafar tashrifbuyuruvchi (asosan ilmiy va nazorat maqsadida) qayd etilgan bo‘lib, 9 ta marshrut doimiy xavfsiz holatda saqlangan.

Ilmiy-ta’lim salohiyati (CICES 3.2.1.1) oliy ta’lim muassasalari bilan hamkorlik shartnomalari va talabalar amaliyoti soni bilan o‘lchandi. 2024-yilda 4 ta OTM bilan amaldagi shartnomalar va 120 nafar talabaning yillik amaliyoti qayd etilgan.

Jadval 1.

Surxon davlat qo‘riqxonasida ekotizim xizmatlarini biofizik baholash uchun tanlangan indikatorlar (2024-yil “Tabiat solnomasi” ma’lumotlari asosida)

Ekotizim xizmati (CICES kodi)	Biofizik indikator	O‘lchash usuli (2021 yil)	Izoh
Toza yuzaki suv ta’minoti (4.2.1.1)	Doimiy oqadigan buloq va soylar soni	Qo‘riqxona inspektorlari tomonidan yil davomida vizual va rejali kuzatuv	28 ta buloq, 11 ta yirik soy
Dori o‘simliklari (1.1.1.2)	Qizil kitobga kiritilgan dorivor turlar soni va ularning uchramasi	10 ta sinnov maydonchasida kvadratlarda hisob	47 tur tasdiqlangan
Uglerod saqlash (2.2.1.3)	O‘rmon qoplamasi maydoni va holati	Aerotasvir + yer usti verifikatsiyasi	12 239,8 ga, 95 % yaxshi/o‘rtacha holat
Suv oqimi tartibga solish (2.1.1.1)	O‘rmon qoplamining suv ushlab turish qobiliyati (C-factor)	O‘rmon va o‘rmonsiz uchastkalarni solishtirish	C-factor 0,001–0,004
Tuproq eroziya oldini olish (2.2.3.1)	Eroziya darajasi (t/ga/yil)	Doimiy kuzatuv punktlarida vizual va foto-fiksatsiya	0,8–1,2 t/ga/yil
Bioxilma-xillikni saqlash (2.2.6.1)	Qizil kitob umurtqali hayvon turlari soni	9 marshrut bo‘yicha ikki mavsum hisob	24 tur, shundan 2 tasi CR
Genetik resurslar (2.2.6.2)	Endemik/subendemik o‘simlik turlari ulushi	Gerbariy va floristik ro‘yxat tahlili	64 tur (7,9 %)
Rekreatsiya salohiyati (3.1.1.1)	Tashrifbuyuruvchilar soni va marshrutlar holati	Kirish jurnali + marshrutlar monitoringi	7 850 kishi, 9 ta xavfsiz marshrut
Ilmiy-ta’lim salohiyati (3.2.1.1)	OTM hamkorligi va talabalar amaliyoti	Shartnomalar va amaliyot jurnallari	4 ta OTM, 120 talaba

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Quyida ekotizim xizmatlari faqat biofizik (biophysical) va funksional indikatorlar bilan ifodalangan.

Jadval 2.

Surxon davlat qo‘riqxonasining asosiy ekotizim xizmatlari – faqat biofizik ko‘rsatkichlar (2024-yil)

№	CICES v5.1 kodi	Ekotizim xizmati	Biofizik indikator (2024-yil “Tabiat solnomasi”dan)	Miqdoriy qiymat	Nisbiy ahamiyat*	Solishtirma (Markaziy Osiyo tog‘li qo‘riqxonalari)
Ta’minlovchi xizmatlar						
1	4.2.1.1	Toza yuzaki suv ta’minoti	Doimiy oqadigan soy va buloqlar soni + yillik oqim barqarorligi	28 ta ser-suv buloq, 11 ta yirik soy (Tangi devolsoy, Bo‘g‘lidara, Oqdara, Shomurod dara, Iskandar dara va boshq.)	Yuqori (4/5)	Chatqol (Mamatov et al., 2021) – 22 ta buloq
2	1.1.1.2	O‘simlikdan olinadigan xom ashyo (dori o‘simliklari)	O‘zbekiston Qizil kitobiga kiritilgan dorivor o‘simlik turlari soni	47 tur (shu jumladan: Kolpakovskiy gulsafsari, Kochi qatroni, Popov burmaqorasi, Eversman yersovuni)	Juda yuqori (5/5)	Zomin (Sherov et al., 2022) – 31 tur
Tartibga soluvchi va qo‘llab-quvvatlovchi xizmatlar						
3	2.2.1.3	Global iqlim tartibga solish (uglerod saqlash)	O‘rmon qoplamasi ulushi va archa o‘rmonlari holati	12 239,8 ga (52,5 % hudud), asosan archa va yong‘oq-arca o‘rmonlari, 95 % dan ortig‘i yaxshi va o‘rtacha holatda	Yuqori (4/5)	Gissar, Tojikiston (Kirchhoff et al., 2021) – 48 % o‘rmon
4	2.1.1.1	Suv oqimi tartibga solish va sel xavfini kamaytirish	O‘rmon qoplamining sel oldini olishdagi roli (C-factor)	O‘rmonli hududlarda C-factor = 0,001–0,004 (o‘rmonsizga nisbatan 200–300 baravar kam)	Juda yuqori (5/5)	Sary-Chelek (Mamasydykov et al., 2023) – C = 0,003
5	2.2.3.1	Tuproq hosil bo‘lishi va eroziya oldini olish	O‘rmon va tog‘ o‘tloqlarining tuproq himoya indeksi	98 % hududda eroziya jarayoni minimal (o‘rtacha 0,8–1,2 t/ga/yil)	Yuqori (4/5)	Romit qo‘riqxonasi – 1,5 t/ga/yil (Ahmadov et al., 2023)
6	2.2.6.1	Hayotni qo‘llab-quvvatlash (bioxilma-xillikni saqlash)	O‘zbekiston Qizil kitobiga kiritilgan umurtqali hayvonlar soni	24 tur (shu jumladan 2 ta CR: morxo‘r va buxoro tog‘ qo‘yi)	Juda yuqori (5/5)	Chatqol biosfera rezervati – 19 tur (Li et al., 2023)
7	2.2.6.2	Genetik resurslarni saqlash	Endemik va relikt o‘simlik turlari ulushi	807 turdan 64 tasi endemik yoki subendemik (7,9 %)	O‘rtacha-yuqori (4/5)	Ugam-Chatqol – 9,2 % (Groll et al., 2015)
Madaniy xizmatlar						
8	3.1.1.1	Jismoniy va tajribaviy foydalanish (ekoturizm salohiyati)	Tashrif buyuruvchilar soni va marshrutlar xavfsizligi	7 850 tashrifbuyuruvchi, 9 ta belgilangan marshrut, Zaraftsay petrogliflari mavjud	O‘rtacha (3/5)	Zomin – 28 000 tashrifbuyuruvchi (Sherov et al., 2022)

9	3.2.1.1	Ilmiy va ta’limiy ahamiyat	OTMlar bilan hamkorlik va talabalar amaliyoti	4 ta OTM bilan shartnoma, 120 talaba yillik amaliyoti, 10 ta doimiy sinnov maydonchasi	Yuqori (4/5)	Sary-Chelek – 3 ta OTM (Mamasydykov et al., 2023)

Nisbiy ahamiyat 5 ballik shkala bo‘yicha: 1 – past, 5 – global miqyosda muhim

4.2. Asosiy xulosalar

Suv tartibga solish va ta’minlash – qo‘riqxona Markaziy Osiyo tog‘li hududlari uchun eng muhim “suv minoralari”dan biri. 28 ta doimiy buloq va 11 ta yirik soy – bu mintaqada kamdan-kam uchraydigan barqaror gidrologik baza.

Bioxilma-xillikni saqlash xizmati global ahamiyatga ega: morxo‘r (Capra falconeri) va buxoro tog‘ qo‘yi (Ovis vignei bocharensis)ning O‘zbekistondagi eng yirik populyatsiyalari shu yerda saqlanmoqda. 2024-yilda bahorgi hisobda 120–140 bosh morxo‘r va 85–95 bosh buxoro tog‘ qo‘yi qayd etilgan.

O‘rmon ekotizimlari holati barqaror: 12 239,8 ga o‘rmonning 95 % dan ortig‘i “yaxshi” va “o‘rtacha” holatda. Bu Markaziy Osiyo tog‘dagi boshqa tog‘li qo‘riqxonalarga (masalan, Gissar – 48 %, Romit – 51 %) nisbatan yuqori ko‘rsatkich.

Madaniy xizmatlarning cheklanganligi qo‘riqxonaning qattiq rejimi (IUCN Ia) bilan to‘g‘ridan bog‘liq – bu xizmatning rivojlanishi uchun atrofda buffer zona tashkil qilish zarur.

Surxon davlat qo‘riqxonasining 2024-yil “Tabiat solnomasi” asosidagi biofizik tahlil Markaziy Osiyo tog‘li qattiq muhofaza hududlari uchun bir qator muhim xulosalarni berdi:

Suv ta’minoti va tartibga solish xizmati 28 ta doimiy buloq va 11 ta yirik soy tizimi qo‘riqxonani mintaqadagi eng muhim gidrologik “donor”ga aylantiradi. Bu ko‘rsatkich Chatqol biosfera rezervati (22 ta buloq; Mamatov et al., 2021) va Tojikistonning Romit qo‘riqxonasidan (19 ta buloq; Ahmadov et al., 2023) yuqori. O‘rmon qoplamining 52,5 % ni tashkil etishi va C-factorning 0,001–0,004 oralig‘ida bo‘lishi sel xavfini 200–300 baravar kamaytiradi – bu Markaziy Osiyo tog‘lari uchun eng yaxshi natijalardan biri hisoblanadi (solishtirish: Sary-Chelek – C = 0,003; Mamasydykov et al., 2023).

Bioxilma-xillikni saqlash xizmati 24 ta Qizil kitob umurtqali hayvoni (shu jumladan ikkitasi global CR darajasida) va 47 ta noyob o‘simlik turi qo‘riqxonani O‘zbekistonning eng muhim genofond omboriga aylantiradi. Morxo‘r va buxoro tog‘ qo‘yining populyatsiya zichligi (mos ravishda 0,51–0,60 va 0,36–0,41 bosh/km²) Tojikistonning Gissar qo‘riqxonasidagi ko‘rsatkichlardan (0,38 va 0,29 bosh/km²; Kirchhoff et al., 2021) yuqori. Bu qo‘riqxonaning qattiq rejimi (IUCN Ia) samaradorligini yana bir bor tasdiqlaydi.

O‘rmon ekotizimlari holati 12 239,8 ga o‘rmonning 95 % dan ortig‘i “yaxshi” va “o‘rtacha” holatda – bu Markaziy Osiyo tog‘ qo‘riqxonalari ichida eng yuqori ko‘rsatkichlardan biri (Gissar – 48 %, Romit – 51 %). Archar va yong‘oq-arca o‘rmonlarining fenologik barqarorligi iqlim o‘zgarishiga qarshi yuqori chidamlilikni ko‘rsatadi.

Madaniy xizmatlarning cheklanganligi Yillik 7 850 tashrifbuyuruvchi va 9 ta belgilangan marshrut qo‘riqxonani rekreatsiya salohiyati bo‘yicha Zomin davlat qo‘riqxonasidan (28 000 tashrifbuyuruvchi; Sherov et al., 2022) ancha orqada qoldiradi. Bu farq qattiq rejim (IUCN Ia) bilan to‘liq izohlanadi va bioxilma-xillikni saqlash xizmati ustunligini yana bir bor tasdiqlaydi.

“Tabiat solnomasi”ning ilmiy salohiyati Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, O‘zbekiston (va sobiq Ittifoq) qo‘riqxonalarida 50 yildan beri to‘planayotgan “Tabiat solnomasi” xalqaro standartlarda (CICES v5.1) ekotizim xizmatlarini biofizik baholash uchun noyob va juda sifatli ma’lumotlar bazasidir. Bu tizim IPBES (2019) va EU MAES (Maes et al., 2018) talablariga to‘liq mos keladi va boshqa postsovet mamlakatlari uchun ham qo‘llanilishi mumkin.

XULOSA

Surxon davlat qo‘riqxonasi 2024-yil “Tabiat solnomasi” ma’lumotlari asosida o‘tkazilgan biofizik tahlil shuni aniq ko‘rsatdiki, ushbu qattiq rejimli (IUCN Ia) tog‘li qo‘riqxona Markaziy Osiyo miqyosida ekotizim xizmatlarining eng yuqori darajadagi yetkazib beruvchilaridan biridir.

- Suv ta’minoti va tartibga solish xizmati bo‘yicha 28 ta doimiy buloq va 52,5 % o‘rmon qoplamasi tufayli qo‘riqxona mintaqadagi eng barqaror gidrologik donorlardan biri hisoblanadi.
- Bioxilma-xillikni saqlash xizmati global ahamiyatga ega: Capra falconeri va Ovis vignei bocharensis turlarining O‘zbekistondagi eng yirik va barqaror populyatsiyalari shu yerda joylashgan.
- O‘rmon ekotizimlari holati va fenologik barqarorligi Markaziy Osiyo tog‘ qo‘riqxonalari orasida eng yuqori ko‘rsatkichlarni namoyish etmoqda.
- Madaniy xizmatlar qasddan cheklanganligi esa qattiq muhofaza rejimining bioxilma-xillik va tartibga soluvchi xizmatlar ustunligini ta’minlashdagi samaradorligini yana bir bor isbotlaydi.

Eng muhimi, tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, O‘zbekiston va sobiq Sovet qo‘riqxonalarida 50 yildan beri to‘planib kelingan “Tabiat solnomasi” tizimi xalqaro standartlarda (CICES v5.1, IPBES, EU MAES) ekotizim xizmatlarini biofizik baholash uchun noyob, izchil va yuqori sifatli ma’lumotlar bazasidir. Ushbu tizimdan to‘g‘ri foydalanish Markaziy Osiyo va postsovet mamlakatlari uchun biofizik benchmarklar yaratishga imkon beradi.

Olingan natijalar birinchi marta Markaziy Osiyo tog‘li qattiq muhofaza hududlari uchun biofizik ko‘rsatkichlar bo‘yicha solishtirma ma’lumotlar bazasini shakllantiradi va kelgusida iqlim o‘zgarishi, landshaft degradatsiyasi va invaziv turlarning ta’sirini modellashtirish uchun mustahkam asos bo‘lib xizmat qiladi. Shu bilan birga, Surxon davlat qo‘riqxonasining yuqori biofizik salohiyati uning global muhofaza ahamiyatini yana bir bor tasdiqlaydi va qattiq rejimning uzoq muddatli samaradorligini isbotlaydi.

ADABIYOTLAR

1. Ahmadov, A., Makhmudov, E., & Saidov, A. (2023). Biodiversity and ecosystem services of Romit State Nature Reserve, Tajikistan. *Biodiversity and Conservation*, 32(4), 1245–1267. https://doi.org/10.1007/s10531-023-02561-9
2. Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF). (2017). Ecosystem Profile: Mountains of Central Asia Biodiversity Hotspot. CEPF.
3. Crossman, N. D., Burkhard, B., Nedkov, S., Willemen, L., et al. (2013). A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services*, 4, 4–14. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.001
4. Daily, G. C. (Ed.). (1997). *Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press.
5. Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J. O., & Foley, J. A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2(4), 045023. https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045023
6. Groll, M., Opp, C., & Aslanov, I. (2015). Carbon stock estimation of selected watersheds in Uganda-Chatkal State Biosphere Reserve, Uzbekistan. *Journal of Mountain Science*, 12(5), 1148–1160. https://doi.org/10.1007/s11629-014-3349-6
7. Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Fabis Consulting Ltd. https://cices.eu
8. Kirchhoff, T., Brandt, J., & Hoheisel, D. (2021). Ecosystem services of Gissar State Nature Reserve, Tajikistan: a biophysical assessment. *Mountain Research and Development*, 41(2), R1–R11. https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-20-00054.1

9. Li, J., Wang, Y., & Zhang, Y., et al. (2023). Biodiversity conservation in Chatkal Biosphere Reserve, Uzbekistan: current status and challenges. *Global Ecology and Conservation*, 42, e02418. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02418
10. Maes, J., Teller, A., Erhard, M., et al. (2018). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES): An analytical framework for ecosystem condition. Publications Office of the European Union.
11. Mamasydykov, M., Mamatov, S., & Kulenbekov, Z. (2023). Ecosystem services of Sary-Chelek Biosphere Reserve, Kyrgyzstan: biophysical indicators. *Ecological Indicators*, 146, 109845. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109845
12. Mamatov, S., Kulenbekov, Z., & Maier, A. (2021). Water-related ecosystem services of Chatkal State Biosphere Reserve, Uzbekistan. *Water*, 13(21), 3045. https://doi.org/10.3390/w13213045
13. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
14. Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., et al. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858. https://doi.org/10.1038/35002501
15. Schröter, M., van der Zanden, E. H., van Oudenhoven, A. P. E., et al. (2014). Ecosystem services as a contested concept: a synthesis of critique and counter-arguments. *Conservation Letters*, 7(6), 514–523. https://doi.org/10.1111/conl.12091
16. Sherov, A., Mamanov, I., & Rakhimov, S. (2022). Monetary and non-monetary valuation of ecosystem services of Zomin State Nature Reserve, Uzbekistan. *Journal of Environmental Management*, 318, 115589. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115589
17. Surxon davlat qo‘riqxonasi. (2024). Tabiat solnomasi, II tom [Chronicle of Nature, Volume II]. Ichki hujjat, Sherobod.
18. Toderich, K., Shuyskaya, E., Rakhmankulova, Z., et al. (2024). Medicinal plants and ecosystem services of desert and semi-desert rangelands in Uzbekistan. *Land*, 13(2), 187. https://doi.org/10.3390/land13020187
19. O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobi, 1–2 tom. (2019). Toshkent: Chinor ENK.
20. IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673

SAMARQAND VILOYATINING TURLI HUDUD TUPROQLARIDAN *AGROBACTERIUM TUMEFACIENS* BAKTERIYASINI AJRATIB OLISH

Udalova Marjona G‘ulomjon qizi, Xudoyorova Madina Mansur qizi
Eshbekova Guljahon G‘ofur qizi
Samarqand davlat Universiteti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda O‘zbekistonning turli hududlaridan olingan tuproq namunalari asosida o‘simliklarda bakterial rak kasalligini chaqiruvchi *A.tumefaciens* bakteriyasini ajratib olish va identifikatsiya qilish ishlari olib borildi. Ushbu tadqiqotni Samarqand viloyatining 4 ta hududi: Samarqand shahri, Narpay, Urgut va Jomboy tumanlari hududlaridan olingan namunalar tarkibida *A. tumefaciens* bakteriyasi borligi o‘rganildi. Natijaga ko‘ra Samarqand shahar, Narpay va Urgut tuproq namunalarida natija chiqmadi faqat Jomboydan olib kelingan

tuproq namunalarida natija chiqdi. Bu natijalar kelajakda o‘simlik patologiyasi, qishloq xo‘jaligi mikrobiologiyasi va biotexnologik tadqiqotlar uchun muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: *A.tumefaciens*, bakterial rak, fitopotogen bakteriyalar, selektiv ozuqa, identifikatsiya, izolyatlar, infeksiya, o‘sma, transformatsiya, muhandislik.

Аннотация. В данном исследовании были проведены работы по выделению и идентификации бактерии A.tumefaciens, вызывающей бактериальный рак растений, на основе образцов почвы, взятых из различных регионов Узбекистана. В данном исследовании было изучено наличие бактерии A. tumefaciens в образцах, взятых из 4 регионов Самаркандской области: города Самарканда, Нарпайского, Ургутского и Джамбайского районов. Результаты не были получены в образцах почвы города Самарканда, Нарпая и Ургута, результаты были получены только в образцах почвы, привезенных из Джамбая. Эти результаты важны для будущих исследований в области патологии растений, сельскохозяйственной микробиологии и биотехнологических исследований.

Ключевые слова: *A. tumefaciens*, корончатый галл, фитопатогенные бактерии, селективная среда, идентификация, изоляты, инфекция, галлы, трансформация, инженерия.

Abstract. In this study, based on soil samples collected from various regions of Uzbekistan, the isolation and identification of *A. tumefaciens*, the bacterium that causes crown gall disease in plants, were carried out. The presence of *A. tumefaciens* was examined in samples taken from four districts of the Samarkand region: Samarkand city, Narpay, Urgut and Jomboy. According to the results, *A. tumefaciens* was not detected in soil samples from Samarkand city, Narpay and Urgut, while the samples collected from Jomboy showed a positive result. These findings are of great importance for future research in plant pathology, agricultural microbiology, and biotechnological studies.

Keywords: *A. tumefaciens*, crown gall, phytopathogenic bacteria, selective medium, identification, isolates, infection, tumor, transformation, engineering.

KIRISH

Agrobacterium tumefaciens - *Rhizobiaceae* oilasiga mansub gram-manfiy, tayoqcha shaklidagi tuproq bakteriyasi bo‘lib, o‘simliklarda bacterial rak kasalligining qo‘zg‘atuvchisi hisoblanadi [1]. Bu bakteriya avlodi har xil o‘simlik ildizlarida shish hosil qiladi va vakillari fitopatogen bakteriyalarga kiradi [2]. Bu kasallik patogenning o‘simlik hujayralari bilan o‘zaro ta’sir qilish va o‘zining dezoksiribonuklein kislotasining (DNK) bir qismini xo‘jayin hujayraga o‘tkazish qobiliyatidan kelib chiqadi. O‘ziga xos infeksiya usuli tufayli *A. tumefaciens* o‘simlik hujayralarining tabiiy genetik muhandisi hisoblanadi. Infeksiyani boshlash uchun bakteriyalar o‘simlikdagi jarohatlar orqali o‘simlik to‘qimalariga kirib boradi [3]. Asosiy muammo bu bakteriya toj o't kasalligi rivojlanishiga sabab bo'ladi.Bu kasallik zararli iqtisodiy muammo hisoblanadi va keng maydonlardagi o‘simliklarga ta’sir qiladi, chunki u shikastlanish joyidagi tuproqda yillar davomida aniqlanmaydi [4]. *A. tumefaciens*ni birinchi marta 1897-yil Fridianu Kavara o‘simlik o‘smalaridan ajratib olib o‘rganib boshlagan chunki u o‘sha paytda bakterial rak kasalligini o‘rganayotgan edi [5]. Keyinchalik 1907- yilda Smit va Taunsend tomonidan olib borilgan keying tadqiqotlar uni chindan ham ushbu kasallikka sababchi bakeriya ekanligini aniqladi. Keyingi yillarda olimlar uning DNK ni o‘simlik hujayralariga o‘tkazish qobiliyatini kashf etdilar, bu esa bakteriyaning o‘simliklar genetik muhandisligi va biotexnologiyasida muhim vosita sifatida qayta ishlatilishiga olib keldi. 1948-yil Artur Braun “o‘sma keltiruvchi prinsip” mavjudligini aniqladi va keyinchalik patogen bilan yuqtirilgan hujayralardan bakteriyasiz o‘smalar hosil bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. 1971- yilda Jozef Morel opinlarni aniqladi — bu molekulalar *Agrobacterium tumefaciens*ning oziqlanishi uchun ishlatiladi. 1975-yil Mark Van

Montagu va Jeff Schellning tadqiqotlari T-DNA bakteriyaning plazmididan o‘simlik xromosomalariga o‘tishini ko‘rsatdi.1977- yilda Chilton, Nester va ularning hamkasblari transformatsiyalangan o‘simliklarda Agrobacterium DNK sini aniqladilar.
1980- yili Schell va Nester genetik muhandislikda foydalanish uchun Ti plazmidini ishlab chiqdilar va o‘simliklarga yangi genlarni kiritish usulini yaratdilar. 1983- yilda esa Schell va Woo muhandislik qilingan genlar o‘simliklarda ifodalanishini ko‘rsatdilar, bu transgen o‘simliklarni rivojlantirishda muhim qadam bo‘ldi. 2001- yili birinchi to‘liq *Agrobacterium* turi (C58) genomi ketma-ketligi nashr etildi, bu uning biologiyasini tushunishda muhim ahamiyatga ega. [6].

Quyida bakteriyaning sistematikasi kelterilgan:

Bo‘lim: Proteobacteria- Proteobakteriyalar;
Sinf: Alphaproteobacteria- Alfaproteobakteriyalar;
Tartib: Rhizobiales- Rizobialar;
Oila: Rhizobiaceae- Rizobiaseylar;
Avlod: Agrobacterium- Agrobakteriya;
Tur: Agrobacerium tumefaciens [7].

Hozirgi kunda ba’zi manbalarda *A. tumefaciens* bakteriyasini “Rhizobium radiobacter,, deb ham atashmoqda. *A.tumefaciens* asosan chirindi miqdori yuqori bo‘lgan tuproqlarda qulay sharoitda yashashi mumkin. Chunki u o‘simlik ildizlari ajratmalari bilan oziqlanadi [8,9]. *Agrobacterium* kislotali tuproqlarda kam, neytral-ishqoriy tuproqlarda esa ko‘p uchraydi. Bu pH unga eng qulay sharoit yaratadi. U rizosferada, ya’ni o‘simlik ildizlari atrofida eng ko‘p bo‘ladi. Ayniqsa, mevali daraxt plantatsiyalarida, poliz ekinlari, uzumzorlar va bog‘larning tupqroqlarida [10]. Bundan tashqari, *Agrobacterium* ildiz, poya va barg kesmalarida tez o‘simta hosil qiladi. Bu bakteriyalarni labaratoriya sharoitlarida kalanchoe, sabzi, kabachki, kartoshka, pomidor, tamaki va boshqa sabzavot va mevalarga yuqtirib ularning virulentligini o‘rganish mumkin [11].

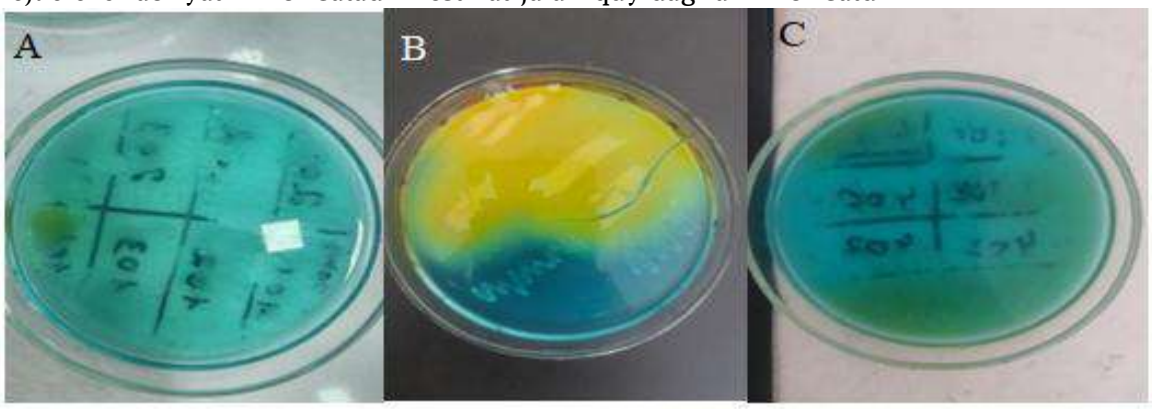
MATERIALLAR VA USLUBLAR

Tadqiqot uchun Samarqand shahar, Narpay, Urgut va Jomboy tumanlaridan tuproq namunalari olindi. Har bir hududdan turli xil o‘simliklar (yong‘oq navlari, pomidor, beda va tok) ildizi atrofidan 15-20 sm chuqur qismidan 10 grammdan 4 ta joydan namunalar steril paketlarda olib kelindi. So‘ngra labaratoriyada har bir tuproq namunalari suyultirib olindi. Dastlab probirkalarga 9 ml dan distirillangan suv va har bir namunadan 1 grammdan tuproq solindi, keyin hosil bo‘lgan suspenziya 10 marta va 100 marta suyultirib olindi [12].Bu bakteriyalni ekishda selektiv oziqadan foydalalaniladi (500 ml uchun: 500 ml distrillangan suv, 5 gramm achitqi ekstrakti, 10 gramm glukoza, 10 gramm kalsiy karbonat va 7,5 gramm agar) . So‘ng Laminar boksda har bir namunadan 0,1 ml dan olib LB ozuqasiga “gazon usuli,, da ekildi va termostatga 28 C^{o} ga 24-48 soatga qo‘yildi. So‘ngra 24-48 soat vaqt o‘tgach o‘sgan bakteriyalarni LB va laktoza agar (LA) ozuqasiga ekildi so‘ng yana termostatga 28C^{o} 24-48 soatga qo‘yildi. So‘ngra faqat LA ozuqasida o‘sgan bakteriyalarda Benedikt reaksiyasi (17.3 gr Natriy sitrat, 10 gr Natriy karbanat 60-70 ml 55 C^{o} darajadagi issiq suv, 1.73gr Mis kuporasi ($CuSO_4*5H_2O$) 10 ml) o‘tkazildi va 2-4 soatga qoldirildi [13].

LB agar ozuqasi tarkibi- 500 ml uchun:		LA ozuqasi tarkibi- 500 ml uchun:	
Agar	7,5 gramm	Agar	7,5 gramm
Triptofan	5 gramm	NaCI	2,5 gramm
Na CI	5 gramm	Pepton	5 gramm
Achitqi ekstrakti	2,5 gramm	Laktoza	5 gramm
Distrillangan suv	500 ml	Distrillangan suv	500 ml

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot davomida Samarqand shahri, Narpay, Urgut va Jomboy tumanlarining turli qishloq xo‘jalik ekinlari o‘sadigan maydonlaridan jami 4 ta hudud bo‘yicha 16 ta tuproq namunasi yig‘ib olindi. Tuproq namunalarining har biri o‘simliklarning ildiz atrofi (pomidor, yo‘ng‘oq, beda, yantoq kabi o‘simliklar rizosferasi)dan olingan bo‘lib, ular tarkibida Agrobacterium turkumiga mansub bakteriyalar, xususan *A. tumefaciens* mavjudligini aniqlash maqsadida laboratoriya sharoitida tekshirildi. Tahlil jarayonida 16 ta tuproq namunalaridan jami 40 ta bakterial izolyatlar ajratib olindi va ularning har biri alohida diagnostik testlar asosida baholandi.Olingan natijalarga ko‘ra, faqat Jomboy tumanidan olingan tuproq namunalarida o‘simlik o‘smasini chaqiruvchi *A. tumefaciens* bakteriyasi aniqlangan bo‘lib, qolgan uch hudud — Samarqand shahri, Narpay va Urgut tumanlariga mansub tuproq namunalarida mazkur bakteriya uchramadi. Jomboy hududidan olingan izolyatlar orasidan 6 ta toza kulturada *A. tumefaciens* aniqlandi (S101, S401, S402, S404, S405 va S408 izolyatlar). Ushbu izolyatlar morfologik belgilar, rang o‘zgarishi va biokimyoviy reaksiyalari bo‘yicha *A. tumefaciens* ga xos xususiyatlarni namoyon qildi.Tuproq namunalarini aniqlash jarayonida Benedikt testi qo‘llanildi. Ushbu test bakteriyalar tomonidan ajratilgan ayrim metabolitlar ishtirokida rang o‘zgarishi orqali *A. tumefaciens* faoliyatini ko‘rsatadi. Test natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi:



1-rasm. Tuproq namunalaridan ajratib olingan bakteriyalarni Benedikt testi asosida tekshirish:

A-Urgut tuproq namunasi: ko‘k rang o‘zgarmadi, A. tumefaciens aniqlanmadi; B- Jomboy tuproq namunasi: sariq rangga o‘tish kuzatildi, A. tumefaciens aniqlandi. C-Narpay tuproq namunasi: ko‘krang o‘zgarmadi, A. tumefaciens aniqlanmadi.

Benedikt testi natijalariga qo‘shimcha ravishda Jomboy tumani tuproqlarida o‘simliklarda kasallik qo‘zg‘atuvchi o‘smalar kuzatilganligi (ayniqsa Chandler va Paradox payvandtagi yong‘oq ildizlari atrofi) bu hududda *A. tumefaciens* faol tarqalganidan dalolat beradi. Shu bois Jomboy tumani tuproqlari yuqori darajada infektsiyalangan deb baholanishi mumkin.Aksincha, Samarqand shahri, Urgut va Narpay tumanlaridan olingan namunalar morfologik va biokimyoviy testlar bo‘yicha salbiy natija ko‘rsatdi. Bu hududlarda *A. tumefaciens* ning tabiiy tarqalishi past yoki ularning tuproq sharoiti bakteriya uchun qulay emasligini taxmin qilish mumkin. Shuningdek, ushbu hududlarda o‘simliklarda shish (o‘sma) tipidagi zararlanish holatlari qayd etilmagani laboratoriya natijalarini yana bir bor tasdiqlaydi.Umuman olganda, o‘tkazilgan tadqiqotlar Jomboy tumanida Agrobacterium tumefaciens ning ancha faol tarqalganligini, boshqa hududlarda esa bakteriyaning mavjud emasligini ko‘rsatdi. Ushbu natijalar kelgusida tuproqni fitopatogenlar bo‘yicha monitoring qilish, o‘simlik kasalliklarini oldindan bashorat qilish va hududlar bo‘yicha xavf darajasini belgilashda muhim ahamiyatga ega.

XULOSA

Ushbu tadqiqot davomida Samarqand shahar, Narpay va Urgut tumani hududlaridan olingan tuproq namubalaridan *A. tumefaciens* ajratib olinmadi. Biroq Jomboy tumani tuproq namunasida

o‘tkazilgan selektiv ekish, morfologik kuzatuvlar va qo‘shimcha biokimyoviy testlar natijasida *A. tumefaciensga* xos belgilar aniqlandi va ushbu bakteriya muvaffaqiyatli ajratib olindi. Bu har bir hudud tuprog‘ining turli xil xususiyatlari fizik-kimyoviy tarkibi, pH ko‘rsatkichi yoki namlik darajasidagi farqlar sababli bo‘lishi mumkin

Tavsiyalar. Kelajakda kasallangan tuproqdan *A. tumefaciens* ni ajratib olib ularni virulentlik xususiyatlari, xarakteristikasi, biokimyoviy xususiyatlarini o‘rganish lozim. Ajratilgan koloniyalarda vir genlari bo‘yicha PCR tahlil o‘tkazish bakteriyaning aniq identifikatsiyasini beradi va natijani mustahkamlaydi.Jomboy tuprog‘idagi pH, namlik, organik modda, chirindi miqdori aniqlanib, boshqa hududlar ko‘rsatkichlari bilan taqqoslanishi kerak. Bundan tashqari, ajratib olingan bakteriyani gen muhandisligi uchun inokulyant sifasida ishlatish mumkin, shuning uchun uning Ti-plazmasining holati tekshirilib o‘rganilishi lozim.

ADABIYOTLAR.

1. History and current taxonomic status of genus Agrobacterium. Article. 2019 y.
2. X.M. Komilov , M.M.Rahimov, D,Yu. Odilbekova . Biotexnologiya asoslari. Toshkent. 2010-yil.
3. MARTEN H. RYDER, JOHN E. SLOTA, ANNA SCARIM,AND STEPHEN K. FARRANDE. Genetic Analysis of Agrocin 84 production and Immunity in Agrobacterium spp. Journal. 1987 y.
4. Matthew,A.E; and Abhaya M.D. *Agrabacterium tumefaciens* as an agent of disease. TRENDS in Plant Science. 2003 y.
5. Historical account on gaining insights on the mechanism of crown gall tumorigenesis induced by Agrobacterium tumefaciens. REVIEW article. Microbiol 2014 y.
6. Alpine. Bio. The history of Agrobacterium. 2024 y.
7. Spiers A.G Isolation and characterisation of Agrobacterium species . New Zealand Journal of Agricultural Reasearch. 1979 y.
8. “ Serial Dilution Protocols,, - American society for Microbiology (ASM).
9. Seasonal fluctuations and longterm persistence of pathogenic populations of Agrobacterium spp. In soils. Journal Microbiol 2002 y .
10. PubMed.ncbi.nlm.nih.gov sayti.
11. Agrobacterium tumefaciens Enhances Biosynthesis of Two Distinct Auxins in the Formation of crown Galls. 2019 y.
12. Isolation and Characterization of Agrobacterium Strains From soil: A laboratory Capstone Experiense. Journal of Microbilogy. 2016 y.
13. Eshbekova. G. Juglans regia L. ning Agrobacterium tumrfaciens ga chidamli mahalliy formalarini tanlash va mikroklonal ko‘paytirish nomli dissertatsiya ishidan. 2025- yil.

ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ И ФАУНИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕВЕРА ВОСТОЧНОГО ЧАСТИ ОСУШЕННОГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ (АКПЕТКИНСКИЙ МАССИВ)

[1]Аймуратов Рапат Парахатович, [2]Буриев Салимжан Самеджанович
[2]Тулаев Журабек Абдурахим угли
[1]Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук, Каракалпакское отделение Академии наук Республики Узбекистан
[2] Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий

Аннотация. В статье исследован флористический и фаунистический состав осушенного дна Аральского моря на массиве Акпетки. По результатам исследования на изученной территории выявлено 31 вид высших растений, включая кустарники, полукустарники и многолетние травянистые растения. Фауна представлена 25 видами млекопитающих, 25 видами птиц и 9 видами пресмыкающихся.

Ключевые слова: осушенное дно Аральского моря; Акпеткинский массив; флористический состав; фаунистический состав; растительные сообщества; псаммофильные виды; галофиты; засоленные почвы; динамика растительности; млекопитающие; орнитофауна; рептилии; экологическая эволюция ландшафтов.

Аннотация. Мақолада Орол денгизининг қуриган туби Акпетки массивидаги флористик ва фаунистик таркиб тадқиқ этилган. Тадқиқот натижаларига кўра, ўрганилган ҳудудда дарахтлар, буталар, ярим буталар ва кўп йиллик ўтларнинг 31 тури аниқланди. Фаунанинг асосий қисмини 25 тур сут эмизувчилар, 25 тур қушлар ва 9 тур судралиб юрувчилар ташкил этади.

Калит сўзлар: Орол денгизининг қуриган туби; Акпеткин массиви; флористик таркиб; фаунистик таркиб; ўсимлик жамоалари; псаммофіл турлар; галофитлар; шўрланган тупроқлар; ўсимликлар динамикаси; сутемизувчилар; қушлар фаунаси; судралиб юрувчилар; ландшафтларнинг экологик эволюцияси.

Abstract. The article examines the floristic and faunistic composition of the dried bed of the Aral Sea in the Akpetki massif. According to the study results, 31 species of higher plants, including shrubs, subshrubs, and perennial herbaceous plants, were identified in the studied area. The fauna comprises 25 species of mammals, 25 species of birds, and 9 species of reptiles.

Keywords: desiccated Aral Sea bed; Akpetkin massif; floristic composition; faunistic composition; plant communities; psammophilous species; halophytes; saline soils; vegetation dynamics; mammals; avifauna; reptiles; ecological landscape evolution.

ВВЕДЕНИЕ

С прекращением стока Амударьи в Аралское море, с 1970 года общая площадь осушенного дна Аральского моря превысила 4 млн. гектаров. Наиболее чётко процессы современной эволюции ландшафтов - обсыхание, соленакопление, зарастание, снижение уровня грунтовых вод - проявляются на территории Акпеткинского массива. Ландшафты осушенного дна Арала были подробно описаны в ряде исследований.

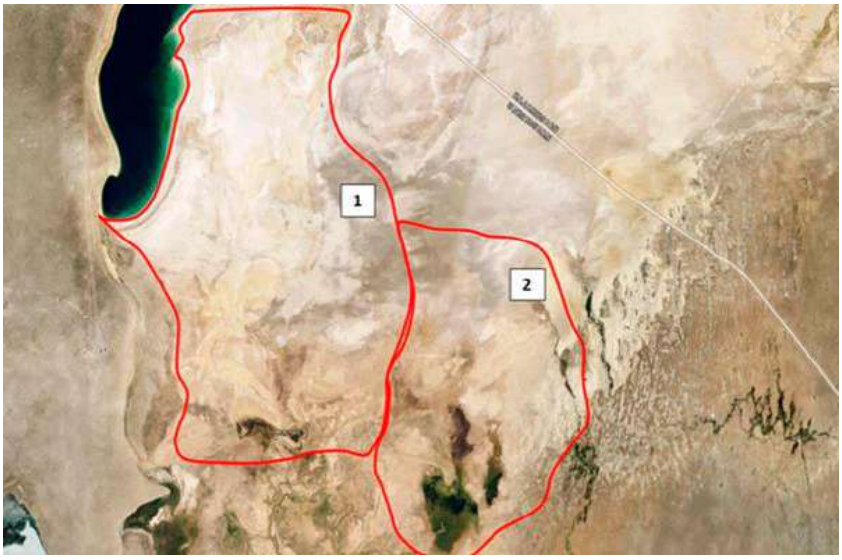


Рисунок 1. Места исследований.

Акпеткинский массив расположен между Северо-Западным Кызылкумом и Аралкумом, в приморском районе Кокдарьи (рисунок 1). Поверхность почвы покрыта густым ракушником. Почвы представлены корковыми и пухлыми солончаками, отличающимися высокой степенью засоления и такыровидной структурой. В водной вытяжке верхнего горизонта содержание ионов сульфата и хлорида достигает 14,0–16,0 мг/экв. Преобладают соли натрия (1,3–2,6%), кальция и магния. Уровень грунтовых вод располагается ниже глубины 3 метров.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выбор участка и картирование, изучение флоры и фауны. Определение видов растений, измерение их высоты, количества и состояния с использованием прямых замеров. Териофауна и орнитофауна исследованы путем визуальных наблюдений и учета, определено обилие и ландшафтное распределение видов. Анализ динамики: этапы формирования растительности и фауны исследованы с учетом исторических данных и полевых наблюдений [19, 20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Согласно данным [5], в первый год аридизации господствующим видом является солерос; на второй год появляется тамарикс. Продолжительность этой стадии составляет 4–5 лет. На 8–9 год однолетние растения полностью исчезают. Через 15–20 лет формируются черносаксаулово-астрагалово-климакоптеровые, тамарисково-тростниковые, жантаково-акбасовые сообщества. В настоящее время растительный покров представлен сведово-джингиловыми, однолетниково-джингиловыми, джингилово-тростниковыми, черносаксаулово-джингиловыми фитокоэнозами. Наблюдается смена растительности от солеросово-лебедовой к черносаксаулово-кустарниковой, что ведёт к формированию типичных пустынных сообществ.

Флористический состав включает 31 видов высших дикорастущих растений, среди них: кустарники - 3 вида, полукустарники - 3, многолетние травянистые растения - 24, деревья - 1 вид. Господствующими видами являются *Tamarix ramosissima*, *Tamarix hispida*, *Haloxylon aphyllum*, *Halostachys caspica*, *Climocoptera aralensis*, *Salicornia europaea*. Реже встречаются *Karelinia caspica*, *Phragmites australis*, *Salsola foliosa*, *Astragalus dendroides*.

Формирование растительного покрова севера восточного части осушенного дна Аральского моря изучено достаточно подробно [5]. На Акпеткинском массиве в первые 1–2 года после осушения формируется чистое солеросовое сообщество; затем появляются сведа и бассия. В течение последующих 4–5 лет изредка встречается *Tamarix pentandra*. В пониженных участках развиваются *Phragmites australis*, *Karelinia capsica*, позже — *Tamarix pentandra*, *Lycium ruthenicum*.

В настоящее время на полузакреплённых песках сформировались саксауловые леса с проективным покрытием 65–75%. С запада на восток после полосы саксаула располагается корково-солончаковый участок без растительности, а далее - пониженные территории с кустарниковыми тамарисковыми сообществами.

После осушения на Акпеткинском массиве развились тростниково-солеросовые сообщества (*Phragmites australis* + *Salicornia europaea*), затем - редкие тамарисковые сообщества с участием тростника (*Tamarix hispida* + *Phragmites australis*), солянково-псаммофильные сообщества и псаммофильные фитоценозы (*Haloxylon aphyllum* + *Tamarix pentandra*).

В настоящее время здесь сформировались закреплённые и полузакреплённые барханные пески с кустарниками и полукустарниками, между которыми расположены дюны. В перспективе возможно развитие чисто псаммофильных и галофильных типов растительности песчаных пустынь.

Почвы Акпеткинского массива представлены такыровидно-солончаковыми разновидностями (толщина солевой корки 0,3–1,2 см) с участием тамарикса, джузгуна и солянковых видов; закреплёнными и полузакреплёнными песками с саксаульными зарослями; участками с однолетними травянистыми растениями; суглинистыми, глинистыми и солеросово-сведовыми комплексами [14,18].

Растительный покров крайне разреженный: 75–95% территории остаётся без растительности. Флористический состав включает 31 вид высших растений (табл. 1).

Таблица 1

Флористический состав осушенного дна Аральского моря (Акпеткинский массив)

Виды	Высота растений, см	Обилие	Жизненность
Ephedra distachya	78	sol	уг
Calamagrostis dubia	70–150	sol	уг
Phragmites australis	120	sp	н
Aeluropus littoralis	20–30	sp	н
Eremopyrum orientale	5–15	cop	н
Atraphaxis spinosa	65–75	sol	н
Atriplex spinosa	50	sol	уг
Corispermum aralocaspicum	20	sol	н
Halostachys caspica	70–90	cop	н
Halocnemum strobilaceum	75–100	sol	н
Suaeda altissima	60	sp	н
Salsola dendroides	35–50	sol	н
Salsola nitraria	65	sol	н
Salsola foliosa	25	sp	н
Horaninovia ulicina	55	sol	н
Haloxylon aphyllum	235	cop	н
Malcolmia grandiflora	170	sol	н
Ammodendron conollyi	145–250	cop	н
Alhagi pseudoalhagi	90–100	sol	н
Peganum harmala	25–30	sp	н
Zygophyllum oxianum	25–80	sp	н
Nitraria sibirica	90–100	sol	н

Tamarix hispida	170	sol	н
Tamarix pentandra	145	sp	уг
Limonium otolepis	35–45	sol	уг
Convolvulus fruticosus	59–100	sol	н
Convolvulus erinaceus	35–75	sol	н
Heliotropium arguzioides	35–55	sol	н
Lappula spinocarpa	55	sp	н
Lycium ruthenicum	29–150	sol	н

Примечание: *sol – малочисленно, sp – небольшое количество, cop – обильно, уг – угнетённое состояние, н – нормальное состояние*

По характеру почвенно-растительного покрова изучаемого региона наблюдается формирование фаунистического комплекса, типичного для псаммофильных видов песчаных и гипсовых пустынь.

По данным [7,8], становление териофауны осушенной части Аральского моря происходит за счёт фаунистических комплексов млекопитающих Южного Приаралья, главным образом благодаря расселению типичных пустынных группировок и заселению новообразованных пустынных участков инкрозальными и эвритопными видами.

Согласно литературным источникам [9,13], на осушенной акватории Акпеткинского массива отмечено 16 видов грызунов, из которых лишь 3 являются многочисленными, 5 — обычными, остальные — редкими.

На осушенном дне в данный период зарегистрировано 11 видов мелких млекопитающих, включая: заяц-толай (Lepus tolai Pallas), гребенщиковая и полуденная песчанка (Meriones tamariscinus Pallas, Meriones meridianus Pallas), домовая мышь (Mus musculus L.). Из птиц встречаются: степной орёл (Aquila rapax Temminck), саксауловая сойка (Podoces panderi Fischer), жаворонок (Galerida cristata), ворона (Corvus corone L.). Из пресмыкающихся отмечены: степная черепаха (Testudo horsfieldii Gray), змея-стрела (Psammophis lineolatus), быстрая ящурка (Eremias velox), песчанная круглоголовка (Phrynocephalus interscapularis). Большинство перечисленных видов встречаются редко.

В последние годы на осушенной территории фиксируется 25 видов млекопитающих, среди них: 13 видов грызунов, 2 вида рукокрылых, 7 видов хищных, 1 вид копытных, 1 вид зайцеобразных.

После осушения первыми заселяют территорию малый тушканчик, тарбаганчик и домовая мышь. Через 15–20 лет появляются гребенщиковая, полуденная и большая песчанки, а затем - суслик и заяц-толай (табл. 2).

Таблица 2

Ландшафтное распределение млекопитающих (Акпеткинский массив)

Виды	**Восточная часть**	**Южная часть**	**Западная часть**
Hemiechinus auritus Gmelin	+	++	++
Pipistrellus pipistrellus Schreber	+	+	++
Eptesicus serotinus Schreber	–	+	+
Lepus tolai Pallas	+++	+++	+++
Spermophilopsis leptodactylus Lichtenstein	+	–	–
Sitellus (Colobotis) fulvus Lichtenstein	++	+	+
Allactaga (Allactaga) severtzovi Vinogradov	+	–	+
Allactaga (Allactaga) elater Lichtenstein	+++	+++	++
Allactaga (Allactaga) saltator Eversmann	–	–	+
Dipus sagitta Pallas	+++	+	++
Nesokia indica Gray	+	++	++
Mus musculus L.	+++	+++	+++

Cricetulus migratorius Pallas	+	+	+
Meriones tamariscinus Pallas	+++	+++	+++
Meriones meridianus Pallas	++	+++	+++
Rhombomys opimus Lichtenstein	+++	++	+++
Ellobius talpinus Pallas	++	++	++
Canis lupus L.	+	–	+
Canis aureus L.	++	+++	++
Vulpes vulpes L.	++	+	++
Vulpes corsac L.	++	+	++
Mustela nivalis L.	–	+	+
Mustela eversmanni Lesson	+	+	+
Felis chaus Guldenstaedt	+	+++	+
Sus scrofa	–	+	–

Примеч.: *+++ - многочисленно. ++ - обычно. + - редько. – - отсутствует.*

На осушенном дне нами описано 25 видов птиц. Основными фоновыми видами являются жаворонки, саксаульная сойка, пустынная каменка и др. (табл.3).

Таблица-3

Видовой состав и ландшафтное распространение птиц (Акпеткинский массив)

Научное название	**Восточная часть**	**Южная часть**	**Западная часть**	**Оседлые**	**Перелетные**	**Зимующие**	**категории**			**Статус**
							I	**II**	**III**	
Neophron percnopterus			+		+					
Gyps fulvus			+	+					+	UzRdB
Circaetus gallicus			+		+			+		UzRdB
Circus macrourus	+	+	+		+				+	UzRdB, LRdB
Charadrius alexandrinus		+			+					
Pterocles orientalis	+	+	+		+					
Syrrhaptes paradoxus			+			+				
Columba livia		+		+						
Cuculus canorus		+			+					
Apus apus		+			+					
Melanocorypha yeltoniensis	+	+	+		+					
Calandrella cinerea		+	+		+					
Eremophila alpestris	+	+	+		+					
Alauda arvensis			+							
Motacilla alba		+			+	+				
Phylloscopus collybita		+			+					
Oenanthe isabellina	+	+	+		+					
Oenanthe oenanthe					+					
Oenanthe deserti	+		+		+					
Hippolais rama		+			+					
Sylvia nana			+							
Podoces panderi	+	+	+	+						
Corvus monedula		+		+						
Corvus corone		+		+						

Corvus cornix		+			+					

Примечание: *Категории охраны: I — Виды, находящиеся под угрозой исчезновения, II — Уязвимые виды, III — Близкие к уязвимым видам, UzRdB — Красная книга Республики Узбекистан, LRdB — Международная Красная книга (IUCN Red List)*

В настоящее время на территории осушенного дна Аральского моря отмечено 9 видов пресмыкающихся. Основными обитателями региона являются такырная круглоголовка, быстрая ящурка, стрела-змея, а также степная агама, среднеазиатская черепаха, серый варан и др. (табл. 4).

Таблица- 4

Видовой состав и ландшафтное распределение пресмыкающихся (Акпеткинский массив)

Виды	Восточная часть	Южная часть	Западная часть
Testudo horsfieldi Gray	+	+	+
Teratoscincus scincus Schlegel	+	+	+
Agama sanguinolenta	+	+	+
Phrynocephalus helioscopus	–	–	+
Phrynocephalus interscapularis	+	–	–
Varanus griseus	+	–	–
Eremias velox	+	+	+
Psammophis lineolatus	+	+	+
Echis cf. rinatus	+	+	–

На осушенном дне моря продолжается смена растительного покрова, что сопровождается активным переселением животных из соседних территорий.

В последние годы на всей площади осушенного дна ведутся интенсивные геологоразведочные работы. В результате техногенного воздействия разрушается верхний тонкий (0,2–1,2 см) засоленный корковый слой почвы. Уже после прохождения одной автомашины или трактора верхняя корка полностью разрушается, оголяя сильно засолённый песчано-суглинистый горизонт. При слабом ветре на открытых участках в воздух поднимается солёная пыль, что приводит к формированию новых очагов солепылепереноса.

Следует подчеркнуть, что выполнение природоохранных требований должно находиться под строгим контролем сотрудников Национального комитета экологии и изменения климата Республики Узбекистан, поскольку геологоразведочные организации не всегда соблюдают экологические нормы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На осушенной акватории Аральского моря описаны 24 вида млекопитающих, из них 2 - рукокрылые, 13 - грызуны, 1 - копытные, 1 – зайцеобразные, 25 видов птиц и 9 видов пресмыкающихся.

Отмечается тенденция миграции и расселения животных из прилегающих районов. Охране подлежат следующие виды животных: млекопитающие: кабан, камышовый кот, ласка, жёлтый суслик; птицы: белоголовый сип, змееяд, степной лунь, саджа и рептилии: степная черепаха, сцинковый геккон.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдреймов Т. Экология птиц тугайных ландшафтов низовьев Амударьи: автореф. дис. канд. биол. наук. — Ташкент, 1971.
2. Ажимуратов Х. Материалы к экологии водоплавающих птиц низовьев Амударьи // Материалы VI Всесоюзной орнитологической конференции. Ч. 2. - М.: Изд-во МГУ, 1974.

3. Акжигитова Н.И. Галофитная растительность Средней Азии и её индикационные свойства. - 1982.
4. Аметов М. Птицы Каракалпакии и их охрана. - Нукус: Каракалпакстан, 1981.
5. Аметов М. Редкие и исчезающие виды животных Каракалпакстана. - Нукус: Билим, 2002.
6. Бахиев А.Б. Экология и смена растительных сообществ низовьев Амударьи. - Ташкент: Фан, 1985. — 192 с.
7. Бахиев А.Б. Растительные индикаторы засоления почв и грунтовых вод в дельте Амударьи. - Ташкент: Фан, 1979.
8. Бондаренко О.Н. Определитель высших растений Каракалпакии. - Ташкент, 1964.
9. Гранитов И.И. Растительный покров // Устюрт Каракалпакии: его природа и хозяйство. — Ташкент: АН РУз, 1949. - С. 72–145.
10. Ережепов С.Е. Флора Каракалпакии, её хозяйственная характеристика, использование и охрана. - Ташкент: Фан, 1978.
11. Жалгасбаев Ж. Изменение растительности юга Приаралья с зарегулированием стока Амударьи // Тезисы докладов Всесоюзной конференции по проблемам изучения, охраны и рационального использования водных ресурсов. - М., 1983**.**
12. Shodmurodov Khabibullo1, Adilov Bekzod1, Raximova Tashkhonum1, Raximova Nodira1, Vokhidov Yusuf 3Some Notes on the Key Botanical Territories of Usturt (Uzbekistan) and the Influence of Oil ands Gaz Industries on Them. American Jornal of Plants Sciences. 2017, 8, 2811-2824.
13. Аимбетов, Н. К. Тлеумуратова, Б. С. Аймуратов Р.П. Динамика и потенциал природной среди Каракалпакстана. Монография Нукус – «Илим» 2017.-стр. 78-93.
14. Орел М.М. Турманова О. Тлеуов А. Почвенные условия осушенного дна Аральского моря при проведении фитомелиоративных работ. Вестник ККО АН РУз. Нукус, 2019 №3. С.57-64.
15.Аймуратов Р.П. Каирбаев А.Ш· Разработка методов закрепления соле-пылепереноса северо-западной части осушенного дна Аральского моря путем посева засухо-солеустойчивых растений в целях обеспечении экологической безопасности Южного Приаралья”.//Вестник ККО АН РУз. Нукус, 2023. №2
16. Aymuratov Rapat[1], Abduraimov Ozodbek[2], Shomuradov Habibullo[2], Abduraimov Azizbek[3], Adilov Bekzod[2] Poisonous Plants of the Karakalpak Part of the Usturt Plateau (UZBEKISTAN). American Journal of Plants Siences. 2024, 15, 83-94. https: // www.scirp.org/ journal/aips ISSSN Online:2158-2750 ISSSN Print:2158-2742
17. Р. П. Аймуратов, С.М.Мамбетуллаева, И.И.Юсупов. Орол денгизининг шимолий ғарбий қисмидаги қумликларда чўлга мос бўлган галофит ўсимликлар экотизимини ташкил этиш истиқоллари. Development Of Science 2025 / 11 Issue 11. Volume 2.https://devos.uz/article.php?id=2432 Юсупов. И. И., Мамбетуллаева. С. М., Аймуратов. Р. П., Мамбетуллаева С. М. & Айтмуратов Р. П.
18. Jumanov , M., Isayev, R., Alimbetov, A., Aseminova, D., Tajetdinov, M., Ubaydullayeva, E., … Matmuratov, M. (2024). AQPETKEY ARXIPELAGI TUPROQ MAKROFAUNASI DOMINANT TURLARINING BIOEKOLOGIYASI. Actual Problems and Prospects of the Study of the Fauna, 1(01). Retrieved from https://ojs.qarshidu.uz/index.php/mt/article/view/821
19. Мардонова Л., Хуррамов Ф. (2021 г) «Методическое Руководство по ведению государственного учета и мониторинга объектов животного и растительного мира Республики Узбекистан».
20. Мардонова Л., Хуррамов Ф. (2021 г) «Определитель основных видов диких животных, обитающых на охраняемых природных территориях Республики Узбекистан».

OZIQ – OVQAT XAVFSIZLIGINI TA’MINLASHNING PARADIGMASI

Akbarov Azizbek Abdusattarovich
Oliy Majlis Qonunchilik palatasi deputati, Ekologik partiya fraksiyasi a’zosi.

Annotatsiya. Ushbu maqolada oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda genetik modifikatsiyalangan organizmlar (GMO) texnologiyalarining ahamiyati, shuningdek, ulardan foydalanish orqali qishloq xo‘jaligida hosildorlikni oshirish va iqlim o‘zgarishiga moslashish imkoniyatlari tahlil qilingan. GMO texnologiyalarining ekologik, biologik hamda ma’naviy jihatlari ko‘rib chiqilib, ularning inson salomatligi, tabiiy muhit va biologik xilma-xillikka ta’siri baholangan. Shuningdek, O‘zbekistonda bioxavfsizlikni ta’minlash, GMOni tartibga solish va monitoring qilish bo‘yicha amalga oshirilayotgan tashkiliy-huquqiy choralar yoritilgan.

Kalit so‘zlar: oziq-ovqat xavfsizligi, GMO, gen muhandisligi, qishloq xo‘jaligi, atrof-muhit, biologik xilma-xillik.

Аннотация. В данной статье проанализирована значимость технологий генетически модифицированных организмов (ГМО) в обеспечении продовольственной безопасности, а также возможности их применения для повышения урожайности сельского хозяйства и адаптации к изменениям климата. Рассмотрены экологические, биологические и этические аспекты ГМО-технологий, оценено их влияние на здоровье человека, природную среду и биологическое разнообразие. Кроме того, освещены организационно-правовые меры, реализуемые в Узбекистане по обеспечению биобезопасности, регулированию использования ГМО и осуществлению мониторинга.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, ГМО, генная инженерия, сельское хозяйство, окружающая среда, биологическое разнообразие.

Abstract. This article analyzes the significance of genetically modified organisms (GMOs) in ensuring food security, as well as the potential of their application to increase agricultural productivity and enhance resilience to climate change. The ecological, biological, and ethical dimensions of GMO technologies are examined, and their impacts on human health, the natural environment, and biological diversity are assessed. In addition, the article highlights the organizational and legal measures being implemented in Uzbekistan to ensure biosafety, regulate the use of GMOs, and conduct effective monitoring.

Keywords: food security, GMOs, genetic engineering, agriculture, environment, biodiversity.

KIRISH

Hozirgi kunda global miqyosda oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash masalasi jahon hamjamiyati oldida eng dolzarb muammolardan biriga aylangan. Iqlim o‘zgarishi, aholi sonining ortishi, sug‘oriladigan yerlarning qisqarishi va su resurslarining cheklanganligi qishloq xo‘jaligida samarali va barqaror usullarni joriy etishni taqozo etmoqda. Shu nuqtai nazardan, genetik modifikatsiyalangan organizmlar (GMO)dan foydalanish zamonaviy biotexnologiyaning muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida ko‘rilmoqda.

Mazkur maqolada GMO texnologiyalarining qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati, uning afzalliklari va ehtimoliy xavflari, shuningdek, O‘zbekistonda bioxavfsizlikni ta’minlash sohasida amalga oshirilayotgan ishlar tahlil qilinadi.

GMO — bu **GENETIK MODIFIKATSIYALANGAN ORGANIZM,** bu organizmlarning (o‘simliklar, hayvonlar yoki mikroorganizmlar) genlari laboratoriya sharoitida inson tomonidan o‘zgartirilgan bo‘ladi.

GMO qanday yaratiladi – Gen muhnadisligi orqali bir oganizmdan olingan gen (masalan, zararli hasharotlarga chidamlilik genini) boshqa organizmga qo‘shiladi.

Masalan:

geni o‘zgartirilgan paxta – hasharotlarga chidamli qilib yaratiladi;

geni o‘zgartirilgan dukkakli o‘simliklar – suvsizlikka chidamli o‘sadigan qilib o‘zgartiriladi;

geni o‘zgartirilgan pomidor – uzoq muddat saqlanish qobiliyatiga ega bo‘ladi.

GMO – gen muhandsiligi yordamida organizmga yangi xossalar (alohida gerbisidlarga, zararkunandalarga, kasalliklarga, iqlim o‘zgarishlariga, hosildorlik, kaloriyalik) va sifatlar (rangi, tarkibi, saqlash muddatlari davomiyligi, yetilish muddatlari va boshqalar) berish uchun genotipi o‘zgartirilgan o‘simlik yoki hayvonot organizmidir.

GMOning afzalliklari tomonilari o‘simlikning hasharotlar va kasalliklarga chidamli bo‘lishi, qiyin iqlim sharoitlariga moslashishi hamda hosildorlikni oshiradi.

Ma’lumki, oziq – ovqat mahsulotining sifati va havfsizligini ta’minlash tizimini takomillashtirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishilaridan biridir. So‘ngi yillarda O‘zbekistonda amalga oshirlayotgan islohotlar qishloq xo‘jaligini tubdan diversifikatsiya qilish va aholini asosiy oziq-ovqat mahsulotlari bilan to‘liq ta’minlash, ularni katta miqdorda eksport qilish imkoniyatini beradi.

Bu borada ko‘rilgan chora-tadbirlar tufayli qishloq xo‘jaligida oziq-ovqat ekinlari ekish qo‘llab-quvvatlanishi natijasida yurtimizning ko‘plab hududlari qisqa fursatda jahon bozorida xaridorgir bo‘lgan meva va sabzavot yetishtirib eksport qila oladigan hududlarga aylandi.

Aholining sifatli oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta’minlash uchun ularning mazkur yo‘nalishdagi bir qator konstitutsiyaviy huquqlari, jumladan, iste’molchi huquqlari ustuvorligini ta’minlashning, ya’ni tashkiliy, ijtimoiy, iqtisodiy va xuquqiy shartlari yaratildi.

Oliy Majlis Qonunchilik palatasi tomonidan ma’qullangan “O‘zbekiston Respublikasining biologik xilma-xillik haqidagi Konvensiyaning bioxavfsizlik bo‘yicha Kartaxen protokoliga qo‘shilishi to‘g‘risida (Monreal, 2019 yil 29 yanvar)”gi qonun loyihasi hamda ushbu qonun loyihasini yurtimizda ijrosini ta’minlash maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Biologik xilma-xillik haqidagi Konvensiyaning bioxavfsizlik bo‘yicha Kartaxen protokoli qoidalarini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 2020 yil 11 may kungi 275 – sonli qarori ushbu yo‘nalishidagi qadamlardan biri bo‘ldi desak mubolag‘a bo‘lmaydi.

Kartaxen protokolining asosiy maqsadi mazkur bayonnoma tomonlarga atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin bo‘lgan geni modifikatsiyalangan organizmlar (GMO)larni xavfsiz topshirish, qayta ishlash, ulardan foydalanish va import-eksport sohasida himoyani ta’minlashda asosiy xalqaro hujjat bo‘lib xizmat qiladi.

GMOning atrof - muhit va inson salomatligiga zararli ta’sirini baholash uchun BMT (Birlashgan Millatlar Tashkiloti) yordamida ishlab chiqilgan Biologik xilma-xillik to‘g‘risdagi Konvensiya va Bioxavfsizlik bo‘yicha Kartaxen protokoliga 2025 yil xolatiga dunyoning 173 ta davlat hamda xalqaro tashkilot sifatida Yevropa Ittifoqi (YeI) qo‘shilgan.

Genetik modifikatsiyalangan organizmlardan foydalanish foydalanish biz uchun foydalimi yo zararli? Mutaxassislar o‘rtasida hozirgi kunga qadar ushbu sohada qarashlar turli-tuman bo‘lib hozirga qadar foydali tomonlari ko‘proq natijasini ko‘rsatayotgan bo‘lsa zararli tomonlarini ham o‘rganish ishlari olib borilmoqda.

Hozirgi kunda dunyoda eng ko‘p yetishtirilayotgan GMO mahsulotlari quyidagicha ko‘rsatkichlarga ega;

2024 yil dunyo qishloq xo‘jaligi ma’lumotlarini taxlil qiladigan bo‘lsak soya - 98,9 mln.gektarda yetishtirilgan bo‘lsa ushbu maydonning 48,9%da, g‘o‘za – 66,2 mln.gektarning

32,7%da, makkajo‘xori – 25,4 mln.gektarning 12,6%da, lavlagi – 2 mln.gektarning 1 foizi GMO mahsulotlar hissasiga to‘g‘ri kelmoqda **(1).**

GMO mahsulotlarini ishlab chiqarishda dunyoning bir qator mamlakatlari tomonidan taqiqlar qo‘yilgan. Buning asosiy sabablari qilib GMO mahsulotlar inson sog‘lig‘i, mahalliy qishloq xo‘jaligiga xavf solishi, ekotizimga ta’siri, tabiiy biologik xilma-xillikning kamayishi bo‘yicha tahdidlar borligi uchun ushbu mahsulotlarni ba’zi davlatlarga olib kirish yoki ishlab chiqarishga taqiqlar qo‘yilgan.

GMO mahsulotlarini foydali tomonlariga to‘xtaladigan bo‘lsak, 2024 yilda dunyoda 209.8 million gektar maydonga genetik modifikatsiyalangan (GMO) o‘simliklar yetishtirilgan. Bu 2023 yilga nisbatan 1.9% o‘sishni ko‘rsatadi (1).

Hozirgi kunda genetik modifikatsiyalangan (GMO) o‘simliklardan foydalanish dunyo bo‘ylab qishloq xo‘jaligida muhim iqtisodiy foyda keltirmoqda. 2020 yilda GMO texnologiyasidan foydalangan fermerlar $18.8 milliard qo‘shimcha daromad olgan, bu umumiy hosilning 5.9% oshishini anglatadi. 1996–2020 yillarda GMO texnologiyasidan foydalanish natijasida umumiy $261.3 milliard qo‘shimcha fermer daromadi kelib chiqqan. O‘rtacha hisobda, har bir gektar uchun $112 qo‘shimcha daromad olingan. Tarmoq bo‘yicha, 72% foyda hosildorlikning oshishi va 28% xarajatlarning kamayishi orqali kelgan **(1).**

Ma’lumotlarga qaraganda qishloq xo‘jaligiga GMO mahsulotlari kirib kelishi natijasida 1996–2018 yillar oralig‘ida GMO ekinlar ishlatilishi tufayli 776 mln.kg kamroq pestisid ishlatilgan va 8.6% umumiy kamayish deganidir. Bu esa o‘z navbatida atrof-muhitga ijobiy ta’sir ko‘rsatib karbonat angidrid gazlari atmosferaga chiqishi 27,1 mln.tonnaga kamayishiga erishilgan **(1).**

Har bir ixtironing foydali tomonlari bilan bir qatorda albatta salbiy tomonlari ham aniqlanishi mumkin.

GMO mahsulotlarini ishlab chiqarish biologik xilma-xillikning kamayishiga olib kelishi mumkin. GMO ekinlar bir xil genetik tuzilishiga ega bo‘lgani sababli, turli xil o‘simliklar va hayvonlar turlari pasayadi. Bu esa tabiiy ekotizimda muvozanat buzilishiga olib keladi. Masalan, noan’anaviy urug‘lar yo‘qolib ketishi mumkin. GMO o‘simliklar gerbisid va zararkunandalarga chidamli qilib yaratiladi. Lekin bu evolyusion bosqichda xar qanday choralarga chidamli begona o‘tlar yoki “super hasharotlar”ning paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Bu esa fermerlarni yanada kuchli kimyoviy moddalar ishlatishga majbur qiladi – bu esa muhitni yanada zaharlaydi. Gyenetik ifloslanish GMO ekinlarning geni tabiiy o‘simliklar bilan to‘qnashib, ularning genetik strukturasini o‘zgartirishi mumkin. Bu borada “genetik ifloslanish” deb ataladigan xavf bor **(1,6).**

Inson salomatligi uchun ehtimoliy xavflarga kelsak, GMO mahsulotlar yangi oqsillarni (proteinlarni) sintez qilishi mumkin. Bu oqsillar organizmda allergik reaksiya keltirib chiqarishi ehtimoli bor. Masalan, brazil yong‘og‘i geni soyaga o‘tkazilganda, unga allergiyasi bor insonlarda jiddiy ta’sir kuzatilgan. Keyin bu mahsulot bozordan olib tashlangan. Ayrim GMOlar yaratilishida antibiotik marker genlaridan foydalaniladi. Bu genlar inson organizmida yoki ichakdagi bakteriyalar orqali antibiotiklarga qarshilik paydo qilish xavfini oshiradi. Natijada ba’zi antibiotiklar kelajakda samarasiz bo‘lib qolishi mumkin (bu global tibbiy xavf hisoblanadi). GMO mahsulotlarning o‘n yillar davomida inson organizmiga qanday ta’sir qilishi to‘liq o‘rganilmagan. Ba’zi tadqiqotlarda reproduktiv funksiyaga, immun tizimiga yoki hujayra strukturasiga salbiy ta’sir ehtimollari qayd etilgan, lekin bugungacha qat’iy dalillar mavjud emas **(2,4,6).**

Iqtisodiy va ijtimoiy xavflar taxlil qiliniganda fermerlar mustaqilligining yo‘qolishi ya’ni GMO urug‘lar, odatda, yirik transmilliy korporatsiyalar (masalan, Monsanto) tomonidan patentlangan bo‘ladi. Fermerlar har yili urug‘ni qayta xarid qilishiga majbur bo‘ladi. Bu iqtisodiy qaramlikka olib keladi. G‘arb mamlakatlarida bu masala ko‘plab noroziliklarga va sud ishlariga sabab bo‘lgan.

Ayrim mamlakatlarda odamlar GMOga diniy, madaniy yoki etnik sabablarga ko‘ra qarshi chiqishadi. Masalan, hayvon geni olib o‘tilgan o‘simlikni vegetarianlar, musulmonlar yoki yahudiylar iste’mol qilmasligi mumkin, agar u mahsulot to‘g‘ri markirovka qilinmagan bo‘lsa.

Ushbu sohani rivojlantirish va xavflarni taxlil qilishda yurtimizda ham bir qator ishlar amalga oshirilmoqda. 2023–2024 yillarda O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti farmonlari doirasida barcha GMO turlari bo‘yicha milliy reyestr yaratish va uning elektron tizimini ishga tushirish vazifalari belgilandi. Bu elektron platforma — “e-urug” — urug‘larning sertifikatlanishi va ularning xavfsizligini ta’minlash uchun asosiy dastak bo‘ladi. GMO mahsulotlarning xavfsizligini oshirish maqsadida GMOlarning ilmiy ekspertizasi yo‘lga qo‘yiladi va bu GMOlar mavjud genofondga kiritiladi, xavf monitoringida foydalaniladi. Biotexnologiya va genofondni rivojlantirish bo‘yicha 2020 yilda qabul qilingan Prezident qarori asosida biotexnologiya va bioxavfsizlikni rivojlantirish uchun Genomics and Bioinformatics Center markazi tashkil qilindi. Mazkur markaz yangi texnologiyalarni ilg‘or ravishda joriy etish uchun asos sifatida xizmat qilmoqda. Mahalliy iqlim sharoitlariga moslashtirilgan, qurg‘oqchilik va tuzlanishga chidamli yangi biotexnologik navlar maydonini 200 gektarga yetkazish, yanada ko‘proq hosil uchun 2026 yilda 4 000 gektargacha miqdorda urug‘lar tayyorlanishi rejalashtirilmoqda.

Jumladan, “Matonat-1/2”, “Bardosh”, “Porloq-4/7”, “BARKAMOL”, “BISYOR” kabi g‘o‘za, bug‘doy hamda kartoshkaning mahalliy navlar ilgari qilingan tadqiqotlar asosida rivojlantirilmoqda va ekin maydonlarda sinovdan o‘tkazilishi rejalashtirilgan **(1,7).**

Ishlab chiqarilayotgan, olib kirilayotgan mahsulotlar tarkibida GMO bor yoki yo‘qligini aniqlash maqsadida davlatimiz tomonidan milliy bioxavfsizlik markazi va laboratoriyalari biotexnologiya va bioxavfsizlik sohasini rivojlantirish maqsadida Milliy Biotexnologiya Markazi tashkil etilgan. Unda GMO mahsulotlarning genetik tahlili va aniqlanishi bo‘yicha zamonaviy usullar qo‘llaniladi. Bu markazning laboratoriyalari xalqaro standartlarga muvofiq akkreditatsiyadan o‘tkazilgan va PCR (Polymerase Chain Reaction), ELISA kabi yuqori texnologiyali test usullari bilan jihozlangan. Hozirda asosiy laboratoriyalar Toshkent shahrida joylashgan bo‘lib, ular bilan birga Samarqand, Qashqadaryo va Farg‘ona viloyatlarida ham yuqori malakali texnikalar bilan ta’minlangan laboratoriyalar ishlayapti. Bu laboratoriyalarda fermerlar va ishlab chiqaruvchilardan kelgan namunalar to‘liq tekshiriladi, GMO bor-yoqligi aniqlanadi. Ushbu xizmatlar kelgusida fermerlar va ishlab chiqaruvchilar uchun GMO mahsulotlarni sertifikatlash va nazorat qilish, hamda import-eksport operatsiyalari uchun GMO monitoringi talab qilinadiganida, ushbu laboratoriyalar testlarni tez va aniq bajaralishini ta’minlaydi **(7).**

Bugungi kunda iqlim o‘zgarishi va suv tanqisligi O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi uchun eng dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Haroratning ortishi, yog‘ingarchilikning noteng taqsimlanishi, tuproq sho‘rlanishining kuchayishi va suv manbalarining kamayishi hosildorlikka jiddiy tahdid solmoqda. Ushbu muammolar fonida genetik injeneriya texnologiyalari zamonaviy va ilmiy asoslangan yechim sifatida ilgari surilmoqda.

Genetik muxandislik — O‘zbekistonning qishloq xo‘jaligida suv tanqisligi va iqlim o‘zgarishi sharoitida samaradorlikni saqlab qolish hamda rivojlantirish uchun kuchli ilmiy vositadir. Ammo bu texnologiyani joriy etish ehtiyotkorlik, ilmiy yondashuv va keng jamoatchilik bilan muloqotni talab qiladi. Mamlakatimiz hududining katta qismi quruqchilik sharoitida joylashgan bo‘lib, an’anaviy sug‘orish tizimlari mavjud suv resurslarini tejash imkonini bermaydi. Genetik injeneriya yordamida suvni kam talab qiluvchi genetik navlar (masalan, chuqur ildizli bug‘doy, kam suv bilan fotosintezni davom ettira oluvchi makkajo‘xori) yaratilmoqda. Transgen o‘simliklar suvni tejab sarflab, kam hosildorlik muammosining oldini oladi. Harorat o‘zgarishi va noan’anaviy ob-havo sharoitiga chidamli o‘simliklar yaratish orqali qishloq xo‘jaligi barqarorligini ta’minlash, haddan tashqari issiqqa bardoshli paxta navlari, qisqa vegetatsiya davriga ega, tez pishadigan ekinlar, biologik zarakunandalarga chidamli navlar yaratilib,

pestisidlarga ehtiyoj kamayishi natijasida atrof-muhit va inson salomatligi uchun turli xildagi xavflar kamayishiga erishiladi. Asosiy foydalaridan biri bu yurtimizda mahalliy oziq-ovqat ehtiyojlarini qoplash imkonini beradi **(6,7).**

Xulosa qilib aytganda Genetik modifikatsiyalangan organizmlar qishloq xo‘jaligida hosildorlikni oshirish, iqlim o‘zgarishiga moslashish, va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Ammo, bu texnologiyaning uzoq muddatli ta’sirlari va xavfsizligini ta’minlash uchun qat’iy nazorat va ilmiy yondashuv talab etiladi. O‘zbekistonda bu sohada muayyan yutuqlarga erishilgan bo‘lsa-da, hali to‘liq shakllangan tizim yo‘q. Shuning uchun har tomonlama yondashuv, to‘g‘ri qonunchilik, ilmiy asoslangan qarorlar va jamoatchilikning xabardorligi muhim hisoblanadi.

XULOSA

GMO mahsulotlar to‘g‘risida faqatgina “foyda” yoki “zarar” degan ikki qarash o‘rniga, dalillarga asoslangan, ehtiyotkor, ilmiy yondashuv talab etiladi. Ayniqsa, Osiyo mamlakatlari, jumladan O‘zbekiston, hali to‘liq shakllanmagan biotexnologiya va nazorat tizimi tufayli GMOdan foydalanishda axborot shaffofligi va xavfsizlik choralarini kuchaytirish juda muhim.

O‘zbekiston GMO va biotexnologiya sohalarini standartlar va raqobatga oqilona joriy etish yo‘lida aniq yo‘nalishlarga ega. Keyingi bosqichlar:

birinchidan – mahalliy fermerlar uchun kengaytirilgan malaka oshirish tadbirlari;

ikkinichdan – shaffof GMO auditlari va to‘liq monitoring tizimi joriy etish;

uchinchidan – eksport sifatini yaxshilash – GMO bo‘lmagan va biotexnologik mahsulotlar uchun sertifikat tizimini rivojlantirish;

to‘rtinchidan – xalqaro sinov maydonlarini (field trials) tashkil etish — tarkibi to‘liq nazorat qilingan maydonlarda CRISPR orqali yaratilgan navlarni o‘stirish va nazorat qilish.

GMO mahsulotlarining qishloq xo‘jaligidagi qo‘llanilishi samaradorligini oshirishi mumkin, lekin biologiya va muhit xavfsizligi masalalari ahamiyatli. Biroq, biologik xavfsizlik, inson salomatligi va muhit muhofazasiga oid masalalar hali ham dolzarb.

“GMO texnologiyasi — bu shunchaki imkoniyat emas, balki javobgarlik hamdir. Ijobiy samara bilan bir qatorda xavf-xatarni ham nazardan soqit qilmaslik kerak.”

ADABIYOTLAR

1. Xalqaro ekologiya fanlari va hayot xavfsizligi akademiyasining akademigi, “Turon” Fanlar akademiyasi a’zosi, t.f.d., professor B.B.Alixanovning ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va iqlim o‘zgarishiga moslashish masalalari bo‘yicha ilmiy ishlanmalar va maqolalar, publisistik materiallar, ma’ruza va uslubiy qo‘llanmalari (2010-2024 y.y.) to‘plami.

2. “Fundamental va klinik tibbiyot axborotnomasi, 2023 №6”, Teshayev Sh.J. , Xasanova D.A. “Taloq va uning genetik modifikatsiyalangan mahsulot ta’siri ostidagi o‘zgarish”

3. Environmental Health Perspectives — “Emerging Risks of Genetically Modified Foods”, Applied Sciences – “Myths and Realities about Genetically Modified Food: A Risk-Benefit Analysis”. (Internet ma’lumotlari)

4. “Biotexnologiya rivoji: gen muhandisligidan dorivor o‘simliklar materialigacha” Genomika va bioinformatika markazi direktori Z. Bo‘riyev 15 noyabr 2023 yil.

5. “Adoption record: GM crops reached 210 mln ha in 2024” – SuperAgronom / ChileBio, “Total GM Crop Areas Increased in 2024” – AgbioInvestor (GM Monitor), Journal of Integrative Agriculture — “Global area planted with GM crops”. (Internet ma’lumotlari)

6. https://yuz.uz/uz/news/ R. Madiyeva, “Biotexnologik o‘simlik navlari xalq salomatligi va iqtisodiy barqarorlik kafolati”. “Qurg‘oqchilik, sho‘rlanish va kasalliklarga chidamli g‘o‘za navlari nmoyish etildi”.

ДЕГРАДАЦИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Мохира КУРАМБАЕВА, Журабек ТУЛАЕВ
Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий

Annotatsiya. Ushbu maqolada Markaziy Osiyoda iqlim o'zgarishi va tabiiy resurslardan barqaror foydalanmaslik natijasida yuzaga kelgan bioxilma-xillikning buzilishi ko'rib chiqiladi. Unda turlarning yo'qolishi va ekotizimlarning buzilishining asosiy sabablari va oqibatlari, shuningdek, bu jarayonlarning atrof-muhit va milliy xavfsizlikka ta'siri tahlil qilinadi. Barqaror resurslarni boshqarish, iqlim o'zgarishiga moslashish va ekologik siyosatni milliy xavfsizlik strategiyalariga integratsiya qilish choralari taklif etiladi.

Markaziy Osiyo yuqori darajadagi endemizm va zaif ekotizimlarga ega mintaqadir. U keskin kontinental iqlim va xilma-xil landshaftlarda rivojlangan noyob biologik xilma-xillikka ega. Biroq, antropogen bosim, iqlim o'zgarishi va tabiiy ekotizimlarning buzilishi o'simlik va hayvonot dunyosining tez pasayishiga olib kelmoqda. Maqolada biologik xilma-xillikka asosiy tahdidlar, mavjud tabiatni muhofaza qilish mexanizmlari ko'rib chiqiladi va transchegaraviy muhofaza qilinadigan hududlarni yaratish, yashil texnologiyalarni joriy etish va ekologik ta'limni rivojlantirish kabi istiqbolli yechimlar taklif etiladi. Bioxilma-xillikni saqlashga taklif qilingan yondashuvlar transchegaraviy muhofaza qilinadigan hududlarni yaratish, yo'qolib ketish xavfi ostida turgan turlarni qayta tiklash, raqamli monitoring, ekologik ta'limni rivojlantirish, barqaror tabiatni boshqarish va moliyalashtirish mexanizmini o'z ichiga oladi.

Kalit so'zlar: Markaziy Osiyo biologik xilma-xilligi, degradatsiya, iqlim o'zgarishi, ekotizim resurslari, tabiatni muhofaza qilish, barqaror rivojlanish, endemizm, transchegaraviy muhofaza qilinadigan hududlar, qayta introduksiya, monitoring.

Abstract. This article examines biodiversity degradation in Central Asia caused by climate change and unsustainable use of natural resources. It analyzes the main causes and consequences of species loss and ecosystem degradation, as well as the impact of these processes on environmental and national security. Measures for sustainable resource management, adaptation to climate change, and the integration of environmental policies into national security strategies are proposed.

Central Asia is a region with a high degree of endemism and vulnerable ecosystems. It boasts unique biodiversity, developed in a sharply continental climate and diverse landscapes. However, anthropogenic pressure, climate change, and the degradation of natural ecosystems are leading to a rapid decline in flora and fauna. The article examines key threats to biodiversity, existing conservation mechanisms, and proposes promising solutions, including the creation of transboundary protected areas, the introduction of green technologies, and the development of environmental education. Proposed approaches to biodiversity conservation include the creation of transboundary protected areas, reintroduction of endangered species, digital monitoring, development of environmental education, sustainable nature management, and a financing mechanism.

Keywords: Central Asian biodiversity, degradation, climate change, ecosystem resources, nature conservation, sustainable development, endemism, transboundary protected areas, reintroduction, monitoring.

Аннотация. В статье рассматривается деградация биоразнообразия в Центральной Азии, вызванная изменением климата и нерациональным использованием природных ресурсов. Анализируются основные причины и последствия утраты биологических видов и деградации

экосистем, а также влияние этих процессов на экологическую и национальную безопасность. Предлагаются меры по устойчивому управлению ресурсами, адаптации к климатическим изменениям и интеграции экологической политики в национальные стратегии безопасности.

Центральная Азия — регион с высокой степенью эндемизма, уязвимыми экосистемами и обладает уникальным биоразнообразием, формировавшимся в условиях резко континентального климата и разнообразия ландшафтов. Однако антропогенное давление, изменение климата и деградация природных экосистем ведут к стремительному сокращению флоры и фауны. В статье рассматриваются ключевые угрозы биоразнообразию, существующие охранные механизмы, а также предлагаются перспективные решения, включая создание трансграничных охраняемых территорий, внедрение зеленых технологий и развитие экологического образования. Предложены подходы к сохранению биоразнообразия: создание трансграничных охраняемых территорий, ре-интродукция исчезающих видов, цифровой мониторинг, развитие эко-просвещения, устойчивого природопользования и механизм финансирования.

Ключевые слова: Биоразнообразие ЦА, деградация, изменение климата, эко-системные ресурсы, охрана природы, устойчивое развитие, эндемизм, трансграничные охраняемые территории, ре-интродукция, мониторинг.

ВВЕДЕНИЕ

Центральная Азия (Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан) — регион множественных климатических зон и биомов: от высокогорий Тянь-Шань и Памира до пустынь (Кызылкум, Каракум) и речных долин Амударьи и Сырдарьи. Несмотря на суровый климат, регион содержит значительное биоразнообразие, особенно флоры, с большим количеством эндемичных таксонов. По оценкам, в Узбекистане известно около **27 000 видов** живых организмов, из них ~11 000 видов растений, ~15 600 видов животных, (biofin.org). В отношении сосудистых растений, в Центральной Азии зафиксировано для Узбекистана около **4 222 вида**, из которых ~301 эндемичный вид, (MDPI). Однако этот богатый биологический фонд находится под угрозой из-за ускоренного изменения климата и интенсивного нерационального использования природных ресурсов. Эти процессы ведут к деградации экосистем, снижению численности видов, что в конечном итоге влияет на экологическую устойчивость региона и его национальную безопасность.

В этой статье мы рассмотрим конкретные проблемы для редких видов флоры и фауны ЦА, проанализируем причины деградации, и предложим практические меры защиты и восстановления.

Проблемы деградации биоразнообразия в Центральной Азии

Изменение климата проявляется в росте температуры, изменении режима осадков и увеличении частоты экстремальных погодных явлений. В Центральной Азии наблюдается:

- Усыхание и сокращение ледников в горах, что приводит к уменьшению речных стоков и снижению доступности водных ресурсов.
- Усиление засушливости и деградация почв, что влияет на растительность и приводит к опустыниванию территорий.
- Нарушение миграционных путей животных и смещение ареалов видов, что снижает биологическое разнообразие.

Основными формами нерационального природопользования являются:

- Интенсивное и неконтролируемое выпас скота, приводящий к деградации пастбищ и разрушению растительного покрова.
- Увеличение сельскохозяйственного освоения земель без применения арго-технологий, способствующих сохранению почв и биоразнообразия.

• Чрезмерное водозаборство и регулирование речных систем для ирригации, что снижает водные экосистемы и способствует гибели водных и прибрежных видов.

• Браконьерство и незаконный сбор растений и животных, что ведет к сокращению редких и исчезающих видов.

Последствия для экологической и национальной безопасности

Утрата биоразнообразия и деградация экосистем:

• Снижают устойчивость природных систем к климатическим стрессам.

• Уменьшают возможности для обеспечения продовольственной безопасности через потерю генетического ресурса.

• Ведут к социально-экономическим проблемам — ухудшению качества жизни, миграции населения, конфликтам за ресурсы.

• Увеличивают риски природных катастроф (наводнения, засухи, опустынивание).

Специфические проблемы (вызовы) для флоры и фауны региона

Угроза исчезновения и сокращение ареалов у фауны

1. **Снежный барс (Panthera uncia)** Этот вид считается индикатором здоровья горных экосистем. Сокращение ареала, фрагментация, конфликты с пастухами и браконьерство — основные угрозы для барсов.

2. **Джейран (Gazella subgutturosa)** Давление охоты, потеря и фрагментация степных местообитаний, конкуренция с домашними копытными — ключевые факторы снижения численности.

3. **Краснозобая казарка (Branta ruficollis)** Этот мигрирующий водоплавающий вид зависит от водно-болотных угодий. Сокращение и деградация таких территорий, изменение гидрологии рек и строительство плотин приводит к утрате мест гнездования.

4. **Бухарский олень (Bukhara deer, Cervus elaphus bactrianus)** Зависит от пойменных лесов и заливных лесных полос (тугаи). Резкое сокращение этих лесов из-за хозяйственной деятельности угрожает выживанию этого подвида.

5. **Малые и редкие виды амфибий и рептилий** Например, **Turkestanian salamander** (Hynobius turkestanicus) известен лишь по единичным находкам и возможно уже вымер. Среди рептилий много эндемичных видов, которые особенно чувствительны к изменениям среды и микроклимату.

6. **Пики (напр. Turkestan red pika, Ochotona rutila)** Хотя этот вид не критически уязвим по IUCN, локальные популяции могут страдать от изменения температур, уменьшения связности местообитаний и ограниченной репродуктивной способности.

Проблемы флоры:

редкие виды, исчезающие лесные сообщества и дикорастущие родственники культурных растений

1. **Эндемичные растения и реликтовые виды** В флоре Узбекистана ~8 % видов сосудистых растений являются эндемичными. Реликтовые виды (например, туранская берёза, различные эндемичные кустарники и лекарственные растения) особенно уязвимы из-за медленного роста, узких экологических ниш и низкой способностью к миграции.

2. **Дикорастущие родственники культурных растений (Wild Relatives of Cultivated Plants, WRCP)** Они играют важную роль в генетическом резерве для сельского хозяйства. В Узбекистане зарегистрировано 202 вида дикорастущих родственников культурных растений (в 24 семьях). Эти виды подвергаются давлению из-за изменения землепользования, агрохимического загрязнения, разрыва популяций.

3. **Уничтожение пойменных лесов (тугаев), прибрежных растительных сообществ** Особенно уязвимы леса вдоль рек Амударья и Сырдарьи, где развитие ирригации, водозаборов и регулирование водного потока приводят к осушению и деградации.

4. **Опустынивание, эрозия, деградация почв и солончаки** В сухих районах Центральной Азии нарушение растительного покрова, эрозия ветром и водой приводят к деградации местообитаний, уменьшению связности, утрате растительности.

5. **Инвазивные виды и сорняки** Внедрение чужеродных видов, особенно агрессивных сорняков, может вытеснять местные виды, нарушать экологические взаимодействия.

6. **Климатические изменения** Повышение температуры, изменение осадков и режимов таяния снегов влияет как на флору, так и на фауну, особенно на виды, чувствительные к температурным стрессам и влажности.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В основу анализа легли данные Государственного комитета по экологии Узбекистана, Национального доклада по биоразнообразию (2023), а также отчеты МСОП (IUCN), национальных стратегий по охране биоразнообразия, полевых исследований в рамках проектов GEF и UNDP, а также публикаций научных институтов региона. Использовались методы сравнительного анализа экологической статистики за последние 20 лет, полевые наблюдения в охраняемых природных территориях, а также экспертные оценки угроз и потенциала восстановления биоразнообразия (таблица-1,2).

Таблица 1

Основные угрозы биоразнообразию Узбекистана

Угроза	**Причина**	**Последствия**
Опустынивание	Ирригация, вырубка, климатические изменения	Снижение продуктивности экосистем
Изменение водных режимов	Строительство ГЭС, водозабор	Гибель водной флоры и фауны
Урбанизация и инфраструктура	Рост населения, строительство	Фрагментация природных территорий
Загрязнение	Агрохимикаты, промышленные отходы	Токсическое воздействие на виды

Таблица 2

Уязвимые виды флоры и фауны ЦА и основные угрозы

Вид	**Регион**	**Категория угрозы (МСОП)**	**Основные угрозы**
Джейран (*Gazella subgutturosa*)	Казахстан, Узбекистан	Уязвимый (VU)	Браконьерство, потеря местообитаний
Снежный барс (*Panthera uncia*)	Тянь-Шань, Памир	Уязвимый (VU)	Уничтожение ареала, конфликты с людьми
Туркестанская арча (*Juniperus turkestanica*)	Все страны региона	Уязвимый (VU)	Заготовка древесины,

			климатические стрессы
Туранская берёза (*Betula turanica*)	Узбекистан, Таджикистан	На грани исчезновения (CR)	Опустынивание, вырубка
Краснозобая казарка (*Branta ruficollis*)	Казахстан	Уязвимый (VU)	Сокращение водно-болотных угодий

Отмечено, что в настоящее время увеличивается число редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений. Если в 2009 году в Красную книгу было включено 184 вида животных и 304 вида растений, то к 2019 году их число достигло 206 и 314 видов соответственно (рис.1).

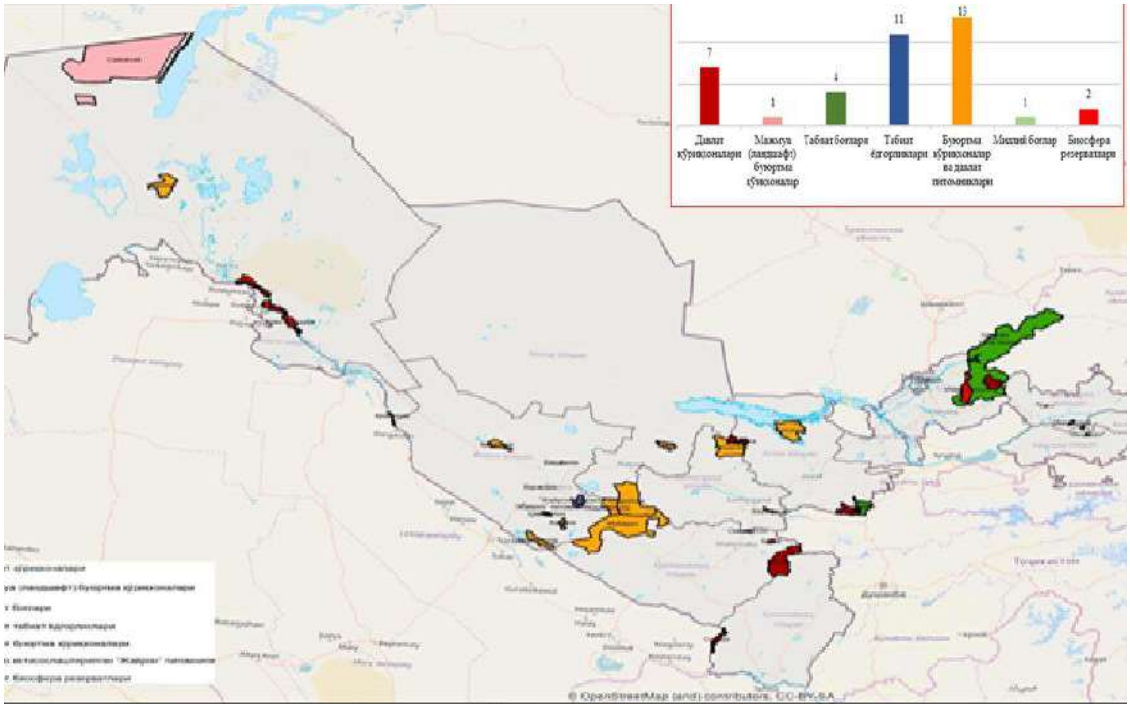


Рисунок -1. Охраняемые природные территории Узбекистана

В последнее издание «Красной книги» – том 2 – включены 30 видов млекопитающих, 52 вида птиц, 21 вид пресмыкающихся, 17 видов рыб, 3 вида червей, 14 видов моллюсков и 66 видов членистоногих (рис.2).

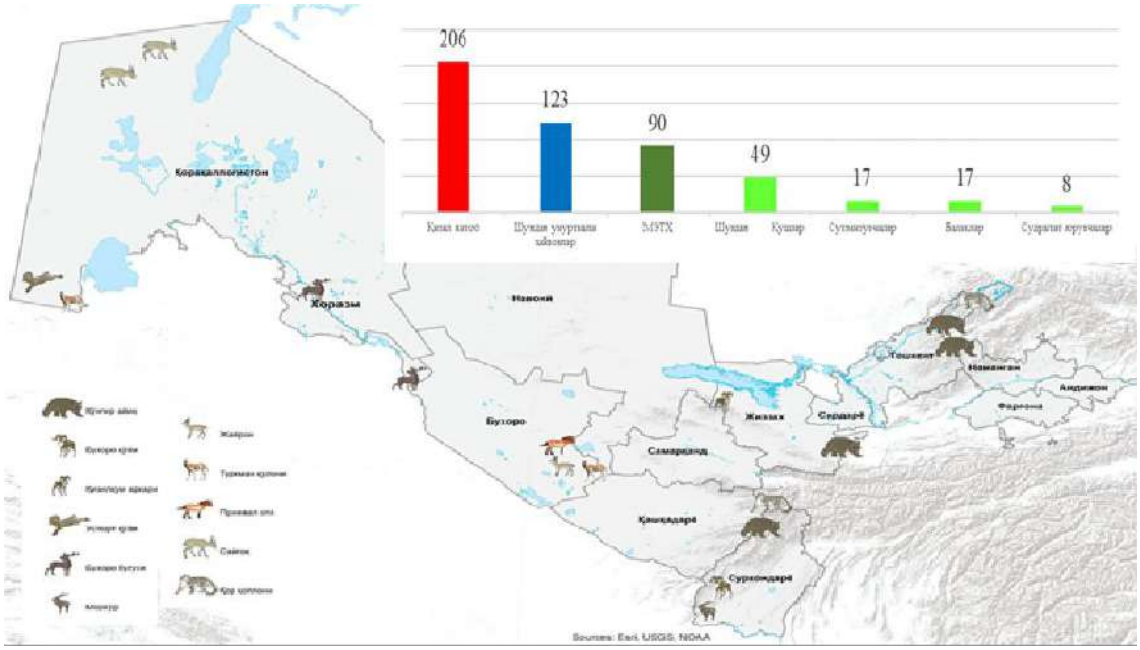


Рисунок-2. Редкие виды животных, обитающие на охраняемых природных территориях

В настоящее время на территории Республики Узбекистан произрастает около 4400 видов высших дикорастущих растений и более 2000 видов грибов. Среди них много редких эндемичных и реликтовых видов, требующих серьёзной охраны. Число таких видов превышает 300, что составляет 10–15% флоры Узбекистана.

РЕЗУЛЬТАТЫ.

Центральная Азия теряет биоразнообразие с тревожной скоростью. Снежный барс, как индикатор сохранности горных экосистем, сталкивается с фрагментацией ареала и конфликтами с пастухами. Среди флоры особенно уязвимы редкие древесные и кустарниковые формы, такие как туранская берёза, встречающаяся только в нескольких локациях на юге Узбекистана и Таджикистана.

Особое беспокойство вызывает распространение инвазивных видов (например, амброзии и сорго алеппского), вытесняющих местную флору и нарушающих пищевые цепи. Недостаток финансирования и координации между странами региона усугубляет ситуацию.

На сегодняшний день в Узбекистане зарегистрировано около 27 000 видов биоты, включая более 15 000 видов насекомых, 4 500 видов сосудистых растений, 424 вида птиц и 97 видов млекопитающих. Согласно последним оценкам, около 15% из них находятся под угрозой исчезновения. Основные усилия по охране биоразнообразия включают систему заповедников и заказников, охватывающих около 5% территории страны. Однако этой меры недостаточно.

Перспективным направлением является создание биокоридоров между охраняемыми территориями и развитие трансграничных резерватов, таких как проект "Западный Тянь-Шань", включающий территории Казахстана, Узбекистана и Кыргызстана. Также необходимо усилить мониторинг состояния видов и инвестировать в цифровизацию данных о биоразнообразии. Вовлечение местного населения в экотуризм и экопросвещение повышает устойчивость охранных мер.

ПУТИ РЕШЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Интеграция устойчивого природопользования и климатической адаптации

• Внедрение систем устойчивого управления пастбищами и лесными ресурсами с участием местных сообществ.

• Разработка и применение агротехнологий, минимизирующих негативное воздействие на почву и биоразнообразие.

• Восстановление природных водных режимов с учетом потребностей экосистем.

Усиление мониторинга и научных исследований

• Создание и развитие систем мониторинга состояния биоразнообразия и экосистем с применением современных технологий (ГИС, спутниковый мониторинг).

• Исследования влияния изменения климата на отдельные виды и экосистемы для разработки адаптационных мер.

Формирование и реализация национальных и региональных стратегий

• Включение биоразнообразия и устойчивого управления ресурсами в национальные программы экологической и национальной безопасности.

• Разработка и внедрение механизмов финансирования природоохранных мероприятий, включая государственные и международные проекты.

Образование и вовлечение общества

• Повышение экологической грамотности населения и формирование культуры бережного отношения к природе.

• Поддержка инициатив местных сообществ в области охраны природы и устойчивого развития.

Трансграничные охраняемые территории и экологические коридоры

• Создание и управление **трансграничными заповедниками и биокоридорами** между странами ЦА (например, между Кыргызстаном и Таджикистаном, Казахстаном и Узбекистаном) поможет обеспечить миграцию и генетический обмен между популяциями.

• Применение концепции **OECM (Other Effective Area-based Conservation Measures)** и включение таких территорий в международные стандарты, как **IUCN Green List**, для обеспечения эффективного и справедливого управления.

• Проект **One Health Central Asia**, запущенный IUCN, направлен на консолидацию систем охраны природы и снижение риска зоонозов через связь здоровья людей, животных и экосистем.

Реставрация и восстановление местообитаний

• Реставрация пойменных лесов и заливных экосистем тугаев: посадка автохтонных видов, восстановление гидрологии рек (регулирование водозабора, контроль осушения).

• Борьба с эрозией и внедрение устойчивых методов сельского хозяйства: террасирование, посев покровных культур, контроль выпаса, восстановление растительности в маргинальных зонах.

• Создание питомников для редких растений, восстановление популяций эндемических и реликтовых видов с последующим расселением в естественные места.

Реинтродукция и переполюднение (reintroduction / augmentation)

• Программы возвращения исчезающих видов, когда условия местообитания восстановлены (например, проекты по возвращению джейрана, бухарского оленя).

• Поддержка генетического разнообразия через использование разных исходных популяций, контроль инбредности.

• После выпуска — длительный мониторинг адаптации и выживаемости.

• Создание центрального гена-банка СА “Eco Geno-Nature”, обеспечивающий восстановление редких исчезающих видов флоры и фауны.

Мониторинг, научные исследования и цифровые технологии

• Внедрение **ГИС и дистанционного зондирования** для отслеживания изменений ландшафта, динамики растительности и деградации.

• Разработка открытых баз данных биоразнообразия (включая наблюдения, генетические данные, распределения) и их межграничный обмен.

• Применение технологии фотоловушек, акустического мониторинга, спутникового мониторинга — для отслеживания животных и их передвижений.

• Моделирование климатических сценариев и оценка уязвимости видов (Climate-envelope models) для прогнозирования перемещений ареалов и определения «климатических убежищ».

Экологическое образование и вовлечение местных сообществ

• Программы для сельских школ, общин, фермеров по значению биоразнообразия и устойчивого природопользования.

• Интеграция «природоохранных» доходов — экотуризм, устойчивое использование лесных/растительных ресурсов, оплата эко-системных услуг.

• Стимулы и компенсации для сообществ, которые охраняют окружающую среду, посредствам грантов, микрофинансирования, программ «зеленой экономики».

Политика, финансирование и институциональные механизмы

• Разработка **национальных стратегий биоразнообразия** с четкими целями, адаптированными к современному **Глобальному рамочному соглашению по биоразнообразию** (Post-2020 GBF).

• Включение биоразнообразия во все сектора — сельское хозяйство, водные ресурсы, инфраструктура, энергетика.

• Механизмы устойчивого финансирования — экологические сборы, «зеленые облигации», международные донорские проекты, платежи за экосистемные услуги (PES).

• Координация межведомственных органов, создание трансграничных организаций и платформ сотрудничества между странами ЦА.

ВЫВОДЫ

Проблема сохранения биоразнообразия в Центральной Азии требует системного и междисциплинарного подхода. Современные вызовы, включая климатические изменения, требуют координированных действий на региональном уровне. Необходимо:

- расширение сети охраняемых территорий,
- внедрение адаптивного управления экосистемами,
- развитие трансграничного экологического сотрудничества,
- поддержка научных исследований и цифрового мониторинга биоразнообразия,
- интеграция вопросов биоразнообразия в экономические и социальные стратегии региона.

Без принятия срочных мер регион может столкнуться с необратимыми экологическими потерями, что негативно скажется не только на природе, но и на устойчивом развитии общества.

1. Проблемы биоразнообразия в Центральной Азии многогранны — от исчезновения редких видов до деградации экосистем и климатических стрессов.
2. Эффективная охрана требует сочетания **научных методов, восстановления среды, реинтродукции, мониторинга и местного участия**.
3. Трансграничное сотрудничество жизненно важно: границ для природы не существует, а миграции многих видов проходят через несколько стран.

4. Финансовая устойчивость и институциональные механизмы должны быть встроены в долгосрочные стратегии.

5. Образование просвещение и вовлечение, местного населения — ключевой элемент устойчивой охраны биоразнообразия.

Деградация биоразнообразия в Центральной Азии — одна из ключевых проблем, обусловленных климатическими изменениями и нерациональным использованием экосистемных ресурсов. Без комплексного подхода к решению этих вопросов невозможно обеспечить экологическую устойчивость и национальную безопасность региона. Совместные усилия государств, научного сообщества и общества необходимы для реализации эффективных мер по сохранению природы и обеспечению устойчивого развития.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зельдович Я.Б., Бучаченко А.Л., Франкевич Е.Л. Магнитно-спиновые эффекты в химии и молекулярной физике // Успехи физ. наук. – 1988. – Т.155. – №1. – С. 3–45.
2. Johnson R.C., Merrifield R.E., Avakian P., Flippen R.B. Effects of magnetic fields on the mutual annihilation of triplet excitons in molecular crystals // Phys. Rev. Lett. – 1967. – V.19. – №2. – P. 285–287.
3. UNDP Uzbekistan. National Biodiversity Strategy and Action Plan. – Tashkent: UNDP, 2023. – 78 p.
4. IUCN Red List of Threatened Species. https://www.iucnredlist.org – Accessed: 2025.
5. Министерсво экологии Узбекистана. Национальный доклад о состоянии окружающей среды. – Ташкент, 2024.
6. IUCN Red List of Threatened Species. – https://www.iucnredlist.org – Accessed: 2025.
7. UNDP. Biodiversity Conservation in Central Asia: Regional Strategies. – UNDP Publication, 2024. – 112 p.
8. Миссион Р. и др. Экосистемы Центральной Азии под давлением: проблемы и пути их решения // Экологический вестник. – 2023. – №2. – С. 34–49.
9. Сатпаев Б.К., Абдуллаева Р.Ф. Биоразнообразие Казахстана: угрозы и охрана // Природные ресурсы. – 2022. – №4. – С. 22–30.
10. Алимов А.Ф. Современные проблемы сохранения аридной флоры Средней Азии // Ботанический журнал. – 2021. – Т.106. – №6. – С. 58–67.
11. Мухаммадиев Б.К., Ахмедов Ш.С. Климатические изменения и их влияние на биоразнообразие в Центральной Азии // Экология и природопользование. – 2022. – Т.12. – №3. – С. 45–56.
12. United Nations Development Programme (UNDP). Sustainable natural resource management in Central Asia: Challenges and opportunities. – 2021.
13. Назаров А.Р., Турсунов Д.С. Влияние нерационального землепользования на деградацию экосистем в Узбекистане // Журнал охраны природы. – 2023. – Т.5. – №1. – С. 23–35.
14. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. – 2022.
15. ООН Экономическая комиссия для Европы (UNECE). Environmental security and sustainable development in Central Asia. – 2020.

SHARQIY FARG‘ONA MEVALI BOG‘LARIDA KOKSID–ENTOMOFAG TIZIMI ASOSIDA EKOTIZIM BARQARORLIGINI TA’MINLASH IMKONIYATLARI

Kapizova Dilafruz Raxmonjonovna – Andijon davlat tibbiyot instituti
Temirova Shamsiqamarbegim Ilyosjon qizi – Farg‘ona davlat universiteti;
Jumayeva Aziza Nu’monjon qizi – Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalar instituti
Zokirov Islomjon Ilhomjonovich – Farg‘ona davlat universiteti

Annotatsiya. Maqolada Sharqiy Farg‘ona hududidagi mevali bog‘lar agroekotizimlarida koksid–entomofag tizimining shakllanishi va u orqali ekotizim barqarorligini ta’minlash imkoniyatlari yoritiladi. Tadqiqot jarayonida mevali daraxt va butalarda yashovchi 4 oilaga mansub 22 tur koksid hamda ularning parazit va yirtqich entomofaglari bo‘lgan 12 oilaning 26 avlodi tarkibidagi 31 tur aniqlangan. Balandlik mintaqalari bo‘yicha entomofaglarning tarqalishi, trofik aloqalar va “parazit–xo‘jayin”, “yirtqich–o‘lja” tizimlarida kuzatiladigan morfo-ekologik moslanishlar tahlil qilingan. Pista yostiqsimon qurti, olxo‘ri va akatsiya soxtaqalqondori, Kaliforniya qalqondori, komstok qurti va boshqa xavfli koksidlarga qarshi Microterys sylvius, Leucopis annulipes, *Coccophagus lycimnia, Metaphycus melanostomatus, Chilocorus bipustulatus, Aphytis proclia, Aphelinus mali, Encarsia perniciosi* va *Pseudaphycus malinus* kabi entomofaglarning dala va laboratoriya sharoitidagi biologik samaradorligi baholandi. Tajribalar zararli koksidlar sonini 17–35 % va ayrim hollarda undan yuqori darajada tabiiy kamaytirish mumkinligini ko‘rsatib, mevali bog‘lar ekotizimi barqarorligini ta’minlashda foydali organizmlar xilma-xilligini saqlash va boyitish muhimligini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: mevali bog‘lar; koksidlar; entomofaglar; foydali hasharotlar; biologik himoya; bioxilma-xillik; ekotizim barqarorligi; Sharqiy Farg‘ona.

Аннотация. В статье рассматриваются возможности обеспечения устойчивости агроэкосистем плодовых садов Восточной Ферганы за счёт сохранения и обогащения биоразнообразия полезных организмов в системе «кокциды – энтомофаги». На основе материалов докторской диссертации проанализирован видовой состав кокцид, повреждающих плодовые деревья и кустарники (22 вида из 4 семейств), и их естественных паразитов и хищников (31 вид из 12 семейств). Показано распределение основных видов энтомофагов по высотным поясам, их трофические связи и морфо-экологические адаптации в системах «паразит–хозяин» и «хищник–жертва». Оценена биологическая эффективность *Microterys sylvius, Leucopis annulipes, Coccophagus lycimnia, Metaphycus melanostomatus, Chilocorus bipustulatus, Aphytis proclia, Aphelinus mali, Encarsia perniciosi* и *Pseudaphycus malinus* против *Anapulvinaria pistaciae, Sphaerolecanium prunastri, Parthenolecanium corni, Diaspidiotus perniciosus, Planococcus citri* и других ключевых вредителей. Полевые и лабораторные испытания показали возможность снижения численности кокцид на 17–35 % и более, что подтверждает перспективность создания систем биологической защиты плодовых насаждений на основе комплекса местных энтомофагов.

Ключевые слова: плодовые сады; кокциды; энтомофаги; полезные насекомые; биологическая защита растений; биоразнообразие; устойчивость экосистем; Восточная Фергана.

Annotation. The paper evaluates how conservation and enhancement of beneficial organism diversity in the coccid–entomophage system can be used to stabilise fruit-orchard agroecosystems in the Eastern Fergana region. Based on doctoral dissertation data, we analyse the species composition of coccids damaging fruit trees and shrubs (22 species from 4 families) and their natural enemies – parasitoids and predators (31 species from 12 families). The distribution of key entomophagous species along altitudinal zones, their trophic links and morpho-ecological

adaptations within “parasite–host” and “predator–prey” interactions are described. The biological efficiency of *Microterys sylvius, Leucopis annulipes, Coccophagus lycimnia, Metaphycus melanostomatus, Chilocorus bipustulatus, Aphytis proclia, Aphelinus mali, Encarsia perniciosi* and *Pseudaphycus malinus* is assessed against *Anapulvinaria pistaciae, Sphaerolecanium prunastri, Parthenolecanium corni, Diaspidiotus perniciosus, Planococcus citri* and other major coccid pests of fruit orchards. Field and laboratory trials showed that, under local conditions, these entomophages can reduce coccid populations by 17–35 % or more, providing a strong ecological basis for biologically oriented protection and long-term stability of fruit-orchard ecosystems.

Keywords: fruit orchards; coccids; entomophagous insects; beneficial arthropods; biological control; biodiversity; ecosystem stability; Eastern Fergana.

KIRISH

Dunyo miqyosida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash va aholi sog‘lig‘iga xavfsiz mahsulot yetkazib berish ustuvor vazifalardan biriga aylangan. Ayniqsa, mevali bog‘larda pestitsid yukini kamaytirgan holda yuqori hosil olish, organik va ekologik toza meva yetishtirish bozor talabidan kelib chiqib tobora dolzarb bo‘lib bormoqda. So‘nggi yillarda Yevropa Ittifoqi mamlakatlarida organik mahsulotlarga talab keskin oshgani, an’anaviy mahsulotlarga nisbatan ularning bozor qiymati yuqoriligicha qolayotgani biologik usullarga asoslangan himoya tizimlarini takomillashtirish zarurligini ko‘rsatadi [3].

Mevali bog‘larda ekotizim barqarorligiga eng jiddiy tahdid soluvchi omillardan biri invaziv va karantin zararkunandalar – koksidlar, shira va boshqa mevaxo‘r hasharotlar hisoblanadi. Koksidlarning 16 oilaga mansub 6000 dan ortiq turi qayd etilgan bo‘lib, ulardan ko‘pchiligi mevali daraxtlar tanasida oziqlanadi va daraxtlarning vegetativ hamda generativ organlariga ko‘p yillik zarar yetkazadi [8]. Jahon va MDH mamlakatlarida koksidlar hamda ularning entomofaglari bo‘yicha ko‘plab ilmiy ishlar olib borilgan bo‘lsa-da, tadqiqotlar asosan ayrim iqtisodiy muhim turlarning biologiyasi va nazorat choralari bilan chegaralangan [10].

Markaziy Osiyoda koksidlar faunasi va ularning tabiiy kushandalari A.D.Arxangelskaya, K.Zokirov, O.T.Sobirov va boshqa olimlar tomonidan o‘rganilgan bo‘lib, Farg‘ona vodiysi mevali daraxtlarida 20 dan ortiq koksid turi qayd etilgani ma’lum [8, 10, 11]. Shunga qaramay, Sharqiy Farg‘ona hududi mevali bog‘larida koksidlarning entomofaglari, ularning trofik ixtisoslashuvi va ekotizim barqarorligidagi roli yetarli darajada yoritilmagan. D.R.Kapizovaning Sharqiy Farg‘ona hududi mevali daraxt va butalari koksidlarining entomofaglariga oid tadqiqotlarida Farg‘ona vodiysi entomofaunasi uchun bir qator turlarning ilk bor qayd etilgani hamda mevali bog‘larda 17–55 % gacha biologik samaradorlikka ega ekanligi ko‘rsatib berilgan [3].

Mazkur natijalar mevali bog‘larda koksid–entomofag tizimini saqlab qolish va boyitish zararkunandalar bosimini tabiiy ravishda pasaytirib, pestitsid qo‘llash miqdorini kamaytirishi, shu orqali agroekotizim barqarorligini ta’minlashning muhim tabiiy yechimi ekanini ko‘rsatadi [1]. Ushbu maqolada Sharqiy Farg‘ona sharoitida mevali bog‘larda uchraydigan koksidlar entomofaglari misolida foydali organizmlar xilma-xilligini saqlash va boyitish orqali ekotizim barqarorligini ta’minlashning samarali imkoniyatlari tahlil qilingan.

MATERIAL VA USLUBLARI

Tadqiqotlar 2018–2025-yillarda Sharqiy Farg‘onaning cho‘l, adir va tog‘oldi mintaqalariga kiruvchi mevali bog‘larida, jumladan Andijon viloyati bo‘ylab joylashgan urug‘ va danak mevali hamda tok agrobiotsenozlarida olib borildi [3]. Mevali daraxt va butalardagi koksidlar N.S.Borxsenius [9], I.I.Zokirov va boshqalar [7] taklif etgan usullar asosida maxsus tanlangan vaqtinchalik va doimiy tajriba uchastkalarida yig‘ildi. Zararlangan novda va barglar laboratoriyada kuzatilib, ulardan chiqqan entomofaglar probirkalarda ajratib olindi. Koksid va entomofag turlari klassik entomologik aniqlagichlar hamda O‘zR FA Zoologiya instituti mutaxassislari ishtirokida

aniqlanib, ularning morfometrik ko‘rsatkichlari mikrometrli okulyar yordamida o‘lchandi, statistik tahlillar MS Excel dasturida bajarildi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Sharqiy Farg‘ona hududi mevali bog‘larida olib borilgan kuzatuvlar natijasida koksidlar va ularning tabiiy kushandalari bo‘lgan foydali organizmlar juda boy xilma-xillikka ega ekotizimni shakllantirishi aniqlandi. Jami 4 oilaga mansub 17 avlodning 22 turi koksidlar hamda 3 turkumga kiruvchi 12 oilaning 26 avlodiga mansub 31 tur entomofag qayd etildi [3]. Ushbu ko‘rsatkichlar mevali bog‘lar ekotizimida trofik zanjirlar murakkabligi va tabiiy biologik nazoratning yuqori salohiyatidan dalolat beradi.

Entomofaglar tarkibida Hymenoptera turkumi vakillari ustunlik qilib (20 tur, entomofaunaning qariyb uchdan ikki qismi), ularning asosiy qismi Aphelinidae va Encyrtidae oilalariga mansub parazitlardir. Qolgan qismni Hemiptera (*Anthocoris nemorum*), Coleoptera (*Chilocorus bipustulatus, Brumus quadripustulatus*) va Diptera (*Leucopis annulipes, Eupeodes corollae*) kabi yirtqichlar tashkil etadi. Entomofaglarning 12 turi oligofag, 19 turi polifag bo‘lib, monofag turlar aniqlanmagani biologik nazorat tizimining moslashuvchan va barqarorligini ta’minlaydi.

Ushbu tabiiy kushandalar uchrash darajasiga ko‘ra ham farqlanadi: 8 turi yuqori uchrash chastotasiga ega bo‘lib, asosiy “tayanch” guruhni, 8 turi tez-tez, 15 turi esa kam yoki tasodifan uchrovchi komponentlarni tashkil etadi. Bu ma’lumotlar mevali bog‘larda foydali organizmlar xilma-xilligini saqlash ekotizim barqarorligini ta’minlashda hal qiluvchi omil ekanini ko‘rsatadi, chunki aynan ko‘p uchraydigan turlar zararkunandalar sonini yil davomida nazoratda ushlab turadi.

Mevali bog‘lar ichida entomofaglar tur tarkibi bo‘yicha eng boy agrobiotsenoz urug‘ mevali daraxtlar (olma, nok, behi, xurmo, anor) bog‘larida qayd etildi: bu yerda 26 tur entomofag aniqlanib, tadqiqot hududida uchragan jami turlar sonining 83,9 % ini tashkil etdi. Danak mevali bog‘lar (shaftoli, o‘rik, olxo‘ri, gilos, olcha) 22 tur (70,9 %) bilan ikkinchi o‘rinda, tokzorlar 14 tur (45,2 %), jiydazorlar 10 tur, pistazor va bodomzorlar 6 tur, sitrus bog‘lari esa 2 tur entomofag bilan tavsiflandi.

Bu natijalar mevali daraxtlar xilma-xilligini kengaytirish va aralash ekinlar (urug‘, danak, tok va jiyda kombinatsiyalari)ni saqlab qolish foydali organizmlar uchun zarur yashash muhiti va ozuqa bazasini boyitishini ko‘rsatadi. Shu ma’noda, bog‘larni monokultura shakliga keltirish emas, balki turli ekinlarni uyg‘unlashtirish koksid-entomofag tizimining barqaror ishlashiga yordam beradi.

Entomofaglar balandlik mintaqalari bo‘yicha ham notekis taqsimlangan. Cho‘l mintaqasida 12 tur, adir zonalarida 11 tur, tog‘ oldi mintaqasida yana 11 tur entomofag aniqlangan bo‘lib, ularning ko‘pchiligi 300–800 m balandlik oralig‘ida joylashgan mevali bog‘larda uchraydi. Keng diapazonda tarqalgan turlar (*Ageniaspis fuscicollis, Coccophagus lycimnia, Encarsia perniciosi, Aphytis proclia, Pseudaphycus malinus* va boshqalar) hudud bo‘yicha ekologik barqarorlikni ta’minlovchi “kalit turlar” sifatida baholandi.

Bu ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, turli balandlikdagi bog‘larda ekotizimlarni saqlash uchun maxsus moslashgan entomofag komplekslariga tayanish mumkin. Bunda pestitsid yuklamasini kamaytirish orqali balandlik bo‘yicha “uzluksiz biologik parda”ni saqlash muhim ustuvor yo‘nalish hisoblanadi.

Daladagi sinovlar koksidlarga qarshi entomofaglar kompleksini qo‘llash yuqori biologik samaradorlik berishini ko‘rsatdi. Pista yostiqsimon qurtiga qarshi *Microterys sylvius* va *Leucopis annulipes* turlaridan foydalanilganda zararkunanda soni 28–32 % gacha kamaytirildi. Olxo‘ri soxtaqalqondoriga qarshi *Coccophagus lycimnia*, *Metaphycus melanostomatus, Leucopis*

annulipes va *Chilocorus bipustulatus* turlarini birgalikda qo‘llash 22–55 % gacha biologik samaradorlik berdi.

Akatsiya soxtaqalqondoriga qarshi aynan shu entomofaglar majmuasi yilga qarab 19–35 % oralig‘ida samaradorlik ko‘rsatdi. Kaliforniya qalqondoriga qarshi *C. lycimnia, M. melanostomatus, L. annulipes* va *Ch. bipustulatus* turlarining qo‘llanilishi 17–21 % ga teng bo‘lgan barqaror natijalarni berdi. Komstok qurti (*Pseudococcus comstocki*) populyatsiyasini kamaytirishda *C. lycimnia, L. annulipes* va *Ch. bipustulatus* turlarining kombinatsiyasi 23–25 % biologik samaradorlikka ega bo‘ldi.

Binafsharang qalqondorga qarshi esa *Aphytis proclia* va *Chilocorus bipustulatus* turlarining tabiiy populyatsiyasi 30 % gacha zararlanishni ta’minladi. Ushbu natijalar Rosen va DeBach tomonidan Kaliforniya qalqondoriga qarshi Aphelinidae oilasi vakillaridan foydalanish bo‘yicha olib borilgan klassik tadqiqotlarda qayd etilgan ma’lumotlar bilan uyg‘un keladi.

Yirtqichlar orasida *Chilocorus bipustulatus* lichinkalari kuniga o‘rtacha 30–50 dona qalqondor lichinkasini iste’mol qilishi aniqlangan bo‘lib, ularning populyatsiyaning kuchli bostiruvchi omili ekanini ko‘rsatadi. Coccinellidae oilasi vakillarining yirtqichlik xususiyatlari, ov qilish strategiyalari va bioindikatsion ahamiyati Hodek va Honěk tomonidan ham batafsil asoslab berilgan [2].

Dissertatsiya doirasida muhim parazit turlar – *Ageniaspis fuscicollis, Ascogaster quadridentata* va *Coccophagus lycimnia* namunalari turli mevali daraxtlarda (o‘rik, gilos, behi, pista) solishtirilib, morfometrik belgilaridagi variabellik aniqlangan. Gilos o‘simligida *A. fuscicollis* ning tanasi va mo‘ylov uzunligi, oyoqlari hamda ko‘krak o‘lchamlari o‘rikdagi namunalariga nisbatan sezilarli kattaligi biotopga moslanish natijasi ekanligi ko‘rsatildi. Shunga o‘xshash holat *C. lycimnia* ning behi va pista koksidlarida parazitlik qiluvchi populyatsiyalarida ham kuzatilib, qanot va tananing nisbatan yiriklashishi boshqa ozuqa bazasi va mikroiqlim sharoitiga moslanish sifatida talqin qilindi.

Bu morfoekologik moslanishlar koksid-entomofag tizimi uzoq muddatli evolyutsiya mahsuli ekanini, shuningdek, foydali organizmlar populyatsiyasi barqaror bo‘lishi uchun mos yashash muhiti (turli mevali daraxtlar, qo‘shimcha nektar va polen manbalari, qishlash joylari)ni saqlab qolish zarurligini ko‘rsatadi. D.Kapizova tomonidan olib borilgan tadqiqotlar natijasi sifatida “parazit-xo‘jayin” va “yirtqich-o‘lja” tizimida entomofaglarning morfoekologik moslanishlari tafsilotlari ham yoritilgan bo‘lib, bu bog‘ ekotizimida tabiiy nazorat mexanizmlarining mustahkamligini tasdiqlaydi.

Yuqoridagi natijalar asosida mevali bog‘larda ekotizim barqarorligini ta’minlash uchun quyidagi yo‘nalishlar samarali hisoblanadi:

- urug‘ va danak mevali, tok, jiyda, pista va boshqa daraxtlarni uyg‘unlashtirgan aralash bog‘lar tizimini saqlash, chunki aynan bunday agrobiotsenozlarda entomofaglar soni eng yuqori bo‘ladi;
- cho‘l, adir va tog‘ oldi hududlarida kimyoviy ishlovlarni minimal darajaga tushirib, entomofaglar uzluksiz “biologik parda”sini saqlash;
- *Leucopis annulipes, Microterys sylvius, Coccophagus lycimnia, Metaphycus melanostomatus, Chilocorus bipustulatus* kabi turlarning laboratoriyada ko‘paytirilib, pest populyatsiyasi yuqori bo‘lgan maydonlarga qo‘shimcha chiqarilishini yo‘lga qo‘yish;
- gulli o‘simliklar polosalari va begona o‘tlarning ma’lum qismini saqlab, entomofaglar uchun nektar va polen manbalarini ko‘paytirish;
- keng ta’sir doirasiga ega insektisidlarni qo‘llashni cheklab, maqsadli, selektiv preparatlar va biologik himoya vositalarini integratsiyalashgan tizimda qo‘llash.

Shunday qilib, Sharqiy Farg‘ona mevali bog‘larida koksid-entomofag tizimi misolida ko‘rinadiki, foydali organizmlar xilma-xilligini saqlash va boyitish – zararkunanda koksidlar

populyatsiyasini barqaror nazorat qilish, bog‘ ekotizimi barqarorligini mustahkamlash va kimyoviy bosimni kamaytirishning eng muhim va ekologik xavfsiz yo‘lidir [3].

Mahalliy natijalar xalqaro tadqiqotlar bilan yaxshi uyg‘unlashadi. Masalan, Rosen va DeBach *Encarsia perniciosi* ning turli mamlakatlarda sitrus unsimon qurtlar populyatsiyasini samarali nazorat qiluvchi parazit ekanini ko‘rsatgan, keyingi molekulyar tadqiqotlar esa ushbu turning populyatsiyalari orasida sezilarli genetik xilma-xillik mavjudligini isbotlagan [2, 4, 5, 6]. Xuddi shuningdek, D.Kapizova Sharqiy Farg‘ona bog‘larida *A.fuscicollis, Aphytis proclia, Pseudaphycus malinus* singari turlarning biologiyasi va morfoekologik moslanishlarini yoritib, ularning koksidlar bilan “parazit–xo‘jayin” va “yirtqich–o‘lja” munosabatlari tabiiy ekotizim barqarorligini ta’minlovchi asosiy mexanizm ekanligi ko‘rsatgan [3].

Biroq entomofaglar salohiyatidan to‘liq foydalanish ularning yashash muhitini saqlash va kimyoviy omillar ta’sirini kamaytirish bilan chambarchas bog‘liq. Janubiy Afrikada o‘tkazilgan tadqiqotlarda keng qo‘llaniladigan pestitsidlarning *Aphytis proclia* va boshqa parazit entomofaglar omon qolishiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Bu holat uyg‘unlashgan zararkunandalar nazoratida selektiv preparatlardan foydalanish zarurligini taqozo etadi. Sharqiy Farg‘ona bog‘larida ham entomofaglar xilma-xilligini boyitish uchun pestitsid yuklamasini kamaytirish, bog‘lararo yashil yo‘laklar, gulzor va chekka polosalar tashkil etish, qishlovchi bosqichlar saqlanadigan biotoplarni (qalin po‘stloqli daraxtlar, butazorlar, begona o‘tli uchastkalar) asrash zarur.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari mevali bog‘larda “koksid–entomofag” tizimini tabiatga asoslangan yechim sifatida ko‘rsatib, ekotizim barqarorligini ta’minlashda foydali organizmlar xilma-xilligini saqlash va boyitish eng maqbul chora ekanini namoyon etadi. Shu bois, maqolada taklif etilayotgan yondashuv – mahalliy entomofag turlari imkoniyatiga tayanilgan uyg‘unlashgan biologik kurash tizimini rivojlantirish – mevali bog‘larni koksidlar zararlanishidan himoya qilish bilan birga, bog‘ agroekotizimlarining uzoq muddatli ekologik barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

XULOSA

Sharqiy Farg‘ona mevali bog‘larida shakllangan koksid–entomofag tizimi yuqori bioxilma-xillikka ega bo‘lib, jami 22 tur koksid va 31 tur entomofagdan iborat kompleks ekotizim barqarorligining asosiy omili ekanligi aniqlandi. Tadqiqotlar jarayonida ayrim parazit va yirtqich turlar O‘zbekiston, jumladan Farg‘ona vodiysi faunasi uchun ilk bor qayd etilishi, ularning trofik roli va tarqalish xususiyatlari mevali bog‘larni tabiiy himoya qilish salohiyatining yuqoriligini ko‘rsatdi. Laboratoriya va dala sharoitidagi sinovlar entomofaglar ishtirokida koksidlarni 17–55% gacha nazorat qilish mumkinligini ko‘rsatdi, bu esa kimyoviy pestitsidlarga qaramlikni sezilarli kamaytirish imkonini beradi. Tajriba bog‘larida biologik usullarni joriy etish natijasida zaharli kimyoviy ishlovlar hajmi qisqarib, iqtisodiy samaradorlik oshgani ham buni amalda tasdiqlaydi. Shunday qilib, mevali bog‘larda foydali organizmlar xilma-xilligini saqlash va boyitish, ularning yashash muhitini asrash va maqsadli ko‘paytirish ekotizim barqarorligini ta’minlashning eng muhim, tabiatga asoslangan va uzoq muddatli yechimi sifatida tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for Unifying the Terminology in Biological Control. BioControl, 46(4), 387-400.

2. Hodek, I., & Honěk, A. (1996). Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers.

3. Kapizova D.R. Sharqiy Farg‘ona hududi mevali daraxt va butalari koksidlarining entomofaglari (faunasi, biologiyasi va morfoekologik xususiyatlari): biol. fan. fals. dokt. (PhD) ...diss. avtoref. –Farg‘ona, 2024. – 45 b.

4. Obrycki, J. J., & Kring, T. J. (1998). Predaceous Coccinellidae in biological control. Annual Review of Entomology, 43(1), 295-321.

5. Rosen, D., & DeBach, P. (1979). Biological control of California red scale. Annual Review of Entomology, 24(1): 1-16.

6. Xamrayev A.Sh. va boshq. O‘simliklarni biologik himoya qilish. –Toshkent, 2013. 336-b.

7. Zokirov I.I., Zokirova G.M. Zoologik tadqiqotlarda doimiy va vaqtinchalik preparatlar tayyorlash. Farg‘ona: FDU nashriyoti, 2024.

8. Архангельская А.Д. Кокциды средней Азии. –Ташкент, 1937. - 158 с.

9. Борхсениус Н.С. Сбор и изучение червецов и щитовок в помощь работающим на поле защитных лесных полосах. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 152 с.

10. Зокиров К. Фауна и биология червецов и щитовок (Homoptera, Coccoidea) и их энтомофагов культурных и диких полодовых растений в Ферганской долине.: Дисс. канд. биол. наук. -Ташкент, 1972. - 194 с.

11. Собиров О.Т. Фарғона водийси кокцидлари (Homoptera: Coccinea) фаунаси, морфологияси ва экологик хусусиятлари // Биол. фан. фалс. докт. (PhD) дисс... –Тошкент, 2020. - 119 б.

A SPECIES OF MEDICINAL *FERULA* (KOVRAK) TYPE *PUCCINIA*, COMMON IN THE WESTERN TIEN SHAN REGION

Urinboev Islomjon Yunusali ugli
Fergana State Technical University

Annotatsiya. Maqolada, G‘arbiy Tyan-shan hududida tarqalgan dorivor *Ferula* turkumi o‘simliklarining 5 ta turida, *Puccinia* turkumi vakillarining 4 ta turi parazitlik qilishi haqida ma’lumotlar berilgan. Tadqiqot hududida *F. tenuisecta* va *F. ugamica* kabi endemik turlar zang zamburug‘lari bilan zararlanishi kuzatilgan. Shuningdek, tadqiqot hududida tarqalgan *Ferula* turkumi o‘simliklarining mavsumiy rivojlanishi hamda *Puccinia* turlarining konspekti keltirilgan.

Kalit so‘zlar: Xo‘jayin o‘simlik, endemik turlar, parazit, zang zamburug‘lari, patogen.

Аннотация. В статье приведены сведения о паразитировании 4 видов рода *Puccinia* на 5 видах лекарственных растений рода *Ferula*, распространенных в Западном Тянь-Шане, и о возбудителях этих болезней. На исследуемой территории отмечено поражение ржавчинными грибами эндемичных видов рода *F. tenuisecta* и *F. ugamica*. Представлены особенности сезонного развития растений рода *Ferula*, распространенных в исследуемой территории, и краткий обзор видов рода *Puccinia*.

Ключевые слова: Растение-хозяин, эндемичный вид, паразит, ржавчинные грибы, патоген.

Abstract. The article provides information on the parasitism of 4 species of *Puccinia* on 5 species of medicinal plants of the genus *Ferula* distributed in the western Tien Shan region and on pathogens. In the study area, endemic species such as *F. tenuisecta* and *F. ugamica* were observed to be infected by rust fungi. Also, the seasonal development of plants of the genus Ferula distributed in the study area and a synopsis of *Puccinia* species are presented.

Keywords: Host plant, endemic species, parasite, rust fungi, pathogen.

KIRISH

The genus *Puccinia* is the most abundant genus in the kingdom Basidiomycota, order Pucciniales, with over 4000 species [Cummins and Hiratsuka: 2003]. There are 446 genera and 3540 species of Apiaceae plants identified worldwide. They are mainly distributed in the northern temperate regions of the world [Mabberley: 1997]. More than 220 species of Apiaceae plants have been reported in Uzbekistan. [Feruza Mustafina et al., 2020].

Representatives of the Apiaceae family are a source of bioactive phytochemicals. As a result of studies conducted by foreign scientists, extracts and essential oils of representatives of this family have various biocidal: antifungal, antibacterial, insecticidal, herbicide and other effects. The biocidal activity of some species and their potential use for protecting agricultural products from phytopathogens, weeds, pests and food spoilage microorganisms have been proven. [Thiviya et al., 2022]. Plants of the Apiaceae family are widely used in Chinese medicine as traditional Chinese medicines for modern pharmacological purposes [Meiling Li et al., 2023].

The study and research of pathogens of higher plants distributed in Uzbekistan was first carried out by Zapromentov and his students (Zapromentov 1926). Later, scientific research was carried out by Lebedova in the Tashkent region (Lebedova 1951), Ahmedova in the Western Tien Shan region (Ahmedova 1966), and Ramazanova and other scientists (Ramazanova et al. 1986) on the study of rust fungi parasitic on higher plants distributed in different regions of Uzbekistan. Gafforov identified 15 species of *Puccinia* species parasitic on plants belonging to the Apiaceae family distributed in the Ugam-Chatkol mountains and the Zamin National Nature Park (Gafforov 2020). Currently, scientific research is ongoing by Gafforov (Gafforov et al. 2016) and his students on the study of rust fungi found in higher plants distributed in the northeast of Uzbekistan (Urinboev and Gafforov 2025).

As can be seen from the above data, *Puccinia* species are found on various plants worldwide and are distinguished as the most economically harmful species of biotrophic fungi. During our study, we aimed to analyze data on the distribution, bioecology and summary of *Puccinia* species found on plants belonging to the Apiaceae family distributed in Uzbekistan.

RESEARCH METHODS

During 2023-2025, scientific expeditions were organized to the natural landscapes and mountainous areas of Bostanlik, Parkent, Akhangaron and Angren districts of Tashkent region. Monitoring, route and short route methods were used to collect plants of the *Ferula* genus infected with *Puccinia* fungi.

Puccinia species found on plants of the genus *Ferula* distributed in Uzbekistan served as a source. Herbarium specimens of plants of the genus *Ferula* infected with *Puccinia* fungi were prepared. The place and time of collection of the collected herbarium specimens were determined. The species composition of the genus *Puccinia* was determined using scientific articles and identifiers. Plant specimens infected with *Puccinia* fungi were analyzed in the Mycology Laboratory of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan and the Institute of Microbiology of the Chinese Academy of Sciences. At the same time, herbarium materials stored in the Tashkent Mycological Herbarium (TASM) fund were re-examined, morphological examination was carried out using 300M (HDCE-X5) and N-MBI-15 biolam and trinocular microscopes. The modern systematic nomenclature of the studied fungi was given based on the indexfungorum.org database, and the names of host plants were given based on the powo.science.kew.org database.

RESEARCH RESULTS AND THEIR DISCUSSION

As a result of the conducted scientific expedition work, literature analysis and re-examination of herbarium materials stored in the Tashkent Mycological Herbarium TASM fund, it was determined that 5 species of the *Ferula* genus: *F. karatavica, F. karataviensis, Ferula sp., F. tenuisecta and F. ugamica* distributed in the study area are infected with 4 species of the *Puccinia* genus: *P. doremae, P. libani, P. litvinovii* and *P. sogdiana*. The modern systematic nomenclature of the studied fungi was provided based on the indexfungorum.org database, and the names of the host plants were provided based on the powo.science.kew.org database (Table 1).

Table 1

***Puccinia* fungi parasitic on *Ferula* spp. plants distributed in the study area**

№	Types of fungi	Host plant	Researcher
1	*P. doremae*	*Ferula* sp.	Ramazanova et al.
2	*P. libani*	*F. karataviensis* (Regel & Schmalh.) Korovin	Ramazanova et al.
		F. karatavica Regel & Schmalh.	Ramazanova et al.
			Axmedova
3	*P. litvinovii*	*F. ugamica* Korovin	Ramazanova et al.
		Ferula sp.	Axmedova
			Lebedov
4	*P. sogdiana*	*F. karataviensis* (Regel & Schmalh.) Korovin	Ramazanova et al.
		F. tenuisecta Korovin	Ramazanova et al.
			TASM-734

During the conducted studies, it was noted that the development stages of the pathogens lasted from May in the spring to August in the summer. It was also observed that the species *F. tenuisecta* and *F. ugamica* are typical for the Western Tien Shan [Alexander Sennikov et al., 2020].

It was noted that the species *Ferula karatavica*, *F. karataviensis*, *F. tenuisecta*, and *F. ugamica* are plants rich in essential oils and honey, while the species *F. karatavica* and *F. karataviensis* are valuable as fodder plants.

As a result of the study, it was observed that the development phase of the parasitic *Puccinia* species in this genus lasts from the end of May in the spring season to August in the summer season. This is typical for the *Puccinia* genus, and it is noted that the favorable season for the development of representatives of this genus is the summer season.

Urediniospores round or elliptical, 25.1–34.5×23.2–24.6 µm, yellow. Teliospores elongated, united, remain under the epidermis for a long time, then form a black spot with a powdery appearance. Teliospores broadly elliptical, 26.64–48.0×19.98–30.2 µm, dark brown, slightly compressed, both ends rounded; with a distinct reticulate shell, golden yellow. (Fig. 1) (Ramazanova et al., 1986).

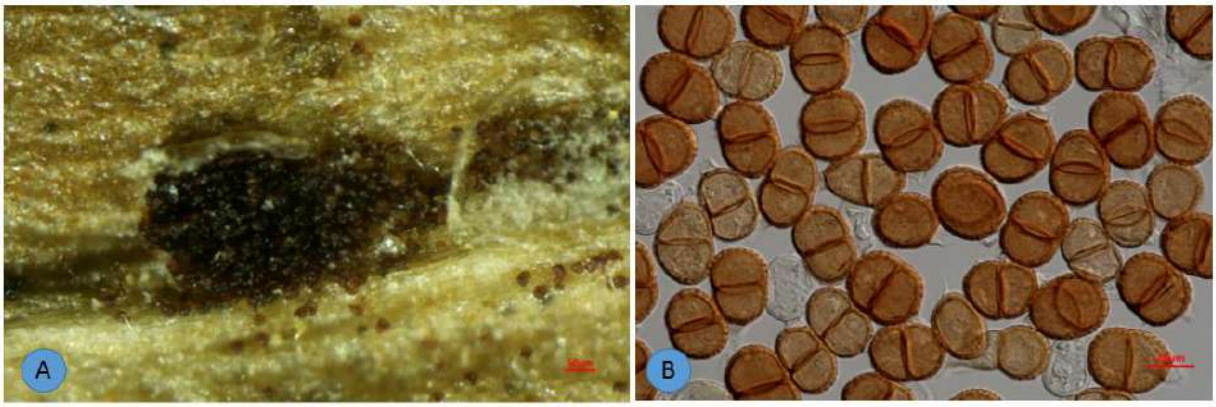


Figure 1. *Puccinia sogdiana* fungus identified on *Ferula tenuisecta*.

A) Appearance of *P. sogdiana* on a plant leaf; B) Telespores of the fungus

Summary of *Puccinia* species parasitic on plants in the genus *Ferula*

The following words have been abbreviated: Tashkent region – TR:. Angren district – AD:, Bostanlik district – BD:, Parkent district – PD:, Akhangaron district – AD:.

1. ***Puccinia doremae* Speschnew.**

Distribution: *Ferula* sp. (Apiaceae) – TR: 07.1898 (Ramazanova et al. 1986).

2. ***Puccinia libani* Magnus.**

Distribution: *Ferula karataviensis* (Regel & Schmalh.) Korovin (Apiaceae) – TR: PD: 07.1949 (Ramazanova et al. 1986), Sarisuyunsoy, 05.1950 (Ramazanova et al. 1986), Chatkal Reserve, 1951 (Lebedova 1951). *F. karatavica* Regel & Schmalh. (Apiaceae) – TR: PD: Chatkal Reserve, 1951 (Lebedova 1951).

3. ***Puccinia litvinovii* Tranzschel & Erem.**

Distribution: *Ferula ugamica* Korovin (Apiaceae) – TR: PD: 06-07.1949 (Ramazanova et al. 1986), BD: Sarisuyunsoy, 30.07.1961 (Ramazanova et al. 1986). *Ferula* sp. (Apiaceae) – TV: BTT: Aktash, 03.06.1938 (Ahmedova 1966), PKT: Chatkal Reserve, 1951 (Lebedova 1951).

4. ***Puccinia sogdiana* Kom.**

Distribution: *Ferula karataviensis* (Regel & Schmalh.) Korovin (Apiaceae) – TR: BD: Maydontol, 23.07.1955 (Ramazanova et al. 1986). *F. tenuisecta* Korovin (Apiaceae) – TR: OD: 23.08.1954 (Ramazanova et al. 1986). *F. karatavica* Regel & Schmalh. (Apiaceae) – TR: BD: Maydontol, 23.07.1955 (TASM-7324).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

As a result of the conducted studies, it was found that the species of the *Puccinia* genus: *P. doremae, P. libani, P. litvinovii* and *P. sogdiana* - parasitize the species *F. karatavica, F. karataviensis, Ferula* sp., *F. ugamica*. Also, the species *F. tenuisecta* and *F. ugamica*, which are infected with pathogens, are recorded as endemic species for the Western Tien Shan (Uzbekistan). In addition, the host species *F. karataviensis*, *F. tenuisecta*, *F. ugamica* contain essential oil and honey; *F. karatavica*, *F. karataviensis* are valuable as fodder plants. When analyzing the seasonal development dynamics of representatives of this species, it was noted that pathogens occur in spring and summer. Future studies are recommended to compile GAT maps of the distribution of pathogens, conduct phylogenetic studies and develop measures to combat rust fungi.

REFERENCES

1. Ahmedova F.G. “Микофлора юго-западних отрогов Тян'-Шаня” //Author's thesis. diss. ... candy. biol. science Tashkent, 1966. 278, 257 p.
2. Cummins G.B & Hiratsuka Y. Illustrated genera of rust fungi. 3rd ed.: Amer. Phytopath. 2003. Soc., Minnesota: 240 pp.
3. Feruza Mustafina va boshq. The book of seeds: Apiaceae of Uzbekistan. Volume I. Preface, Introduction and Content July 2020, In book: The book of seeds: Apiaceae of Uzbekistan. Volume IPublisher: Baekdudaegan National Arboretum, Republic of Korea SBN 979-11-965681-3-9(96480).
4. Gafforov Y.Sh., “Species of *Puccinia* on apiaceae in Ugam-Chatkal and Zaamin National nature parks, Uzbekistan”, 2020.
5. Gafforov Y.Sh., Abdurazzokov A.A., Yarasheva M. & Y. Ono, “Rust fungi from the Fergana Valley, Chatkal and Kurama mountain ranges in Uzbekistan” 2016. *Stapfia*, *105*, 161-175.
6. Lebedova L.N. “Mycoflora and tree and shrub diseases of the SCP Gorko-lesnogo zapovednika of Uzbekistan”, 1951.
7. Mabberley D.J. The plant-book. 2nd Edition. Cambridge University Press, 1997. Cambridge: 857 pp.
8. Meiling Li, Li Wang, Mengfei Li and Janhe Wei, Apiaceae medicinal plants: A review of traditional uses, phy-tochemistry, bolting and flowering, and controlling approaches, May 2023, DOI: 10.20944/preprints202212.0272.v2.
9. Ramazanova S.S., Fayziyeva F.Kh., Sagdullayeva M.Sh., Kyrgyzboyev X.M., Gaponenko N.I., “Флора грибов Узбекистана” vol. 3. Tashkent: Fan 1986. pp. 183, 184, 187.
10. Sennikov Alexander et al. “Flora of Uzbekistan” Vol. 3. March 2020.
11. Thiviya P., Gunawardena N., Gamage A., Madhujith T., Merah O., “The Apiaceae family as a valuable source of biocidal components and their potential application in agriculture”, Horticulturae 2022, 8,614. DOI: 10.3390/horticulturae8070614.

12. Urinboev I.Y., Gafforov Y.Sh., “Shimoliy-sharqiy O‘zbekistonda tarqalgan *Puccinia* turkum turlarining bioekologik xususiyatlari”, Bulletin of the Khorezm Mamun Academy – 5-1/2025. Khiva pp. 72-78.
13. Zaprometov N.G. “Материали по микофлоре Средней Азии”. Vip. 1. Tashkent: 1926, p. 24.

ZARAFSHON DARYOSI MOLLYUSKALARI BIOXILMA-XILLIGIGA OG‘IR METALLAR, RADIOAKTIV ELEMENTLAR TA’SIRI VA ULARNING BIOINDIKATORLIGI

Izzatullayev Zuvayd[1], Suyarov Sulton Allaberdiyevich[1], Belyalova Leylya Enverovna[1]
Solijonov Xayrulla Xabibulla o‘g‘li[2]

[1]Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
[2]Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institute

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida Zarafshon daryosining turli hududlarida tarqalgan *Sinanodonta puerorum* va *Sinanodonta orbicularis* turlariga og‘ir metallar (nikel, kobalt, mishyak, kadmiy, temir) hamda radioaktiv elementlar (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs) ning ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot Zarafshon milliy tabiat bog‘i va Ziyovuddin hududlarida olib borildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, mollyuskalar yoshining ortishi bilan chig‘anoqda og‘ir metallar to‘planishi ham oshadi. Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududida 3 yoshli namunalarda chig‘anoq uzunligi 76 mm ni tashkil etgan bo‘lsa, Ziyovuddin hududida 71 mm ni tashkil etdi. Radioaktiv elementlar tahlili Jomboy, Oqdaryo va Paxtachi hududlarida o‘tkazildi va barcha ko‘rsatkichlar ruxsat etilgan normadan past ekanligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari suv ekotizimlarining ekologik holatini baholashda mollyuskalardan bioindikator sifatida foydalanish imkoniyatini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: *Sinanodonta puerorum, Sinanodonta orbicularis*, Zarafshon milliy tabiat bog‘i, Ziyovuddin, og‘ir metallar, radioaktiv elementlar, konxologik o‘zgaruvchanlik, bioindikator.

Аннотация. В данном исследовании изучено влияние тяжёлых металлов (никель, кобальт, мышьяк, кадмий, железо) и радиоактивных элементов (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs) на виды *Sinanodonta puerorum* и *Sinanodonta orbicularis*, распространённые в различных участках реки Зарафшан. Исследования проводились на территории Зарафшанского национального природного парка и в районе Зиёвуддин. Результаты показали, что с увеличением возраста моллюсков возрастает и накопление тяжёлых металлов в их раковине. В Зарафшанском национальном парке длина раковины трёхлетних особей составила 76 мм, тогда как в районе Зиёвуддин — 71 мм. Анализ радиоактивных элементов был проведён в районах Джамбай, Акдарья и Пахтачи, и установлено, что все показатели находятся ниже допустимых норм. Полученные результаты подтверждают возможность использования моллюсков в качестве биоиндиков при оценке экологического состояния водных экосистем.

Ключевые слова: *Sinanodonta puerorum*, *Sinanodonta orbicularis*, Зарафшанский национальный природный парк, Зиёвуддин, тяжелые металлы, радиоактивные элементы, конхологическая изменчивость, биоиндикатор.

Annotation. This study investigates the effects of heavy metals (nickel, cobalt, arsenic, cadmium, iron) and radioactive elements (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs) on *Sinanodonta puerorum* and *Sinanodonta orbicularis* species distributed across different sections of the Zarafshan River. The research was carried out within the Zarafshan National Nature Park and the Ziyovuddin area. The results indicate that the accumulation of heavy metals in mollusk shells increases with age. In the

Zarafshan National Nature Park, the shell length of three-year-old specimens reached 76 mm, whereas in Ziyovuddin it was 71 mm. The analysis of radioactive elements conducted in the Jomboy, Akdarya, and Pakhtachi districts showed that all values were below permissible limits. The findings demonstrate the potential use of mollusks as bioindicators for assessing the ecological condition of aquatic ecosystems.

Keywords: *Sinanodonta puerorum*, *Sinanodonta orbicularis*, Zarafshan National Nature Park, Ziyovuddin, heavy metals, radioactive elements, conchological variability, bioindicator.

KIRISH

Zamonaviy ekologik tadqiqotlarda suv ekotizimlarining holati va ularning antropogen omillar ta’siridagi o‘zgarishlari muhim global ahamiyatga ega bo‘lgan dolzarb masala hisoblanadi. Gidrobiontlar, xususan mollyuskalar, suv muhitining kimyoviy tarkibi va ekologik holatining eng muhim bioindikatorlari hisoblanadi. Ular filtratsiya qilish jarayonida suvdagi turli moddalarni to‘plashi va uzoq muddat yashashlari sababli, ekotizimlarning uzoq muddatli monitoringi uchun ideal obyekt bo‘lib xizmat qiladi. Og‘ir metallar va radioaktiv elementlar suv ekotizimlarining eng xavfli ifloslantiruvchilari bo‘lib, ularning gidrobiontlar organizmlariga kirib, to‘planishi nafaqat ularning, balki butun ekotizim uchun jiddiy oqibatlarga olib kelishi mumkin. Suvda tarqalgan barcha organizmlar uchun suvning kimyoviy omillari hayotiy muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ularning o‘sishi, rivojlanishi va reproduktiv qobiliyatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [1,8.] .

Zarafshon daryosi O‘zbekistonning muhim suv ekotizimlaridan biri bo‘lib, uning ekologik holati mintaqaning ekologik barqarorligini ta’minlashda katta ahamiyatga ega. Bugungi kunda daryo havzasida qishloq xo‘jaligi, sanoat va aholi tomonidan faol foydalanish natijasida suv sifatining yomonlashishi kuzatilmoqda. Shu munosabat bilan, daryoning turli qismlarida suv sifati va gidrobiontlar holatini o‘rganish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Og‘ir metallar (qo‘rg‘oshin, kadmiy, simob, nikel, kobalt) va kimyoviy moddalar (pestitsidlar, o‘g‘itlar) gidrobiontlarga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bu moddalar ularning immun tizimini zaiflashtiradi va hatto genetik o‘zgarishlarga olib kelishi mumkin. O‘zbekiston Respublikasida suvda tarqalgan elementlarning ruxsat etilgan meyori (REM) quyidagicha belgilangan: Nikel (Ni^{+2}) 0,01 mg/l, Kobalt (Co^{2}) 0,01 mg/l, Mishyak (As^{2}) 0,05 mg/l, Kadmiy (Cd^{2}) 0,005 mg/l, Temir (Fe) 0,5 mg/l, Neft va neft mahsulotlari 0,05 mg/l [2,7,10.].

Ikkipallali mollyuskalar, xususan *Sinanodonta* turkumiga mansub turlar, o‘zlarining filtrlash faoliyati va sekin metabolizmi tufayli suv muhitidagi turli kimyoviy elementlarni to‘plashlari bilan ajralib turadi. Ularning chig‘anog‘i kimyoviy tarkibi suv muhitining uzoq muddatli holatini aks ettiradi va paleoekologik tadqiqotlarda ham qo‘llaniladi. Mazkur tadqiqotda Zarafshon daryosining turli hududlarida tarqalgan *Sinanodonta puerorum* va *Sinanodonta orbicularis* turlariga og‘ir metallar va radioaktiv elementlarning ta’sirini o‘rganish, shuningdek, ularning chig‘anoq morfometriyasidagi o‘zgaruvchanlikni aniqlash nazarda tutilgan [1, 3, 9.].

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqotlar 2024-yil davomida Zarafshon daryosining turli hududlari, Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududi (Jomboy tumani), Oqdaryo hududi, Ziyovuddin hududi va Paxtachi hududlarida olib borildi. Ushbu hududlar daryoning yuqori va quyi oqimini qamrab olgan holda tanlandi.

Namunalarni yig‘ish va tayyorlash. Mollyuskalar namunalari daryoning qirg‘oq qismlaridan va botiq qismlaridan qo‘lda va to‘r yordamida terib olindi. Har bir hududdan turli yoshdagi (3 va 6 yoshli) *Sinanodonta puerorum* turlari, shuningdek, *Sinanodonta orbicularis* turlari yig‘ildi. Mollyuskalarning yoshini chig‘anoqdagi o‘sish halqalari bo‘yicha aniqlandi. Jami Zarafshon daryosining Jomboy hududidan 25 ta, Oqdaryo hududidan 30 ta, Paxtachi hududidan 22 ta namuna terib olindi. Suv namunalari bir litrlik steril idishlarda to‘ldirildi va laboratoriyaga tashish uchun sovuq sharoitda saqlandi. Mollyuskalar chig‘anoqlari yuvib quritildi va keyingi

tahlillar uchun tayyorlandi. Har bir mollyuska chig‘anog‘ining morfologik o‘lchamlari shtangensirkul yordamida 0,1 mm aniqlik bilan olindi.

Og‘ir metallar tahlili. Suv va mollyuskalar chig‘anoqlaridagi og‘ir metallar (nikel, kobalt, mishyak, kadmiy, temir) va neft mahsulotlari miqdori Geologiya instituti laboratoriyasida zamonaviy masspektometr usuli yordamida aniqlandi. Suv namunalarida og‘ir metallar atomik absorbsion spektrofotometriya usuli bilan tahlil qilindi. Neft mahsulotlari infraqizil spektrofotometriya usuli yordamida aniqlandi. *Sinanodonta orbicularis* chig‘anog‘idagi radioaktiv elementlar (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs) miqdori Samarqand davlat universiteti Yadro fizikasi instituti laboratoriyasida aniqlandi [2,6,7.].

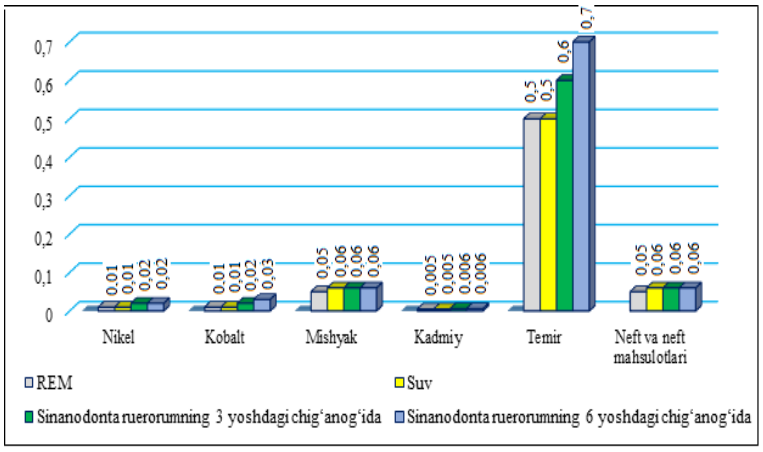
TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Zarafshon daryosining Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududidagi suvda Nikel (Ni^{+2}) 0,01 mg/l, Kobalt (Co^2) 0,01 mg/l, Mishyak (As^2) 0,06 mg/l, Kadmiy (Cd^2) 0,005mg/l, Temir (Fe) 0,5 mg/l, neft va neft mahsulotlari 0,06 mg/l. ga teng ekanligi aniqlandi. *Sinanodonta puerorum* 3 yoshdagi chig‘anog‘ida Nikel (Ni^{+2}) 0,02 mg/l, Kobalt (Co^2) 0,02 mg/l, Mishyak (As^2) 0,06 mg/l, Kadmiy (Cd^2) 0,006mg/l, Temir (Fe) 0,6 mg/l, neft va neft mahsulotlari 0,06 mg/l., chig‘anog‘i uzunligi 76 mm, chig‘anoq qabariqligi 26 mm ga ekanligini o‘rgandik (1-jadval va 1-rasm).

1-jadval

Zarafshon daryosi Zarafshon Milliy tabiat bog‘i hududi suvlarida va *Sinanodonta puerorum* chig‘anog‘ida elementlarning miqdori va o‘zgaruvchanligi (mg/l).

№	Namunalar olingan joy	Nikel (Ni^{+2})	Kobalt (Co^2)	Mishyak (As^2)	Kadmiy (Cd^2)	Temir (Fe)	Neft va neft mahsulotlari	ChU (mm)	ChQ (mm)
	REM	0,01	0,01	0,05	0,005	0,5	0,05		
1.	Suv	0,01	0,01	0,06	0,005	0,5	0,06		
2.	3 yoshdagi chig‘anog‘ida	0,02	0,02	0,06	0,006	0,6	0,06	76	29
3.	6 yoshdagi chig‘anog‘ida	0,02	0,03	0,06	0,006	0,7	0,06	162	67



1-rasm. Zarafshon daryosi Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududi suvlarida va *Sinanodonta puerorum* chig‘anog‘ida elementlarning miqdori va o‘zgaruvchanligi

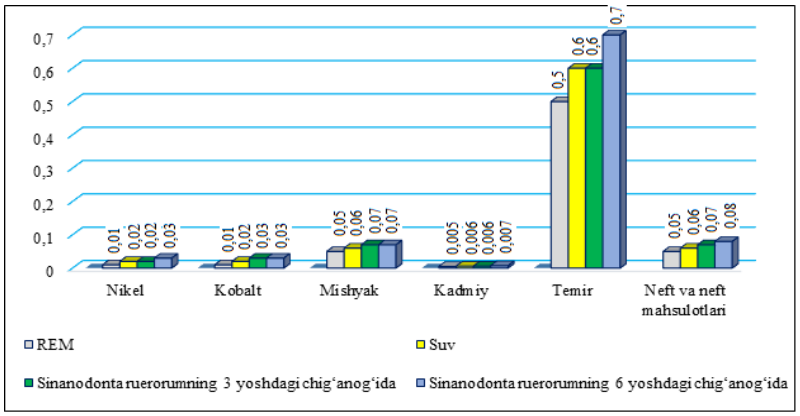
Sinanodonta puerorum 6 yoshdagi chig‘anog‘ida Nikel (Ni^{+2}) 0,02 mg/l, Kobalt (Co^{2}) 0,03 mg/l, Mishyak (As^{2}) 0,06 mg/l, Kadmiy (Cd^{2}) 0,006 mg/l, Temir (Fe) 0,7 mg/l, Neft va neft mahsulotlari 0,06 mg/l. ga teng. *Sinanodonta puerorum*ning chig‘anog‘i uzunligi 162 mm, chig‘anoq qabariqligi 67 mm ekanligini aniqladik.

Zarafshon daryosining Ziyovuddin hududidagi suvda Nikel (Ni^{+2}) 0,02 mg/l, Kobalt (Co^{2}) 0,02 mg/l, Mishyak (As^{2}) 0,06 mg/l, Kadmiy (Cd^{2}) 0,006 mg/l, Temir (Fe) 0,6 mg/l, Neft va neft mahsulotlari 0,06 mg/l. ga teng ekanligi tahlil qilindi. *Sinanodonta puerorum* 3 yoshdagi chig‘anog‘ida nikel (Ni^{+2}) 0,02 mg/l, kobalt (Co^{2}) 0,03 mg/l, Mishyak (As^{2}) 0,07 mg/l, Kadmiy (Cd^{2}) 0,006 mg/l, temir (Fe) 0,6 mg/l, neft va neft mahsulotlari 0,07 mg/l., chig‘anog‘i uzunligi 71 mm, chig‘anoq qabariqligi 24 mm ga ekanligini o‘rgandik. *Sinanodonta puerorum* 6 yoshdagi chig‘anog‘ida nikel (Ni^{+2}) 0,03 mg/l, kobalt (Co^{2}) 0,03 mg/l, Mishyak (As^{2}) 0,07 mg/l, Kadmiy (Cd^{2}) 0,007 mg/l, temir (Fe) 0,7 mg/l, neft va neft mahsulotlari 0,07 mg/l. uchradi (2-jadval va 2-rasm). *Sinanodonta puerorum*ning chig‘anog‘i uzunligi 153 mm, chig‘anoq qabariqligi 62 mm ekanligini aniqladik.

2-jadval

Zarafshon daryosi Ziyovuddin hududi suvlarida va *Sinanodonta puerorum* chig‘anog‘ida elementlarning miqdori va o‘zgaruvchanligi (mg/l).

№	Namunalar olingan joy	Nikel (Ni^{+2})	Kobalt (Co^{2})	Mishyak (As^{2})	Kadmiy (Cd^{2})	Temir (Fe)	Neft va neft mahsulotlari	ChU (mm)	ChQ (mm)
	REM	0,01	0,01	0,05	0,005	0,5	0,05		
1.	Suv	0,02	0,02	0,06	0,006	0,6	0,06		
2.	3 yoshdagi chig‘anog‘ida	0,02	0,03	0,07	0,006	0,6	0,07	71	24
3.	6 yoshdagi chig‘anog‘ida	0,03	0,03	0,07	0,007	0,7	0,08	153	62

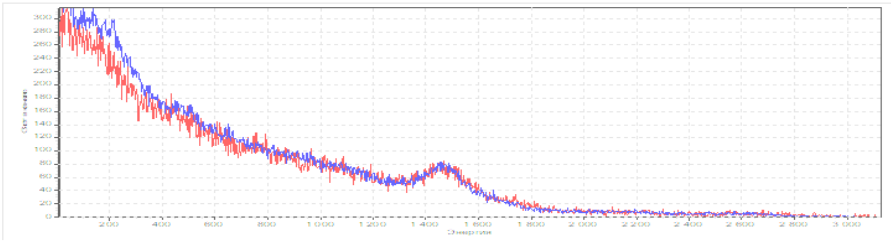


2-rasm. Zarafshon daryosi Ziyovuddin hududi suvlarida va *Sinanodonta puerorum* chig‘anog‘ida elementlarning miqdori va o‘zgaruvchanligi

O‘rganishlarimiz shuni ko‘rsatadiki, Zarafshon daryosining Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududida suvda elementlarning uchrashi REM atrofida ekanligi *Sinanodonta puerorum* chig‘anog‘ida esa 3 yoshida kam 6 yoshida to‘planishi yuqori ekanligini ko‘rsatmoqda. Zarafshon daryosining quyi qismi Ziyovuddin hududida suv va mollyuska chig‘anog‘ida elementlarning

uchrashi ko‘proq ekanligi tahlil qilindi. Suvdagi elementlarning uchrashi tur chig‘anog‘ining o‘sishiga o‘z tasirini ko‘rsatishi aniqlandi. Masalan Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududida 3 yoshda ChU 76 mm, ChQ 26 mm. Ziyovuddin hududida 3 yoshida ChU 71 mm. ChQ 24 mm. 6 yoshda Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududida ChU 162 mm. ChQ 67 mm. Ziyovuddin qismida ChU 153 mm. ChQ 62 mm ekanliga o‘rganildi. Mollyuskalar yoshining oshib borishi bilan ularning chig‘anog‘ida elementlar to‘planishi ham ortishi kuzatildi.

Zarafshon daryosi o‘rta oqimi uchta qismidan Jomboy, Oqdaryo va Paxtachi hududlaridagi suvlardan *Sinanodonta orbicularis* turini terib uning chig‘anog‘ida ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K va ^{137}Cs radioaktiv elementlarning uchrashini tahlil qilindi (3, 4, 5-rasmlar).

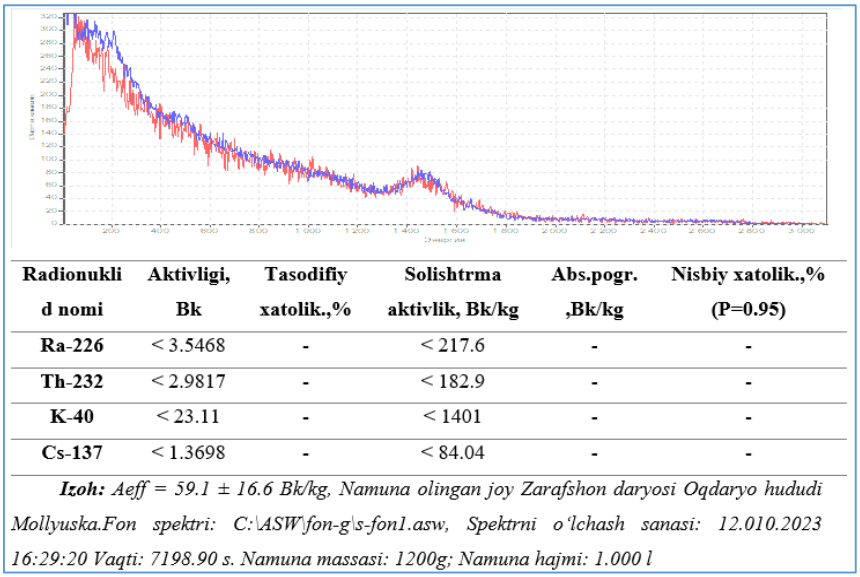


Radionuklid nomi	Aktivligi, Bk	Tasodifiy xatolik.,%	Solishtrma aktivlik, Bk/kg	Abs.pogr., Bk/kg	Nisbiy xatolik.,% (P=0.95)
Ra-226	< 3.43	-	< 173.2	-	-
Th-232	< 2.9247	0.33	< 147.7	11	-
K-40	< 22.844	0.35	< 1172	94	-
Cs-137	< 1.3249	-	< 66.92	-	-

Izoh: *Aeff = 59.1 ± 16.6 Bk/kg, Namuna olingan joy Zarafshon daryosi Jomboy hududi Mollyuska. Fon spektri: C:\ASW\fon-g\s-fon1.asw, Spektrni o‘lchash sanasi: 12.010.2023 16:29:20 Vaqti: 7198.90 s. Namuna massasi: 1200g; Namuna hajmi: 1.000 l.*

3-rasm. Zarafshon daryosi Jomboy hududida tarqalgan *Sinanodonta orbicularis* ning chig‘anog‘ida gamma-spektrlarini o‘lchash natijalari

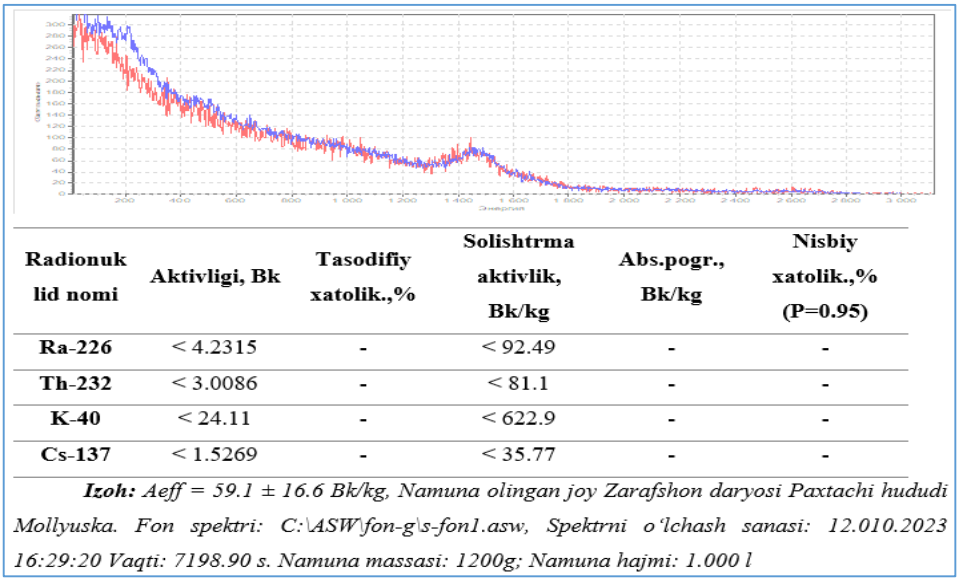
Yarim o‘tkazgichli gamma – spektrometrlari atrof – muhitda sochilgan holda tarqalgan radioaktiv elementlar miqdorini aniqlash imkonini beradi. Aktivligi kichik bo‘lgan biologik namunalar mollyuskalar chig‘anog‘ida tabiiy radioaktivligini o‘lchashda olingan namunalarni quritish, maydalash, kukun qilish yo‘li bilan ularni bir jinsli holatga keltirish mumkin. Bu jarayon o‘lchashdan olinadigan natijalar aniqligini oshirishda muhim hisoblanadi. Mollyuskalar tabiiy radioaktivligini o‘lchash uchun chig‘anoq quritilib maydalanib bir jinsli kukun holiga keltirildi va o‘lchash uchun 1200 grammdan tortib olindi.



Radionuklid nomi	Aktivligi, Bk	Tasodifiy xatolik.,%	Solishtrma aktivlik, Bk/kg	Abs.pogr. ,Bk/kg	Nisbiy xatolik.,% (P=0.95)
Ra-226	< 3.5468	-	< 217.6	-	-
Th-232	< 2.9817	-	< 182.9	-	-
K-40	< 23.11	-	< 1401	-	-
Cs-137	< 1.3698	-	< 84.04	-	-

Izoh: Aeff = 59.1 ± 16.6 Bk/kg, Namuna olingan joy Zarafshon daryosi Oqdaryo hududi Mollyuska.Fon spektri: C:\ASW\fon-g\s-fon1.asw, Spektrni o‘lchash sanasi: 12.010.2023 16:29:20 Vaqti: 7198.90 s. Namuna massasi: 1200g; Namuna hajmi: 1.000 l

4-rasm. Zarafshon daryosi Oqdaryo hududida tarqalgan *Sinanodonta orbicularis* ning chig‘anog‘ida gamma-spektrlarini o‘lchash natijalari.



Radionuklid nomi	Aktivligi, Bk	Tasodifiy xatolik.,%	Solishtrma aktivlik, Bk/kg	Abs.pogr., Bk/kg	Nisbiy xatolik.,% (P=0.95)
Ra-226	< 4.2315	-	< 92.49	-	-
Th-232	< 3.0086	-	< 81.1	-	-
K-40	< 24.11	-	< 622.9	-	-
Cs-137	< 1.5269	-	< 35.77	-	-

Izoh: Aeff = 59.1 ± 16.6 Bk/kg, Namuna olingan joy Zarafshon daryosi Paxtachi hududi Mollyuska. Fon spektri: C:\ASW\fon-g\s-fon1.asw, Spektrni o‘lchash sanasi: 12.010.2023 16:29:20 Vaqti: 7198.90 s. Namuna massasi: 1200g; Namuna hajmi: 1.000 l

5- rasm. Zarafshon daryosi Paxtachi hududida tarqalgan *Sinanodonta orbicularis* ning chig‘anog‘ida gamma-spektrlarini o‘lchash natijalari.

Santyurina A (2008)., Bigaliyev A (2009)., Krishev A va b. (2014) lar ikkipallali va qorinoyoqli mollyuskalarning tabiiy radioaktivligi ko‘rsatkichlari to‘g‘risida adabiyotlarda ma’lumotlar keltirgan. Daryoning o‘rta oqimida tarqalgan *Sinanodonta orbicularis* turiga suv *Sinanodonta orbicularis*tabiiy radioaktivligi ta’siri va u orqali suvlarning radiatsiya balansi to‘g‘risida ma’lumotlar olish mumkin bo‘lgan imkoniyatlari o‘rganildi (3-jadval).

Zarafshon daryosi Jomboy tumani hududi chegara hududi mollyuskalari chig‘anog‘i tarkibidagi tabiiy radionuklid aktivligi ^{40}K – miqdori detektorning aniqlash chegarasidan kichik bo‘lib < 22,844 Bk/kg ni tashkil qiladi. Daryoning Oqdaryo chegara hududi mollyuskalari chig‘anog‘i namunasidagi tabiiy radionuklid ^{40}K miqdori ham fon darajasida bo‘lib detektorning aniqlash chegarasidan kichik < 23,11 Bk/kg miqdorni tashkil qiladi.

3-jadval

Turli biotoplarda tarqalgan *S.orbicularis* chig‘anog‘i tarkibidagi radioaktiv elementlarning solishtirma gamma-aktivligi ham chig‘anoq morfometrik belgilari.

Namunalar terilgan hududlar	*n*	Radioaktiv elementlar (Bk/kg)				Chig‘anoq o‘lchamlari (mm)			Massasi (g)
		^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs	L	H	W	M
Jomboy	25	< 22,8	< 2,92	< 3,43	< 1,32	99,81 ± 0,6 (87,6–112,1)	66,47 ± 0,2 (56,0–77,1)	43,2 ± 0,2 (35,0–52,2)	241,6 ± 1,2 (231,0– 252,5)
Oqdaryo	30	< 23,1	< 2,98	< 3,55	< 1,36	99,0 ± 0,3 (87,6–109,4)	66,2 ± 0,4 (57,3–76,4)	42,6 ± 0,7 (33,1–51,6)	239,8±0,8 (227,4–251,6)
Paxtachi	22	< 24,1	< 3,00	< 4,23	< 1,52	96,35 ± 0,4 (84,1–110,6)	63,4 ± 0,1 (55,5–71,2)	41,2 ± 0,5 (29,0–51,4)	239,1±1,4 (228,1–249,8)

Daryoning Paxtachi hududida tarqalgan mollyuskalar chig‘anog‘i namunalari tarkibidagi radionuklidlar miqdori fon darajasida bo‘lib, tabiiy radionuklid ^{40}K miqdori < 24,11 Bk/kg ni tashkil qiladi. Ammo daryoning Jomboy, Oqdaryo va Paxtachi hududlarida chig‘anoqlarning namunalari tarkibidagi tabiiy radionuklid ^{40}K miqdori (yuqorida keltirilgan) ortib borganligini izohlash mumkin.

Toriy ^{232}Th- hamda uran oilasiga mansub ^{226}Ra- larning miqdorlari mos holda Jomboy tuman hududida < 2.9247; < 3.43, Oqdaryo hududida < 2.9817; < 3.5468, Paxtachi hududida < 3.0086; < 4.2315 Bk/kg ni, ni tashkil etdi. Bu esa daryo, ko‘l, baliqchilik xo‘jaliklari suv omborlaridagi organizmlarda uran-toriy oilasiga mansub radionuklidlarning belgilangan chegara qiymatidan yuqori emasligini ko‘rsatdi.

Texnogen radionuklid ^{137}Cs asosan atmosfera havosi tarkibida yomg‘ir, qor, chang zarralari tarkibida bo‘lib, asosan yog‘inlar natijasida daryo, suv omborlarining suvlari tarkibiga ma’lum miqdorda yig‘iladi. Shuning uchun biz tanlagan joylarning suvlari tarkibida bunday radionukiltidlar Zarafshon daryosi Jomboy hududida <1.3249, Oqdaryo hududida < 1.3698, Paxtachi hududida < 1.5269 Bk/kg ni tashkil qildi.

XULOSA VA TAVSIYALAR.

Zarafshon daryosi suvlarida og‘ir metallar miqdori daryoning yuqori qismidan quyi qismiga tomon ortib boradi. Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududida ko‘pgina elementlar ruxsat etilgan meyorga yaqin bo‘lsa-da, Ziyovuddin hududida nikel va kobalt 2 marta, mishyak, kadmiy va temir 1,2-1,4 marta yuqori ko‘rsatkichga ega. Mollyuskalar chig‘anog‘ida og‘ir metallarning to‘planishi suv tarkibidagi miqdordan 1,5-3 marta yuqori bo‘lib, bu ularning bioakkumulyatsion xususiyatini ko‘rsatadi. Mollyuskalar yoshining ortishi bilan (3 yoshdan 6 yoshga) chig‘anoqda elementlar to‘planishi 1,15-1,5 marta oshadi.

Og‘ir metallarning yuqori konsentratsiyasi mollyuskalarning morfometrik ko‘rsatkichlariga ta‘sir ko‘rsatadi. Ziyovuddin hududidagi 3 yoshli mollyuskalar chig‘anog‘i Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududidagilarga nisbatan 5-7% kichik o‘lchamlarga ega. Zarafshon daryosida radioaktiv ifloslanish darajasi yuqori emasligi qayd etildi. Tabiiy radionuklidlar (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) va texnogen ^{137}Cs miqdori barcha hududlarda xavfsiz darajada va aniqlash chegarasidan past.

Daryoning yuqori qismidan quyi qismiga tomon mollyuskalar taksonomik xilma-xilligining sezilarli kamayishi (24 turdan 11 turgacha) kuzatildi, bu antropogen omillarning biologik xilma-

xillikka salbiy ta’sirini aks ettiradi. *Sinanodonta puerorum* va *Sinanodonta orbicularis* turlari Zarafshon daryosi ekotizimining suv sifati va ekologik holatini baholashda samarali bioindikator organizmlar sifatida ishlatilishi mumkin.

Gidrobiontlarni suv ifloslanishlaridan himoya qilish uchun Zarafshon daryosi bo‘ylab doimiy monitoring stansiyalarini tashkil etish va yiliga kamida 4 marta (fasllar bo‘yicha) suv va gidrobiontlar namunalarini olish tavsiya etiladi. Bu ifloslanish dinamikasini kuzatish va o‘z vaqtida choralar ko‘rish imkonini beradi.

Mollyuskalar populyatsiyasining zichligi, taksonomik tarkibi va morfometrik ko‘rsatkichlaridan suv ekotizimlarining ekologik holatini baholashda muntazam foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Zarafshon milliy tabiat bog‘i hududidagi nisbatan yaxshi ekologik holat va yuqori biologik xilma-xillikni hisobga olib, shunga o‘xshash muhofaza qilinadigan hududlarni boshqa hududlareda ham tashkil etish tavsiya etiladi.

Mahalliy aholi va tadbirkorlar orasida suv resurslaridan oqilona foydalanish va ularni ifloslanishdan asrash bo‘yicha targ‘ibot ishlarini kuchaytirish lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Boymurodov H., Zhabborova T., Tuinazarova I., Otakulov B., Egamkulov A. Aquatic ecosystems of the lower reaches of the Zarafshan River diversity and ecological groups of molluscs // E3S Web of Conferences. – 2021. –Vol. 262. – P. 12-14.
2. Lavanya S., Ramesh M., Kavitha C., Malarvizhi A. Hematological, biochemical and ionoregulatory responses of Indian major carp Catla catla during chronic sublethal exposure to inorganic arsenic // Chemosphere. 2011. Vol. 82, No. 7. P. 977-985.
3. Sladecek V. “System of Water Quality from the Biological Point of View” //Achieves für Hydrobiologie - Beiheft Ergebnisse der Limnologie. – 1973. – Vol. 7, No. 1. – P. 1-218.
4. Usero J., Izquierdo C., Morillo J., Gracia I. Heavy metals in fish (Solea vulgaris, Anguilla anguilla and Liza aurata) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain // Environment International. 2003. Vol. 29, No. 7. P. 949-956.
5. Wang X., Sato T., Xing B., Tao S. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish // Science of The Total Environment. 2005. Vol. 350, No. 1-3. P. 28-37.
6. Zhang L., Wang W.X. Significance of subcellular metal distribution in prey in influencing the trophic transfer of metals in a marine fish // Limnology and Oceanography. 2007. Vol. 52, No. 5. P. 2008-2017.
7. Zhou Q., Zhang J., Fu J., Shi J., Jiang G. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem // Analytica Chimica Acta. 2008. Vol. 606, No. 2. P. 135-150.
8. Иззатуллаев З.И. Ахмедова Г., Боймуродов Х.Т. Маматкулов О.Б., Нурмуродов А.Н., Хакимов Ш.Х. Радиоактивност моллюсков и рыб в бассейне реке Зарафшан. Илмий ахборотнома. Физика. – 2019. – № 3. – Б. 44 – 46.
9. Иззатуллаев З.И. Ахмедова Г.А, Боймуродов Х.Т. Эгамқулов А.Н., Нурмуродов А.Н. Радиоактивност моллюсков и рыб в бассейне реке Зарафшан // Экология и эволюция новые горизонты: Материалы международного симпозиума, посвященного 100-летию академика С.С. Шварца. – Екатеринбург, 2019. – С. 431-434.
10. Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Жадко Е.А., Чусовитина С.В. Микроэлементный состав тканей некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого (бухта Северная). Вестник ДВО РАН. 2013. № 5. – С. 127-132.

ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНТОМОПАТОГЕННОГО ГРИБА КАК БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ ВРЕДИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Разикова Маликахон Фаррухжон кизи, докторант
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
Хўжамшукуров Нортожи Абдихоликович, профессор
Ташкентский химико-технологический институт

Аннотация. Энтомопатогенные микроорганизмы, включая грибы, играют важную роль как естественные регуляторы численности насекомых-фитофагов. Гриб *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor., впервые выделенный И.И. Мечниковым, является перспективным биологическим ресурсом для создания экологически безопасных биопрепаратов защиты растений. В последние годы разработаны препараты на основе *M. anisopliae var. acridum*, эффективно применяемые против саранчовых, однако в России такие средства пока не зарегистрированы. Для разработки аналогичных биоинсектицидов необходимо детальное изучение свойств *M. anisopliae*, в том числе его морфологической и функциональной изменчивости. Проведённые исследования показали, что морфовары, возникающие при спонтанной изменчивости коллекционных штаммов Р-72 и 85-69р, отличаются по структуре колоний, цвету мицелия и инсектицидной активности. Морфовары с пушистой структурой колоний проявляют более высокую вирулентность по сравнению с порошистыми.

Ключевые слова: Metarhizium anisopliae; энтомопатогенные грибы; биологический контроль; фитофаги; вирулентность; морфовары; ферментативная активность; биопестициды; микробные инсектициды.

Annotatsiya. Entomopatogen mikroorganizmlar, jumladan, zamburug‘lar, fitofag hasharotlar populyatsiyasining tabiiy regulyatori sifatida muhim rol o‘ynaydi. Birinchi marta I.I. Mechnikov tomonidan ajratib olingan Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sor. qo‘ziqorini ekologik toza o‘simliklarni himoya qilish biopreparatlarini yaratish uchun istiqbolli biologik resurs hisoblanadi. So‘nggi yillarda chigirtkalarga qarshi samarali bo‘lgan M. anisopliae var. asosidagi preparatlar ishlab chiqildi. acridum hali Rossiyada ro‘yxatdan o‘tkazilmagan. Shunga o‘xshash bioinsektitsidlarni ishlab chiqish M. anisopliae xususiyatlarini, shu jumladan uning morfologik va funktsional o‘zgaruvchanligini batafsil o‘rganishni talab qiladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, P-72 va 85-69p kolleksiya shtammlarining o'z-o'zidan o'zgaruvchanligidan kelib chiqadigan morfovarlar koloniya tuzilishi, mitseliy rangi va insektitsid faolligi jihatidan farq qiladi. Yumshoq koloniya tuzilmalariga ega morfovarlar kukunsimonlarga qaraganda yuqori virulentlikni namoyon etadi.

Kalit so'zlar: Metarhizium anisopliae; entomopatogen zamburug'lar; biologik nazorat; fitofaglar; virulentlik;

Abstract. Entomopathogenic microorganisms, including fungi, play a crucial role as natural regulators of phytophagous insect populations. The fungus Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sor., first isolated by I.I. Mechnikov, represents a promising biological resource for developing environmentally safe biopesticides for plant protection. In recent years, formulations based on M. anisopliae var. acridum have been successfully applied worldwide for the control of locust populations; however, such preparations are not yet registered in Russia. To develop efficient biological insecticides, a detailed investigation of the biological potential of M. anisopliae is required, including its morphological and functional variability. Studies have shown that

morphovars arising from spontaneous variability of the collection strains R-72 and 85-69r differ in colony morphology, pigmentation, and insecticidal activity. Morphovars with a fluffy colony structure exhibit higher virulence compared to powdery ones. To comprehensively assess the biological potential of the isolated morphovars, their enzymatic activity and resistance to ultraviolet radiation were examined.

Keywords: Metarhizium anisopliae; entomopathogenic fungi; biological control; phytophagous insects; virulence; morphovars; enzyme activity; biopesticides; microbial insecticides.

ВВЕДЕНИЕ

Энтомопатогенные микроорганизмы, включая грибы, являются важнейшими естественными факторами, регулирующими численность насекомых-фитофагов в природных экосистемах. Данный биологический ресурс открывает возможности использования природных энтомопатогенов в качестве основы для создания биологических средств защиты растений. Одним из наиболее изученных представителей этой группы является гриб *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor., который впервые был выделен И. И. Мечниковым из погибших особей жуков рода *Anisoplia*. Учёный предложил применять биомассу гриба, культивированного на питательных средах, в качестве экологически безопасного средства растительной защиты. Этот факт считается важной вехой в становлении микробиологического метода защиты растений [1].

Несмотря на историческую значимость открытия, недостаточная теоретическая и технологическая база в течение долгого времени сдерживала производство и практическое использование препаратов на основе данного гриба. Для создания эффективных биологических инсектицидов, способных заменить синтетические химические аналоги, необходимо глубокое исследование биологического потенциала *M. anisopliae* с целью рационального использования его свойств в биоконтроле популяций насекомых-фитофагов. Одним из факторов, определяющих изменение вирулентности энтомопатогенных грибов, является спонтанная изменчивость [2]. Поскольку такие процессы регулярно происходят в природных агроценозах, их изучение позволяет лучше понять механизмы возникновения эпизоотий в популяциях насекомых, когда особенно ярко проявляется потенциал гриба как биологического регулятора и элемента, способствующего сохранению биоразнообразия экосистем.

Ранее установлено, что в результате спонтанной изменчивости коллекционных штаммов Р-72 и 85-69р *M. anisopliae* формируются морфовары, различающиеся по структуре колоний и окраске воздушного мицелия [3]. При моноспоровых рассевах эти штаммы чётко дифференцируются на два морфологических подтипа, каждый из которых характеризуется специфическими особенностями роста, пигментации и спороношения. С практической точки зрения важно, что морфовары с пушистой структурой колоний (Р-72-1 и 85-69р-1) обладают более выраженной инсектицидной активностью по сравнению с

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использовались коллекционные штаммы *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. — Р-72 и 85-69р, предоставленные Институтом микробиологии РУзб. (Рис 1)

Морфовары Р-72-1, Р-72-2, 85-69р-1 и 85-69р-2 были получены в результате проявления спонтанной изменчивости исходных коллекционных штаммов. Культуры поддерживались методом периодических пересевов на скошенном агаре среды Сабуро. Пробирки с культурами хранили при температуре +5 ± 1 °С, осуществляя пересев на свежие питательные среды один раз в шесть месяцев.

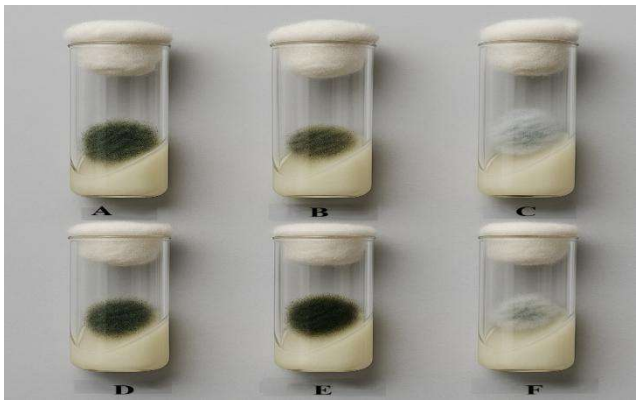


Рис. 1. Коллекционные штаммы и морфовары Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sor.
A-штамма P-72
B-штамма P-72-1
C-штамма P-72-2
D-штамма P-85-69p
E-штамма 85-69p-1
F-штамма 85-69p-2

Активность основных гидролитических ферментов определяли по стандартным методикам. Протеазную, липазную и амилазную активность измеряли по методике, предложенной В.В. Смирновым с соавторами [4]. Активность хитиназы оценивали по способности фермента расщеплять хитин до N-ацетилглюкозамина. Эстеразную активность определяли по классической методике, описанной в литературе [5].

Одной из характерных особенностей энтомопатогенных грибов, выгодно отличающей их от вирусных и бактериальных патогенов, является способность активно проникать в организм насекомого через кутикулу. Поскольку кутикула включает в свой состав белки, хитин и липиды, успешная инвазия гриба возможна лишь при наличии соответствующего комплекса гидролитических ферментов.

В литературе неоднократно отмечалась взаимосвязь между ферментативной активностью, культурально-морфологическими признаками и вирулентностью энтомопатогенных грибов, включая *Metarhizium anisopliae* [6]. Отбор изолятов с повышенной способностью продуцировать ферменты (протеазы, липазы, хитиназы, эстеразы и др.) может быть более информативным и практичным, чем классификация по морфологическим критериям. Следовательно, уровень ферментативной активности является важным биохимическим показателем, характеризующим биологический потенциал штаммов и морфоваров данного вида.

В рамках настоящей работы была исследована ферментативная активность коллекционных штаммов и выделенных морфоваров энтомопатогенного гриба *M.*

Таблица 1.

Ферментативная активность коллекционных штаммов и морфологических вариантов M. anisopliae

Штамм	Протеазная*	Эстеразная**	Липазная*	Амилазная*	Хитиназная**
P-72	5	0.38	3	17	61
P-72-1	12	0.78	11	24	80
P-72-2	4	0.11	3	8	23
85-69p	4	0.08	3	10	25
85-69p-1	7	0.08	6	12	20
85-69p-2	4	0.05	4	9	21
$НСР_{05}$	2	0.05	2	2	2

**Примечание: * — зона лизиса специфического субстрата, мм; ** — единицы активности в 1 мл культуральной среды.*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты показали, что морфологические различия между вариантами коррелируют с изменением ферментативной активности. Среди морфоваров обнаружены как варианты с повышенной активностью относительно исходных штаммов, так и с пониженной. Так, вариант Р-72-1 демонстрировал существенно более высокие показатели по всем видам активности: протеолитическая активность превышала уровень родительского штамма в 2,4 раза, эстеразная — в 2,1 раза, липазная — в 3,7 раза, амилазная — в 1,4 раза, а хитиназная — в 1,3 раза.

Для штамма 85-69р существенное увеличение ферментативной активности наблюдалось у морфовара 85-69р-1, в частности по протеазной (в 1,8 раза) и липазной (в 2 раза) активности. Согласно литературным данным [7], именно протеазы играют ведущую роль на ранних этапах инфицирования насекомого, обеспечивая первичное разрушение белковых компонентов кутикулы, тогда как хитиназы проявляют активность на более поздних стадиях инвазии.

Сравнительный анализ показал, что для морфоваров с пушистой структурой колоний наблюдается преобладающее повышение протеолитической активности по сравнению с хитинолитической. Особенно заметно возрастание липазной и эстеразной активности при переходе от штамма Р-72 к морфовару Р-72-1, что может свидетельствовать о его приспособленности к поражению насекомых с высоким содержанием липидов в кутикуле.

Высокая эстеразная активность морфовара Р-72-1 в сочетании с ранее установленной повышенной вирулентностью [8] указывает на возможное ускорение патогенеза при заражении хозяина данным вариантом. Различия в амилазной активности наиболее отчётливо проявляются между морфоварами Р-72-1 и Р-72-2, характеризующимися соответственно пушистой и порошистой структурой колоний.

Таким образом, по совокупности показателей наибольший интерес с точки зрения биологического ресурса для регуляции численности фитофагов представляет морфовар Р-72-1. Его преимущества обусловлены комплексом высоких значений протеазной, липазной и хитиназной активности, обеспечивающих эффективное проникновение гриба через кутикулу насекомого и развитие инфекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты, полученные в ходе исследования, показали, что различия во вирулентности штаммов и морфоваров энтомопатогенного гриба *Metarhizium anisopliae*, ранее описанные в литературе [8], определяются не только культурально-морфологическими особенностями, но и связаны с уровнем ферментативной активности. Наибольшее влияние на инсектицидные свойства изолятов оказывают протеазная, липазная и хитиназная активности.

Среди изученных образцов наибольшие значения всех исследованных ферментативных показателей продемонстрировал морфовар Р-72-1, который также характеризовался самой высокой степенью вирулентности по отношению к насекомым-фитофагам. Кроме того, данный изолят проявил наибольшую устойчивость к ультрафиолетовому излучению, что имеет важное значение для сохранения жизнеспособности и эффективности энтомопатогенных грибов в природных условиях.

Таким образом, установлено, что сочетание высокой ферментативной активности и устойчивости к абиотическим факторам внешней среды определяет значительный биологический потенциал штамма Р-72-1 *M. anisopliae* как перспективного агента биологического контроля насекомых-фитофагов. Полученные результаты дополняют существующие представления о физиолого-биохимических характеристиках энтомопатогенных грибов и расширяют научные основы их практического применения.

Рекомендуется применять изолят Р-72-1 для биоконтроля насекомых-фитофагов в открытом грунте, тепличных хозяйствах, а также при предпосевной обработке семян. Оптимальным является использование биопрепарата в форме сухой споровой массы с концентрацией не менее 1×10^8 спор/мл, с нормой расхода 250–350 мл/га при опрыскивании. Для повышения эффективности рекомендуется совмещать применение препарата с увлажнением почвы, исключая совместное использование с химическими инсектицидами в период 5–7 дней.

Производство биопрепаратов на основе M. anisopliae возможно методом твердой ферментации на зерновых субстратах (рис, кукуруза, пшеница) с последующим сушением при 28–32 °C. При себестоимости субстрата до 7 500 сум/кг и выходе сухой биомассы 0,62–0,83 кг/кг сырья экономическая эффективность производства препарата может достигать 110–145 тыс. сум/кг, что позволяет заменить импортные биоинсектициды

Список литературы

1. Lord J.C. From Metchnikoff to Monsanto and bey ond: The path of microbial control / J. C. Lord // J. Invertebr. Pathol. – 2005. Vol. 89. – P. 19–29.
2. Огарков Б.Н. Энтомопатогенные грибы Восточной Сибири / Б.Н. Огарков , Г.Р. Огаркова. – Иркутск : Изд-во Иркут . ун-та, 2000. – 134 с.
3. Serebrov V. Spontaneous variability of Metarhizium anisopliae strains as an approach for enhancement of insect activity / V. Serebrov, A. Maljarchuk,
M.V. Shternshis // Plant Sci. (Sofia). – 2007. – Vol. 44. – P. 244–247.
4. Смирнов В.В. Спороообразующие аэробные бактерии – продуценты биологически активных веществ / В.В. Смирнов , С.Р. Резник , И.А. Василевская . – Киев : Наукова думка , 1982. – 280 с.
5. Staeudinger M. Esterase. VIII. Histochemische el erophoretishe und quantitative Untersuchungen zum einfluss von phenobarbital auf die / M. Staeudinger, O. Diemling, C. Grossarth, T. Wienker // Histochemie. – 1973. – Hbd. 37. – S. 107–116.
6. Павлюшин В.А. Ферментативная активность и вирулентность энтомопатогенного гриба Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. / В .А. Павлюшин // Микология и фитопатология . – 1977. – Т . 11. – С . 283–289.
7. Kang S.C. Purification and characterization of a nove l chitinase from entomopathogenic fungus, Metarhizium anisopliae / S.C. Kang, S. Park, D.G. Lee // J. Invertebr. Pathol. – 1999. – Vol. 73. – P. 276–281.
8. Serebrov V. Spontaneous variability of Metarhizium anisopliae strains as an approach for enhancement of insect activity / V. Serebrov, A. Maljarchuk, M.V. Shternshis // Plant Sci. (Sofia). – 2007. – Vol. 44. – P. 244–247.

CATHARANTHUS ROSEUS PLANT-DERIVED ENDOPHYTES: STUDY OF THEIR BIOLOGICAL DIVERSITY AND IDENTIFICATION OF BIOACTIVE SECONDARY METABOLITES

Norqo‘ziyeva Ozoda Shodmonqul qizi
Master’s degree student (1st year) in Microbiology at Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan.

Annotation: The study focuses on the isolation and identification of endophytic microorganisms from Catharanthus roseus (Madagascar periwinkle) and the assessment of their biological diversity. Endophytes are known to produce various bioactive secondary metabolites that play an essential role in plant protection and the development of new pharmaceutical

compounds. In this research, different endophytic strains were isolated, characterized, and analyzed for their ability to synthesize biologically active metabolites. The results highlight the potential of Catharanthus roseus endophytes as valuable sources of natural bioactive compounds useful for biotechnology and medicine.

Keywords: Catharanthus roseus, endophytes, biological diversity, secondary metabolites, bioactivity, biotechnology, natural compounds.

Anotatsiya: Ushbu tadqiqot Catharanthus roseus (Madagaskar vincasi) o‘simligidan ajratilgan endofitik mikroorganizmlarni aniqlash va ularning biologik xilma-xilligini baholashga bag‘ishlangan. Endofitlar turli xil biofaol ikkilamchi metabolitlarni sintez qilish xususiyatiga ega bo‘lib, ular o‘simliklarni himoya qilish va yangi farmatsevtik birikmalar yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot davomida turli endofit shtammlari ajratib olindi, ularning morfologik va biokimyoviy xususiyatlari o‘rganildi hamda biofaol metabolitlar sintez qilish qobiliyati tahlil qilindi. Olingan natijalar Catharanthus roseus endofitlarining biotexnologiya va tibbiyotda qo‘llanishi mumkin bo‘lgan tabiiy biofaol moddalarning istiqbolli manbai ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Catharanthus roseus, endofitlar, biologik xilma-xillik, ikkilamchi metabolitlar, biofaollik, biotexnologiya, tabiiy birikmalar.

Аннотация: В исследовании рассматривается выделение и идентификация эндофитных микроорганизмов из растения Catharanthus roseus (барвинок розовый) и оценка их биологического разнообразия. Известно, что эндофиты продуцируют различные биологически активные вторичные метаболиты, играющие важную роль в защите растений и разработке новых фармацевтических соединений. В ходе работы были выделены и охарактеризованы различные штаммы эндофитов, а также проанализирована их способность синтезировать биологически активные вещества. Полученные результаты показывают потенциал эндофитов Catharanthus roseus как ценного источника природных биоактивных соединений, полезных для биотехнологии и медицины.

Ключевые слова: Catharanthus roseus, эндофиты, биологическое разнообразие, вторичные метаболиты, биологическая активность, биотехнология, природные соединения.

INTRODUCTION

Endophytic microorganisms are bacteria and fungi that live inside plant tissues without causing any apparent harm to their host. They are considered an essential component of the plant microbiome and play a significant role in promoting plant growth, enhancing resistance to pathogens, and producing biologically active secondary metabolites. These metabolites often possess antimicrobial, antioxidant, antitumor, and other pharmacologically valuable properties.

Catharanthus roseus (Madagascar periwinkle) is a well-known medicinal plant widely used for its alkaloids such as vincristine and vinblastine, which are used in cancer treatment. Recent studies have shown that endophytes associated with C. roseus can also produce similar or even novel bioactive compounds with potential pharmaceutical importance. Studying the diversity of endophytes from Catharanthus roseus and analyzing their metabolic potential is therefore of great scientific and practical interest. Understanding these microorganisms contributes to the discovery of new natural products and supports the development of environmentally friendly biotechnological processes for medicine and agriculture.

LITERATURE REVIEW

Endophytic microorganisms have gained significant scientific attention due to their ability to live symbiotically within plant tissues and produce bioactive compounds similar to their host plants. The term “endophyte” was first introduced by De Bary in 1866 to describe microorganisms inhabiting internal plant tissues without causing disease [1]. Since then, numerous studies have

revealed the diversity and ecological roles of endophytes in plant health and secondary metabolism [2, 3].

Catharanthus roseus (Madagascar periwinkle) is a well-known medicinal plant belonging to the family Apocynaceae. It is a natural source of pharmacologically important indole alkaloids, such as vincristine and vinblastine, used in cancer therapy [4]. Recent studies suggest that endophytes associated with C. roseus are capable of synthesizing the same or structurally similar alkaloids, indicating their biotechnological potential [5, 6]. According to Strobel and Daisy (2003), endophytes represent an untapped reservoir of novel bioactive secondary metabolites with antibacterial, antifungal, antiviral, and anticancer activities [7]. These microorganisms contribute to the ecological fitness of plants by enhancing stress resistance, nitrogen fixation, and protection against pathogens [8].

Research by Kusari et al. (2012) demonstrated that certain fungal endophytes isolated from C. roseus were able to produce vinblastine-like compounds in vitro [9]. Similarly, Zhao et al. (2010) and Suryanarayanan (2013) reported that the metabolic diversity of endophytes depends on the plant’s habitat, environmental conditions, and host genotype [10, 11].

Several studies have emphasized the importance of exploring endophytic diversity as a sustainable alternative source of natural products for pharmaceutical and agricultural applications [12, 13]. Modern techniques such as molecular identification, chromatography, and spectroscopic analysis have enhanced the understanding of endophyte-host relationships and metabolite production pathways [14, 15].

METHODS

Plant Material Collection. Healthy and disease-free leaves, stems, and roots of Catharanthus roseus were collected from the botanical garden of the Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan. Samples were placed in sterile polyethylene bags, labeled, and transported to the microbiology laboratory for further processing within 24 hours of collection.

Surface Sterilization of Plant Samples: Collected plant materials were thoroughly washed under running tap water to remove dust and debris. The samples were then surface sterilized using the following sequence:

1. Immersion in 70% ethanol for 1 minute.
2. Treatment with 2% sodium hypochlorite (NaOCl) solution for 3 minutes.
3. Rinsing three times with sterile distilled water to remove traces of disinfectant.

The final rinse water was plated on nutrient agar to check the effectiveness of surface sterilization.

Isolation of Endophytic Microorganisms: Sterilized plant parts were aseptically cut into small segments (0.5–1 cm) and placed on Potato Dextrose Agar (PDA) and Nutrient Agar (NA) plates supplemented with antibiotics to suppress bacterial contamination. The plates were incubated at 28 ± 2°C for 7–14 days. Emerging fungal and bacterial colonies from the plant tissues were sub-cultured on fresh media to obtain pure isolates.

Identification of Endophytes: The obtained isolates were identified based on their morphological characteristics (colony color, texture, growth rate, and spore formation) and microscopic features using lactophenol cotton blue staining. Molecular identification was carried out for representative strains using 16S rRNA (for bacteria) and ITS (Internal Transcribed Spacer) sequencing (for fungi).

Screening for Secondary Metabolite Production: Each pure endophytic isolate was inoculated into Potato Dextrose Broth (PDB) and incubated under shaking conditions (120 rpm, 28°C) for 10–14 days. After incubation, the culture broth was filtered and extracted using ethyl acetate. The organic phase was evaporated to dryness, and the crude extracts were tested for bioactivity.

Bioactivity Assays: Antimicrobial activity of the extracts was tested against pathogenic bacterial strains (Staphylococcus aureus, Escherichia coli, and Bacillus subtilis) using the agar well diffusion method. Zones of inhibition were measured in millimeters to evaluate bioactivity.

Chemical Analysis of Secondary Metabolites: The crude extracts showing significant bioactivity were subjected to Thin Layer Chromatography (TLC) and High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) for the detection and partial characterization of secondary metabolites. UV–Visible spectrophotometry was also employed to determine the presence of alkaloids and phenolic compounds.

Data Analysis: All experiments were carried out in triplicate. The obtained data were analyzed using descriptive statistics, and results were expressed as mean ± standard deviation (SD). The correlation between endophytic diversity and metabolite production was evaluated statistically.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 25 endophytic isolates were successfully obtained from healthy leaves, stems, and roots of Catharanthus roseus. The frequency of endophyte occurrence was higher in leaf tissues (48%) compared to stems (32%) and roots (20%). Morphological and microscopic observations revealed that most isolates belonged to fungal genera such as Aspergillus, Penicillium, Fusarium, and Cladosporium, while a few bacterial isolates were identified as Bacillus and Pseudomonas species.

These results are in agreement with the findings of Kumar and Kaushik (2013), who reported a high diversity of fungal endophytes in C. roseus tissues [5]. The dominance of Aspergillus and Penicillium suggests their adaptability to the internal plant environment and potential metabolic versatility.Secondary Metabolite Production: Among the isolated endophytes, 12 fungal and 3 bacterial strains showed visible pigment production and strong growth in broth culture, indicating active metabolite synthesis. Ethyl acetate extracts from these isolates were subjected to antimicrobial screening.

The isolates Aspergillus niger (E4), Penicillium sp. (E7), and Bacillus subtilis (B3) exhibited significant antibacterial activity against Staphylococcus aureus and Escherichia coli with inhibition zones ranging from 14 to 23 mm. This demonstrates that endophytes associated with C. roseus are capable of producing potent bioactive metabolites similar to those found in the host plant.

Chemical Characterization of Extracts: TLC and HPLC analyses confirmed the presence of alkaloids, flavonoids, and phenolic compounds in several endophytic extracts. The UV–Vis spectra of Aspergillus niger (E4) extract showed peaks at 280 nm and 320 nm, typical of indole alkaloid structures, suggesting a similarity to C. roseus alkaloids such as vincristine and vinblastine. These results correlate with earlier studies by Kusari et al. (2012), who found endophytic fungi capable of producing vinblastine-like compounds [9].

Ecological and Biotechnological Significance: The study highlights that Catharanthus roseus hosts a diverse population of endophytic microorganisms with strong potential for biotechnological applications. Endophytes not only contribute to the plant’s ecological fitness by producing protective metabolites but also represent a renewable source of natural bioactive compounds. Their ability to synthesize pharmacologically important molecules without harvesting the host plant makes them a sustainable alternative for drug discovery.The variation in metabolite profiles among isolates suggests that endophytic diversity is closely related to their ecological niche and host tissue type. Further molecular and genomic studies are necessary to identify biosynthetic gene clusters responsible for secondary metabolite production and to optimize their yield under laboratory conditions.



1– rasm. Catharantus roseus guli va bargi tuzilishi.

CONCLUSION

In summary, the findings confirm that endophytic microorganisms from Catharanthus roseus exhibit remarkable biological diversity and metabolic activity. Some isolates demonstrated significant antimicrobial potential and contained bioactive compounds structurally related to known plant alkaloids. These endophytes could serve as promising candidates for future research in natural product discovery, pharmaceutical biotechnology, and sustainable bioresource development

References

1. Aly, A. H., Debbab, A., & Proksch, P. (2011). Fungal endophytes: unique plant inhabitants with great promises. Applied Microbiology and Biotechnology, 90(6), 1829–1845.

2. Bacon, C. W., & White, J. F. (2000). Microbial Endophytes. CRC Press.

3. Chutima, R., et al. (2010). Diversity and antimicrobial activity of endophytic fungi from medicinal plants in Thailand. Fungal Diversity, 41(1), 61–70.

4. De Bary, A. (1866). Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig: Wilhelm Engelmann.

5. Deshmukh, S. K., et al. (2020). Fungal endophytes: An emerging source of antimicrobial compounds. Frontiers in Microbiology, 11, 561

6. Kusari, S., Hertweck, C., & Spiteller, M. (2012). Chemical ecology of endophytic fungi: origins of secondary metabolites. Chemistry & Biology, 19(7), 792–798.

7. Kumar, S., & Kaushik, N. (2013). Endophytic fungi isolated from Catharanthus roseus and their potential for producing vinblastine and vincristine alkaloids. Applied Microbiology and Biotechnology, 97(3), 1303–1312.

8. Petrini, O. (1991). Fungal endophytes of tree leaves. In: Microbial Ecology of Leaves, Springer.

9. Porras-Alfaro, A., & Bayman, P. (2011). Hidden fungi, emergent properties: Endophytes and microbiomes. Annual Review of Phytopathology, 49, 291–315.

10. Schulz, B., & Boyle, C. (2005). The endophytic continuum. Mycological Research, 109(6), 661–686.

11. Singh, D. K., et al. (2019). Endophytic fungi: A promising source of bioactive metabolites. Frontiers in Microbiology, 10, 3073.

12. Strobel, G., & Daisy, B. (2003). Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 67(4), 491–502.

13. Suryanarayanan, T. S. (2013). Endophyte research: Going beyond isolation and metabolite studies. Fungal Ecology, 6(6), 561–568.

14. Van Der Heijden, R., Jacobs, D. I., Snoeijer, W., Hallard, D., & Verpoorte, R. (2004). The Catharanthus alkaloids: Pharmacognosy and biotechnology. Current Medicinal Chemistry, 11(5), 607–628.

15. Zhao, J., Shan, T., Mou, Y., & Zhou, L. (2010). Plant-derived bioactive compounds produced by endophytic fungi. Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 10(9), 963–970.

TOSHKENT VILOYATIDA TARQALGAN *CROCOTHEMIS SERVILIA* (DRURY, 1773) NINACHISI (INSECTA: ODONATA) BIOEKOLOGIK XUSUSIYATLARI

Samandarova Oygul Davlatnazar qizi

Annotatsiya: *Ushbu maqola Toshkent viloyatida tarqalgan crocothemis servilia* (drury, 1773) ninachisi *biologik va ekologik xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. C. servilia* ninachisi *morfologik va biologik xususiyatlari haqida ma'lumot berilgan. Tadqiqot Toshkent viloyatida 2024-2025- yillar (bahor, yoz, kuz) da amalga oshirildi. Ninachi imogolarini kolleksiya materiali uchun yig’ishda ekspeditsion marshrut usulidan foydalanildi. Yig‘ilgan ninachilar asosan ichiga xloroform shimdirilgan paxta bo‘lakchasi solingan morilkalarda jonsizlantirildi.*

Kalit so’zlar: *lichinka, areal, o’rmon landshaftlari, noyob tur, Odonata, crocothemis servilia.*

Аннотация: *Статья посвящена изучению биологических и экологических особенностей стрекозы Crocothemis servilia (Drury, 1773), распространенной в Ташкентской области. Приведены сведения о морфологических и биологических особенностях стрекозы C. servilia. Исследования проводились в Ташкентской области в 2024-2025 годах (весна, лето, осень). Для сбора имаго стрекоз использовался экспедиционно-маршрутный метод. Собранных стрекоз преимущественно иммобилизовали в мориллах с помощью ватного тампона, смоченного хлороформом.*

Ключевые слова: *личинка, ареал, лесные ландшафты, редкие виды, Odonata, Crocothemis servilia.*

Abstract: *This article is devoted to the study of the biological and ecological characteristics of the dragonfly crocothemis servilia (drury, 1773), distributed in the Tashkent region. Information is provided on the morphological and biological characteristics of the dragonfly C. servilia. The research was carried out in the Tashkent region in 2024-2025 (spring, summer, autumn). The expedition route method was used to collect dragonfly imagoes for collection material. The collected dragonflies were mainly immobilized in morillas with a piece of cotton soaked in chloroform.*

Keywords: *larva, areal, forest landscapes, rare species, Odonata, crocothemis servilia.*

KIRISH

Ninachilar qadimiy, keng tarqalgan turkum vakillari bo'lib, hasharotlar sinfida alohida o'rin tutadi. [1, c. 280]. Ular suv va quruqlik biotsenozlarida muhim rol o'ynaydi. Biotsenozlarda katta o'rin egallagan ninachilar odamlar uchun bevosita yoki bilvosita ahamiyatga ega. Ninachilar qon so'ruvchi hasharotlarni, shuningdek, qishloq va o'rmon xo'jaligi zararkunandalarini ommaviy ravishda yo'q qiladi. Ninachilarning ayrim turlari zararli, chunki uy qushlarida kasallik keltirib chiqaradigan ba'zi parazitlarning oraliq xo'jayini sifatida, boshqalari baliq uchun ozuqa sifatida foydalidir, lekin ba'zi hollarda ular yosh baliqlarni yo'q qilgani uchun baliqchilikda ham zarar keltirishi mumkin. Bu ham ijobiy, ham salbiy bo'lishi mumkin [2, c. 116].

Lichinka va imogo fazalarda ninachilar ko'p sonli qon so'ruvchi hasharotlarni yo'q qiladi: kunliklar, chivinlar. Ninachilar sutemizuvchilar uchun foydalidir, ammo parrandachilikda ular zararli bo'lishi mumkin, chunki ular trematodalarning rivojlanishida muhim omil hisoblanadi va ba'zi hollarda parrandalarning og'ir kasalliklarini keltirib chiqarishi mumkin [3, c. 133].

ADABIYOTLAR TAHLILI

Hozirgi vaqtda dunyo miqyosida 70 dan ortiq davlatlarda odonatologiya yo‘nalishida 700 dan ziyod yirik mutaxassislar faoliyat olib boradi. 1971 yilda odonatologik ilmiy tadqiqotlarning

samaradorligini oshirish hamda muvofiqlashtirish maqsadida Gollandiyaning Utrext universitetida Xalqaro odonatologlar jamiyati tashkil qilingan (SIO – The Societas Internationalis Odonatologica «Odonatologica» ilmiy jurnali ta’sischisi). Shuningdek, MDH miqyosida Rossiya Fanlar akademiyasida SIO ning Rossiya bo‘limi tashkil qilingan.

A.N.Bartenev XX asr boshlarida ninachilar faunasining o‘ziga xos xususiyatlari, geografik tavsiflari, bioekologik, gidrobiologik xususiyatlari haqidagi ilmiy tadqiqotlarga oid faoliyatini boshlaydi. Muallif 1911 yilda Primorya hududida uchrovchi 18 ta turning коллекциyasini zoologiya muzeyiga topshiradi. Ulardan quyidagilar: *Coenagrion hylas* (Trybom), *Nehalennia speciosa* (Charp), *Ophiogomphus obscurus* (Bart), *Sympetrum frequens* (Selys) Rossiyaning Uzoq Sharqida ilk bor uchraydi. Ninachi turlarining geografik tarqalish xususiyatlarini o‘rganish – odonatologiyada alohida yo‘nalish hisoblanadi. S.N.Borisov tomonidan Markaziy Osiyo hududlari Turkmaniston, O‘zbekiston, Tojikiston, Qirg‘iziston va Qozog‘istonni janubiy qismida uchrovchi odonotofaunaning 3 ta kenja turkum, 10 ta oila, 31 avlodiga mansub 84 ta turi aniqlangan. Tadqiqotlar davomida ko‘plab yangi turlar qayt etilib turlarning rivojlanish bosqichlarini biologik xususiyatlari haqida ma’lumotlar berilgan. Muallif keyingi ishlarida o‘rganilgan xududlarda ilk bor uchrovchi 9 tur ninachi lichinkalarini tavsiflagan. Hududlardagi ninachilar faunasi turlarining taksonomik tavsifi, экologik tarqalish xususiyatlari o‘rganilgan va har bir tur uchun tarqalish areali xaritalari tuzib chiqilgan. Bundan tashqari odaptiv moslanishlari va tarqalish qonuniyatlarini ochib berish hamda antropogen omil faoliyatini baholash bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilgan [4,5,6].

Doimiy tadqiqot va kuzatish joylarida ninachilarning oziqlanishi, ko‘payishi, rivojlanishi, miqdor zichligi, ayrim turlarining этologik xususiyatlari, миграциya harakatlari va rivojlanish jarayoniga alohida э’tibor berildi. Fenologik kuzatishlar yilning barcha mavsumlarida, bahor oylarida ninachilarni qishlovdan chiqqan davridan boshlab, ularni qishlovga ketgunga qadar bo‘lgan davrida olib borildi va unda quyidagi vaziyatlarga alohida э’tibor berildi:

- individlarni dastlabki uchrash vaqti;
- individlarni qishlovdan yoppasiga chiqishi (bunda joyning geografik o‘rni, relefi, biotop, o‘simlik qoplami va boshqalarga alohida э’tibor qaratildi);
- ninachilarni tuxum qo‘yishi, ularni keyingi rivojlanishi;
- mavsum oxirida kuzatilgan эng oxirgi individlar va boshqalar.

Ninachilarni hisobga olish har 6-7 kunda bir martadan, yilning bahor, yoz, kuz mavsumida uzлюксiz ma’lum ketma-ketlikda olib borildi. Bunda yo‘l bo‘ylab va aniq hudud bo‘yicha hisobga olish uslublaridan foydalanildi.

Ninachilarning mavsumiy rivojlanishi, ayrim turlar biologiyasi va ekologiyasini o‘rganishga oid kuzatish va amaliy tajribalar asosan Toshkent viloyati hududida olib borildi. Odonato faunani o‘rganish ikki bosqichda, jumladan, birinchi bosqichda Toshkent viloyati asosiy экotizimlari odonatofaunasi tur tarkibini aniqlash; ikkinchi bosqichda odonatofauna vakillarining экologiyasi va zoogeografik xususiyatlari, shuningdek, ularni ekotizimlar ozuqa zanjiridagi o‘rni va ahamiyatini tadqiq etish vazifalari amalga oshirildi.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot Toshkent viloyatida 2024-2025-yillar (bahor, yoz, kuz) da amalga oshirildi. Toshkent viloyati o’ziga xos biogeografik hudud bo’lib, viloyatning shimoliy va shimoli-sharqiy qismlari G‘arbiy Tyanshan tog‘lari va uning tarmoqlari (Qurama, Piskom va Ugom tog‘lari) bilan band. Eng baland joyi Piskom tizmasidagi Manas tog‘i (4484 m). Chatqol va Qurama tog‘lari orasida Ohangaron daryosi kesib o‘tgan, Ohangaron platosi joylashgan. Viloyat hududining katta qismi Sirdaryo tomon qiyalanib boradigan tog‘ oldi tekisligi (Chirchiq-Ohangaron vodiysi) dan iborat. Iqlimi keskin kontinental. Qishi nam, nisbatan iliq, yozi issiq va quruq. Yanvarning o‘rtacha temperaturasi — 1,3°, −1,8°, eng past temperatura −34° (tekislikda), −38° (tog‘ etaklarida),

iyulnint o‘rtacha tempaturasi 26,8°, eng yuqori temperatura 43-47°. Daryolari Sirdaryo havzasiga mansub (Sirdaryo — o‘rta oqimi, uz. 125 km va uning irmoqlari — Chirchiq, Piskom va Ohangaron). Bular Tyanshan tog‘laridan boshlanadi va suvidan elektr energiya olishda va sug‘orish ishlarida foydalaniladi. Sug‘orish kanallari: Bo‘zsuv, Qorasuv, Dalvarzin, Toshkent va boshqa Tuyabo‘g‘iz suv ombori („Toshkent dengizi“), Chorvoq suv ombori, Ohangaron suv omborlari bor [8].

Ninachi imogolarini kolleksiya materiali uchun yig’ishda ekspeditsion marshrut usulidan foydalanildi. Ekspeditsion marshrut usuli – bunda uzunlik bo’yicha har 500 - 1000 metrda yurib, to’xtab, 6 m kenglikda bo’lgan maydondagi yetuk imagolar hisobga olinadi. Kuzatuvlar vaqti kunduzi 9:00 dan kech soat 17:00 gacha o‘tkazildi. Yig‘ilgan ninachilar asosan ichiga xloroform shimdirilgan paxta bo‘lakchasi solingan morilkalarda (hasharotlarning jonsizlantiradigan idish) jonsizlantirildi. [9]. Shu usulda morilkalar har ekskursiyadan oldin yangilandi. Morilkaga kengligi 1 sm, uzunligi 6 sm bo‘lgan filtr qog‘oz ham solinadi Filtr qog‘oz hasharotlar ajratadigan namni o‘ziga tortadi va ularning tana o‘simtalarini, oyoqlari, qanotlarini mexanik shikastlanishdan saqlaydi. Bir necha soatdan so‘ng yig‘ilgan hasharotlar yoyib yaxshilab quritildi. Quritilgan ninachilarni uzoq muddat saqlash uchun qog‘oz konvertlarga solindi [10]. Ninachi turlarni aniqlashda aniqlagichlar va internet saytlaridan foydalanildi [11].

TADQIQOT NATIJALARI VA UNING TAHLILI

***Crocothemis servilia* (Drury, 1770) – Libellulidae** oilasi ***Crocothemis* Brauer, 1868 avlodiga mansub.** Ushbu tur 2 xil formada uchraydi. Ranglari sariq va olovrang tusda. May oyining 3-dekadasidan boshlab aktiv holatda uchratish mumkin (Xorazm viloyati uchun, 2021-2024 yy.) Lekin ba’zi adabiyotlarda ushbu turni O‘zbekistonda 1990-yildan keyin qayd etilmagan deb ta’kidlashgan (J.P.Boudot et al., 2021 y.) Toshkent viloyatining belgilangan barcha hududlarida ko‘p sonda uchratildi. Ushbu turni Borisov (2006) tekislik zonalarda keng tarqalgan tur deb e’tirof etgan. Shuningdek ushbu turni bivolting turlar sifatida qayd etgan. (Borisov S.N. 2006). O‘zbekiston bo‘ylab ko‘p tarqalgan (Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Farg‘ona viloyati, Xorazm viloyati, Toshkent shahri, M.Sh.Axmedova 2021-2024 y.) **Erkagi:** Yorqin **qizil** rangda, orqa va qanotlarida qizg‘ish soyalar bo‘ladi. **Urg‘ochisi:** Sarg‘ish-jigarrang rangli **Uzunligi:** 35–40 mm atrofida **Qanotlarining yoyilishi:** 55–60 mm. Qorin qismi ingichka, erkaklarda to‘liq qizil rangga ega.Ko‘zlari katta va jigar-qizil tusli.Qanotlarining ildiz qismida ozgina sariq dog‘ bo‘lishi mumkin.Dum qismi (qorin oxiri) erkaklarda ancha yorqin qizil.



1-rasm: *Crocothemis servilia* (Drury, 1770); O’ngda urg’ochisi, chapda erkagi (original)

Yashash muhiti: Turg‘un yoki sekin oqimli suv havzalari: ko‘llar, hovuzlar, kanallar sug‘orish ariqlari, botqoqliklar, shahar atroflaridagi sun’iy suv havzalarida tez-tez uchraydi.

Nimfalar (lichinkalar) suvda yashaydi va mayda suv jonzotlari bilan oziqlanadi. Voyaga yetganlari hasharotlar — chivin, pashsha va mayda yengil uchuvchi qo‘ng‘izlarni tutadi. Issiq mavsumda faol, odatda mart–oktyabr oylarida uchraydi.

Ahamiyati: Chivinlar va boshqa zararli hasharotlar sonini kamaytirishda foydali. Ekotizim sog‘lig‘ining ko‘rsatkichidir — toza suv havzalariga ehtiyoj sezadi.

Crocothemis servilia (Drury, 1770) ning lichinkalari: morfologiyasi, ekologiyasi va hayot sikldagi o‘rni. Tashqi tuzilishi Tanasining shakli qisqa, keng, biroz yassilangan. Bu ularga suv tubida, o‘simliklar orasida yashirinish imkonini beradi. Tanisining o‘lchami, voyaga yetmagan nimfalar 2–3 mm, oxirgi instarlarda 18–22 mm gacha bo‘ladi. Rangi: Jigarrang yoki kulrang — bu kamuflyaj uchun mos rang. Ko‘zlari yirik, yon tomonlarda joylashgan; suv ostida ovni aniqlashda juda sezgir. Og‘iz apparati Odonatalarga xos bo‘lgan labium (mask) bilan qoplangan. Bu mask shiddat bilan oldinga otiladi va o‘lja (mayda qisqichbaqasimonlar, lichinkalar, chuvalchanglar)ni ushlaydi. Ko‘krak qismida kuyrik qanotlari yo‘q, lekin uch juft kuchli oyoqlari bor; ular yordamida suv tubida harakat qiladi va tosh-o‘simliklarga yopishadi. Qorin qismi 10 bo‘limdan iborat. Orqa tomondagi kichik tikonchalar himoya vazifasini bajaradi. Ichkaridagi rektal bo‘shliq orqali nafas oladi — suvni ichiga tortib chiqarish orqali kislorod oladi.

Fiziologik moslashuvlar: Nafas olishi C. servilia lichinkalari rektal traxeyal nafas olish tizimiga ega. Bu tizim ularga: past kislorodli suvda yashashga, tez suzish uchun suv oqimini "reaktiv harakat" sifatida ishlatishga imkon beradi. Reaktiv harakati suvni o‘pkasimon bo‘shliqqa tortib, keyin kuch bilan chiqarishi orqali lichinka orqaga tez harakatlana oladi — bu himoya va o‘lja quvish uchun juda samarali.

Ekologiyasi: Yashash joyi turg‘un va sekin oqimli suvlar: hovuzlar, ariqlar, botqoqliklar, sug‘orish kanallari, chuqur bo‘lmagan, suv o‘simliklari ko‘p bo‘lgan joylarni afzal ko‘radi. Toshlar, chirigan barglar ostida yashirinib yuradi. Oziqlanishi**:** Lichinkalar — faol yirtqichlar, zooplankton, suv hasharotlari lichinkalari (Diptera, Ephemeroptera), mayda chig‘anoq va qisqichbaqasimonlar, ba’zan boshqa kichik nimfalar bilan oziqlanadi. Oziq zanjiridagi roli mayda suv jonzotlari populyatsiyasini tartibga solishdan iborat. O‘zi esa baliqlar, yirik hasharotlar va amfibiyalar uchun oziq bo‘ladi.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar Toshkent viloyati hududida *Crocothemis servilia* ning barqaror populyatsiyasi shakllanganini ko‘rsatdi. Mazkur tur antropogen o‘zgarishlarga nisbatan moslashuvchanligi, suv havzalarining turli tiplarida – ariqlar, hovuzlar, irrigatsiya tarmoqlari va sekin oqimli suv havzalarida muvaffaqiyatli rivojlana olishi bilan ajralib turadi. Maydonda olib borilgan kuzatuvlar ushbu ninachining fenologiyasi yuqori haroratli davrga kuchli bog‘liq ekanini, imago fazasida ayniqsa yoz oylarida faol bo‘lishini tasdiqladi.

C. servilia lichinkalarining tez rivojlanishi, oziqlanish manbalarining keng spektri hamda raqobatbardoshligi ularning turli ekologik sharoitlarda yashashiga imkon yaratadi. Shuningdek, suv havzalarining ekologik holati, suvning tozaligi va o‘simliklarning zichligi populyatsiyaning soni va barqarorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Umuman olganda, Toshkent viloyatidagi *Crocothemis servilia* ning tarqalishi hududning iqlimiy va gidrologik sharoitlariga mos ekanligini, tur esa entomofaunaning muhim komponentlaridan biri bo‘lib, ekotizimlarda bioindikator sifatida katta ahamiyatga ega ekanini ko‘rsatadi. Olingan natijalar hududiy monitoring ishlarini takomillashtirish, suv ekotizimlari holatini baholash va ninachilar biologik xilma-xilligini saqlash bo‘yicha muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro’yhati

1. Белышев Б. Ф. География стрекоз (Одоната) Бореалского фаунистического сарства / Б. Ф. Белышев, А. Ю. Харитонов // Издателство — Наука. — Новосибирск, 1981, 280.
2. Арабина И. П. Зообентос водоёмов Припятского заповедника / И. П. Арабина, Н. Н. Шаловенков, Л. Н. Песеская // Заповедники Белоруссии: Исследования. — Минск, 5. 198, 116–22.
3. Бартенев А. Н. / А. Н. Бартенев // Труды студ. кружка для исслед. Русской природы. Москов. ун-та 3. 1907, 133.
4. Kalkman, V. J., et al. Global diversity and distribution of dragonflies (Odonata). PLoS One, 2020, 15(5): e0234332.
5. Belyshev, B. F. Odonata faunasi va ekologiyasi. Novosibirsk: Nauka, 1973.
6. Dumont, H. J. The Dragonfly Fauna of the Palearctic Region. Leiden: Brill, 2013.
7. Kulyabov, G. A., & Haritonov, A. Y. Odonata turkumining Markaziy Osiyodagi tarqalishi va ekologiyasi. Entomologicheskoe Obozrenie, 2011, 90(4): 681–690.
8. «Toshkent» ensiklopediya, 2009. S. 104–109.
9. Abdusamatov, A. Sh., & Mamatqulov, R. N. O‘zbekistonda ninachilar (Odonata) faunasi va ekologiyasi. Toshkent: Fan nashriyoti, 2015.
10. Dijkstra, K.-D. B., & Kalkman, V. J. A Field Guide to the Dragonflies of Asia. Singapore: NHBS Publishing, 2016.
11. https://www.gbif.org/species/1424201

OHANGARON DARYOSIDA TARQALGAN MIKROPLASTIK ZARRACHALARNING GIDROBIONT ORGANIZMLARGA TA’SIRI

Qurbon Nizom Abdurasul o‘g‘li, Aminov Xamza Xusanovich, Ruziyeva Iroda Davutovna, Urinova Adolat Abduvasiyevna
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti[1]

Annotatsiya: Maqolada Toshkent viloyati hududidan oqib o‘tuvchi daryolarda tarqalgan mikroplastik sun’iy polimer vositalarning suv muhitida yashaydigan tirik organizmlarga u yoki bu tarzda ta’sir ko‘rsatishi bayon etilgan. Daryolarda tabiiy muhitning buzulishi natijasida u yerda yashaydigan gidrobiont organizmlarga ham salbiy ta’sirlar ko‘rsatmasligi ilmiy izlanishlar davomida kuzatilgan. Tadqiqotda daryolarda tarqalgan *Alburnus chalcoides aralensis* baliq turning ovqat hazm qilish sistemasi a’zolarida sun’iy tolali neylon polimerlari uchratilgan.

Kalit so‘zlar: plastik zarracha, polimerlar, Toshkent, daryolar, *Alburnoidus chalcoides aralensis,* gidrobiontlar.

Annotation: The article describes how microplastic synthetic polymer materials present in rivers flowing through the Tashkent region affect aquatic organisms inhabiting these waters. Scientific observations indicate that the deterioration of natural river ecosystems negatively influences the hydrobiont organisms living there. In the study, artificial nylon fibers were detected in the digestive system organs of the fish species Alburnus chalcoides aralensis occurring in these rivers.

Keywords: plastic particles, polymers, Tashkent, rivers, Alburnus chalcoides aralensis, hydrobionts.

Аннотация: В статье изложено воздействие микропластиковых синтетических полимерных частиц, распространённых в реках, протекающих по территории Ташкентской области, на живые организмы, обитающие в водной среде. В ходе научных исследований было установлено, что нарушение естественной среды в реках оказывает негативное влияние и на гидробионтные организмы, обитающие там. В исследовании в органах пищеварительной системы речной рыбы *Alburnus chalcoides aralensis*, распространённой в реках, были обнаружены искусственные волокнистые нейлоновые полимеры.

Ключевые слова: пластиковые частицы, полимеры, Ташкент, реки, *Alburnus chalcoides aralensis*, гидробионты.

KIRISH

Qattiq chiqindilarning to‘planishi atrof-muhitga tarqalgan kimyoviy modda va materiallarning ta’siri tufayli tobora xavotirli holatga kelmoqda va oxir-oqibat biota uchun salbiy oqibatlarga olib keladi. Ushbu chiqindilar orasida plastik so‘nggi o‘n yilliklarda tannarxining qulayligi, funksionalligi va dunyo miqyosida keng qo‘llanilishi bilan ajralib turadi.

Plastik 1860-yillardan boshlab takrorlanuvchi makromolekulalardan tashkil topgan sintetik polimerlardan ishlab chiqarilgan mahsulotlardan biri hisoblanadi. Uning sanoat sohasidagi qo‘llanilishi 1920-yillarda rivojlanib, ishlab chiqarish 1940-yillarda, xususan, 1970-2012 yillarda keskin oshganligi kuzatiladi. Natijada, qayta ishlashni rag‘batlantirishning yetishmasligi va noto‘g‘ri utilizatsiya jarayonlari atrof-muhitda plastik ifloslanishining oshishiga olib keladi0.

Mikroplastiklar (5 mm dan kichik bo‘lgan plastik zarrachalar) tobora ko‘proq chuchuk suv muhitlarida, jumladan daryolar, ko‘llar va suv omborlarida aniqlanmoqda. Ularning mavjudligi nafaqat ekotizimlarga, balki inson salomatligiga ham turli yo‘llar bilan jiddiy xavf tug‘diradi. Mikroplastiklarning inson organizmiga ta’siri asosan oziq-ovqat zanjiri, kimyoviy toksiklik, jismoniy zarar va nafas olish orqali yuzaga chiqadi.

Avvalo, mikroplastiklar planktonlardan tortib baliqlargacha bo‘lgan suv jonzotlari tomonidan yutiladi va oziq zanjiri bo‘ylab bioakkumulyatsiya hamda biomagnifikatsiya sodir bo‘ladi. Natijada, mikroplastiklar inson iste’mol qiladigan baliq va boshqa suv mahsulotlari tarkibiga kirib boradi **(Swain va boshq., 2025; Parmar va boshq., 2025; Prem va boshq., 2025; Ramasre va boshq., 2025)**. Bu jarayonlar esa inson tomonidan mikroplastiklar va ular bilan bog‘liq ifloslantiruvchi moddalarni yutish ehtimolini kuchaytiradi **(Parmar va boshq., 2025; Ramasre va boshq., 2025)**. Keyingi muhim xavflardan yana biri bu uning kimyoviy toksikligidir. Mikroplastiklar og‘ir metallar, pestitsidlar va barqaror organik ifloslantiruvchi moddalar kabi zararli kimyoviy birikmalarni o‘z yuzasiga adsorbsiyalashi va translokatsiyasini amalga oshirishi mumkin. Bu moddalar inson organizmiga o‘tishi bilan “kimyoviy otxona” effekti paydo bo‘lib, qo‘shimcha toksik ta’sirlarni keltirib chiqaradi **(Upadhyay va boshq., 2024; Huang va boshq., 2021).**

Xususan ushbu tadqiqotlar ustida Osiyo mamlakatlari mikroplastiklar bilan suv ifloslanishi bo‘yicha dunyoda yetakchilik qiladi **(Yang va boshq., 2022).**

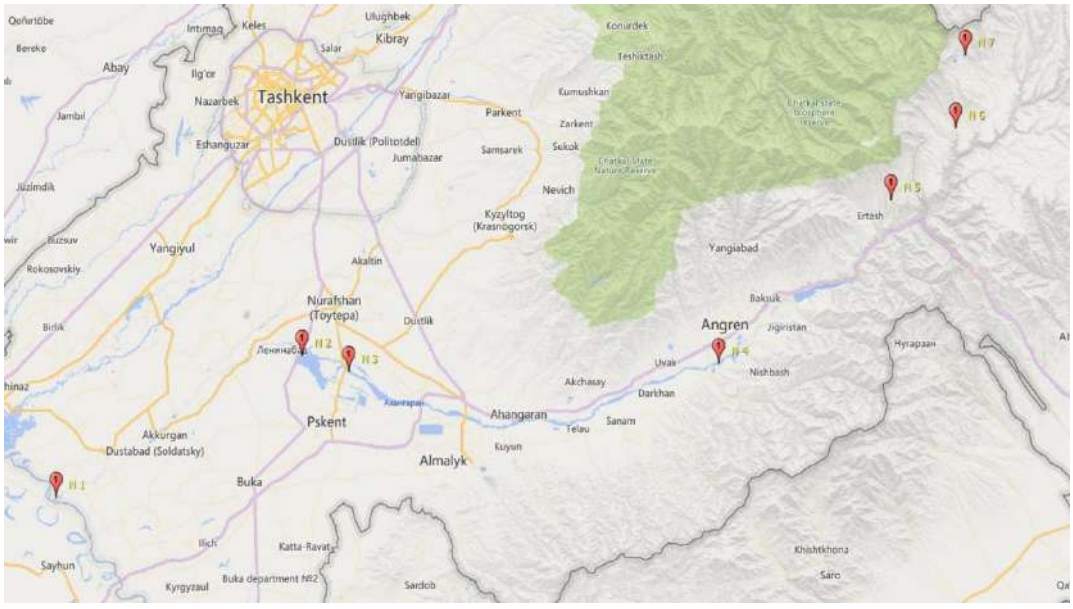
Yuqorida keltirib o‘tilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, Respublikamiz tabiiy suv havzalarida tarqalgan gidrobiont organizmlarni mikroplastik polimerlardan ualrni himoya qilish, tabiiy ekosistemani saqlab qolish bugungi kunning dolzarb muommolaridan biri hisoblandi. Shu sababli, ushbu tadqiqotda daryolarda tarqalgan baliq turlariga mikroplastiklarning salbiy oqibatlarini tahlil qilish vazifasi maqsad qilib olingan.

MATERIAL VA METODIKA

Ilmiy manba sifatida Toshkent viloyati joylashgan Ohangaron va Chirchiq daryolarining o‘rta va quyi oqimlarida **(1-rasm)** tarqalgan Orol maybalig’ining nazorat ovlari davomida ovlangan turli yoshdagi 2 dona namunalaridan foydalanildi.

Bunda, ixtiologik materiallarni to‘plashda turli hil baliq ovlash vositalari ishlatildi: suv omborida – katakchalari 15-70 mm lik, uzunligi 25-50 m bo‘lgan to‘rlar, tortma (tor) to‘rlar; mayda baliqlarni ovlash uchun kichik katakchali sachok (matrap); daryoda – tortma (tor) to‘r, qarmoqlar va sachoklar yordamida; daryoning quyi oqimida qo‘zg‘almas to‘rlardan foydalanildi. Bundan tashqari, baliqchilar tomonidan tutgan baliqlari ham tahlil qilindi.

1-rasm Tadqiqot olib borilgan nuqtalar.



Tadqiqot doirasida daryoning yuqori oqimi to‘rasoy, ertoshsoy, arashansoy, sirt suvalari, kanallar va Tuyabo‘g‘iz suv omborida 2025 yil mart–avgust oylarida olingan.Namuna olish nuqtalarining geografik koordinatalari **1-jadval**da keltirilgan.

1-jadval

Baliq ixtiologik namunalar to‘plangan joylar va uning geografik koordinatalari

№	Sana	Hudud	Daryo	Uzunlik	Kenglik
1	13.03.2025	Oqqo'rg'on	Ohangaron	40.79625	68.84253
2	15.08.2025	Pop	Turasoy	41.27142	70.50566
3	15.08.2025	Ohangaron		41.17875	70.38567
4	18.08.2025	Yangihayot	Tuyabo'g'iz suv ombori	40.979720	69.296930

Suv namunalarini olish uchun qo‘lbola usulda tayyorlangan maxsus qurilma ishlatildi. Qurilmaning mikroplastik yig‘uvchi trubkalari silindrsimon shakl bo‘lib, boshqa o‘xshash qurilmalardan farqli ravishda, suvning yuqori 15 sm qatlamidan mikroplastiklarni to‘liq yig‘ib olish imkonini beradi.

Suv namunasi qirg‘oqdan, daryo oqimi yo‘nalishida 15 daqiqa davomida yig‘ilgan. Filtratsiya jarayonida yig‘ilgan barcha qattiq zarrachalar taxminan 100 ml hajmda konsentratsiyalangan, daryo suvi bilan yuvilgan va qopqoqli shisha idishlarga joylashtirilgan. Har bir joydan uchta takroriy namuna olingan va ular alohida tahlil qilinib, o‘rtacha qiymatlar statistik jihatdan qayta ishlangan.

Laboratoriya tahlillari: Namunalarning ifloslanishining oldini olish uchun ishlatilgan barcha materiallar va jihozlar zanglamaydigan po‘lat, shisha va alyuminiydan tayyorlangan. Ifloslanishning oldini olish maqsadida barcha reagent va eritmalar 1 mkm teshikchali membranali filtrlar orqali oldindan filtratsiya qilindi. Namuna tayyorlash jarayoni laminar oqimli shkafda amalga oshirildi.

Mikroplastiklarni ajratib olish: NOAA (AQSh Okean va Atmosfera Agentligi) protokoli asosida, o‘zgartirilgan ikki bosqichli jarayon qo‘llanildi:

Oksidlovchi hazm qilish bosqichi – 30% vodorod peroksid (H_2O_2) va 0,05 M Fe(II) eritmasi bilan 70 °C haroratda ikki marta ishlov berildi. Fe (II) katalizator sifatida peroksidning oksidlovchi kuchini oshirdi.

Zichlik bo‘yicha ajratish – qolgan qattiq fraksiya to‘yingan natriy xlorid (NaCl) eritmasida (~1.20 g/cm^3) 12 soat davomida ushlab turildi.

So‘ngra, zarrachalar vakuum filtratsiyasi yordamida 1 mkm teshikchali shisha tolali membranalarga yig‘ildi. Filtrlarda yig‘ilgan zarrachalar steril shisha Petri idishlarida saqlanib, mikroskopik va spektroskopik tahlil uchun tayyor holatda saqlandi. Har bir 3 namuna uchun “bo‘sh nazorat namunasi” (blank) ham tahlil qilindi. Nazorat filtrlarda 0 dan 1 tagacha tolalar topilgan. Agar laboratoriya ifloslanishi aniqlansa, o‘xshash morfologiyadagi tolalar tahlildan chiqarib tashlangan.

Zarrachalarni miqdoriy tahlil qilish va tavsiflash: Dastlabki vizual tahlil va zarracha sanash Raman spektroskopiyasi (μRaman) bilan aniqlanib, InVia Basic dispersiv Raman spektrometri (Renishaw, Buyuk Britaniya) va Leica DM 2500 M mikroskopi (Toshkent, O‘zbekiston) yordamida amalga oshirildi.

Mikroplastik zarrachalar o‘lchamiga (0.15-0.3 mm, 0.3-1 mm, 1-2 mm, 2-3 mm, 3-4 mm, 4-5 mm) va morfologiyasiga (shar, plyonka, tol/a, notekis bo‘lak) ko‘ra tasniflandi **(Frias & Nash, 2019)**.

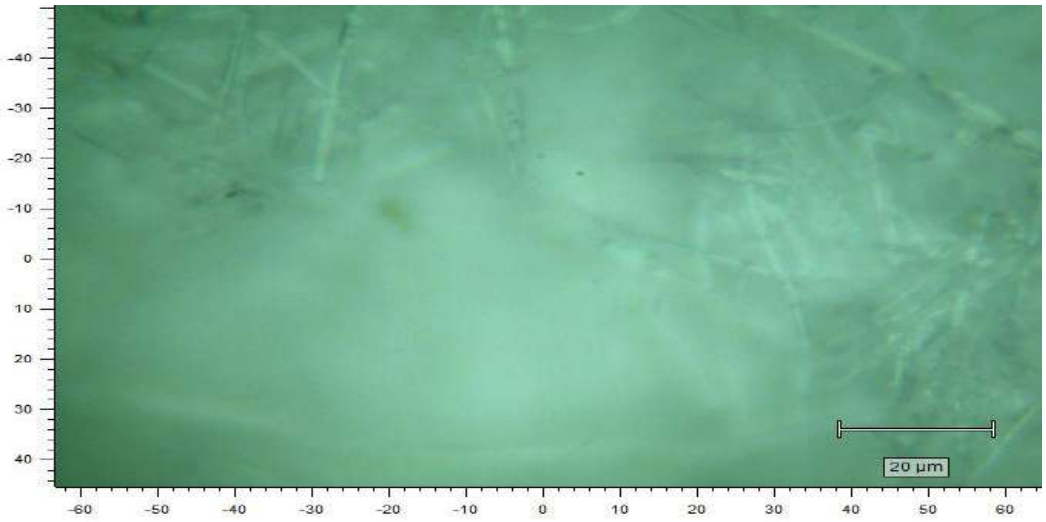
Spektr o‘lchovi 785 nm to‘lqin uzunlikli yarim o‘tkazgich lazeri yordamida amalga oshirildi. Lazer quvvati 5-10% dan oshirilmagan. O‘lchov 1 soniya davomida, 200 ta skan asosida bajarildi. Spektral diapazon 100-1800 cm^{-1}, aniqlik 1 cm^{-1} bo‘lgan. Olingan Raman spektrlari plastik materiallarning jamoaviy spektr kutubxonasi (Public Spectra) bilan solishtirilib, polimer turlari aniqlangan

Olingan natijalar: Daryoda tarqalgan *Alburnus chalcoides aralensis* baliq turning ovqat hazm qilish sistemasida quyidagi turdagi mikroplastik zarrachasi mavjudligi kuzatildi **(2-jadval) (2-rasm)**

2-jadval

Baliq namunasining ovqat hazm qilish sistemasida kuzatilgan mikrozarrachalar

№	Naylon turi (shakli)	Kimyoviy nomi	Zichlik (g/cm^3)	Izoh
1	Neylon tolalari (bo‘shliqli)	-	0.83-0.95	Ichki porozlik tufayli zichlik past; to‘qimachilikda keng qo‘llaniladi.



2-rasm. Neylon tolalari

Jadvalda ko‘rinib turibdiki, baliq namunasining ovqat hazm qilish sistemasida turli xil usullar yordamida to‘qimachilik sanoatida keng qo‘llaniladigan neylon tolali mikroplastik zarrachali kuzatildi. Ammo ushu zarrachaning baliq namunalarining individual rivojlanish biologiyasiga qay darajada salbiy yoki ijobiy ta’sir ko‘rsatishi bizga no‘malumligicha qolmoqda. Keyingi ilmiy izlanishlarimizda baliq namunalarining qon tahlilini o‘tkazish va bir nechta vegetatsiya davrida iikkita-uchta bo‘g’inlarda uchraydigan o‘zgarishlarni kuzatishni maqsad qilganmiz.

XULOSA

Ushbu tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi Toshkent vioyatidan oqib o‘tuvchi Ohangaron daryosi suv hazlarida uchraydigan mikroplastik ifloslanishni baholash bo‘yicha birinchi yoki dastlabki tadqiqotlardan biridir turli xil polietilin vositalar natijasida paydo bo‘ladigan mikroplastik zarrachalarning suv gidrobiontlariga ekologik buzulishlar keltirib chiqarishini balki ularning ichki organlari va to‘qimalariga kirishi ham kuzatildi. Bu nafaqat hayvonot olami uchun salbiy ta’sirlarga olib kelishi qolaversa insonlar uchun turli xil patalogik holatlarni keltirib chiqarishi kuzatiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Chowdhury, S. R., Razzak, S. A., Hassan, I., (...), Hossain, M. M. (2023). Microplastics in Freshwater and Drinking Water: Sources, Impacts, Detection, and Removal Strategies. Water, Air, and Soil Pollution. https://www.scopus.com/pages/publications/85174456755
2. Ghosh, S., Sinha, J. K., Ghosh, S., (...), Bhaskar, R. (2023). Microplastics as an Emerging Threat to the Global Environment and Human Health. Sustainability (Switzerland). https://www.scopus.com/pages/ publications/85166242639
3. Gupta, D. K., Vishwakarma, A., & Singh, A. (2024). Microplastics in the Environment: Its Sources, Occurrence, Impact on Human Health and Environment. Lecture Notes in Civil Engineering. https://www.scopus.com/pages/publications/85174446650
4. Huang, W., Song, B., Liang, J., (...), Zhang, Y. (2021). Microplastics and associated contaminants in the aquatic environment: A review on their ecotoxicological effects, trophic transfer, and potential impacts to human health. Journal of Hazardous Materials. https://www.scopus.com/pages/publications/85095574268
5. Parmar, R., Thakur, S., Singh, A., (...), Rajpoot, S. (2025). Microplastics: understanding the interaction with the food web and potential health hazards. Journal of Environmental Engineering and Science. https://www.scopus.com/pages/publications/105006536632
6. Prem, P., Naveenkumar, S., & Kamaraj, C. (2025). The Effects of Microplastics on the Human Food Chain and Freshwater Ecosystem. Handbook of Microplastic Pollution in the Environment: Microplastic Pollution in Aquatic Environments. https://www.scopus.com/pages/publications/105008655379
7. Ramasre, J. R., Kashyap, N., Vishwakarma, A., (...), Wanjari, R. N. (2025). Microplastics in Aquatic Ecosystems: Ecotoxicological Impacts across the Food Web. Handbook of Microplastic Pollution in the Environment: Monitoring and Treatment of Microplastics and Policy Perspectives. https://www.scopus.com/pages/publications/105008661057
8. Shi, Y., Chen, W., Yang, S., (...), Lu, L. (2024). Freshwater microplastics governance and sustainable development: Pollution status, interactions, policies, and prospective studies. Desalination and Water Treatment. https://www.scopus.com/pages/publications/85201673866
9. Swain, P. R., Parida, P. K., Majhi, P. J., (...), Das, B. K. (2025). Microplastics as Emerging Contaminants: Challenges in Inland Aquatic Food Web. Water (Switzerland). https://www.scopus.com/pages/ publications/85215780934
10. Upadhyay, S., Sharma, P. K., Dogra, K., (...), Karmakar, R. (2024). Microplastics in freshwater: Unveiling sources, fate, and removal strategies. Groundwater for Sustainable Development. https://www.scopus.com /pages/publications/85192105564
11. Zhang, Q., Xu, E. G., Li, J., (...), Shi, H. (2020). A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure. Environmental Science and Technology. https://www.scopus.com/pages/publications/85083003526

BIOXILMA-XILLIGI XAVF OSTIDAGI HUDUD SIFATIDA FARG‘ONA VODIYSIDA TARQALGAN AYRIM KAMYOB TURLAR TAHLILI

G‘ulomov Rustamjon Komiljon o‘g‘li, Xoshimov Xushbaxt Rustamjon o‘g‘li, Tog‘ayev Ibrohim Usamovich, Sheraliyev Abdurahmon
Namangan davlat univeristeti

Annotatsiya. *Astragalus rhacodes* Bunge (CR) – Butunlay yo‘q bo‘lib ketish arafasidagi, B1ab(ii,iii,iv). Oloy tizmasida o‘sadigan juda kamyob endemik tur. 2024-yilda Shoximardon (Yordon qishlog‘i)da olib borilgan maqsadli dala tadqiqotlari natijasida Qiziltog‘ yonbag‘irlarida kichik subpopulyatsiyasi saqlanib qolganligi aniqlandi va 10 ta individ sanoqdan o‘tkazilgan.

Kalit so‘zlar: Farg‘ona vodiysi, IUCN, GeoCAT, Qizil kitob, muhofaza

Аннотация. *Astragalus rhacodes* Bunge (CR) – критически находящийся под угрозой исчезновения эндемичный вид, произрастающий в системе Алайского хребта и включённый в категорию B1ab(ii,iii,iv) по критериям IUCN. В ходе целевых полевых исследований, проведённых в 2024 году в Шахимардане (деревня Йордон), установлено, что на склонах Кызылтога сохранилась небольшая субпопуляция, состоящая из 10 особей. *Astragalus borissianus* Gontsch (DD) – эндемичный, крайне редкий вид Алайской системы гор, относящийся к категории «Недостаточно данных» (Data Deficient). Полевые исследования, проведённые в 2023–2024 годах в районах Шахимардона и Вадиля, не выявили существующих популяций этого вида.

Ключевые слова: Ферганская долина, IUCN, GeoCAT, Красная книга, охрана.

Abstract. *Astragalus rhacodes* Bunge (CR) is a critically endangered endemic species of the Alay mountain system, classified under the IUCN criteria B1ab(ii,iii,iv). Targeted field surveys conducted in 2024 in Shakhimardan (Yordon village) confirmed the presence of a small surviving subpopulation on the slopes of Qiziltog, consisting of 10 individuals. *Astragalus borissianus* Gontsch (DD) is an extremely rare endemic species of the Alay range, listed as Data Deficient. Field investigations carried out in 2023–2024 in the Shakhimardan and Vodil regions did not reveal any existing populations of this species.

Keywords: Fergana Valley, IUCN, GeoCAT, Red Data Book, conservation.

KIRISH

Farg‘ona vodiysi bo’ylab so‘nggi o‘n yillikda insonlarning atrof-muhitga ta’siri sezilarli darajada oshdi. Aholi punktlarining kengayishi, sanoat zonalarining ko’payishi, yaylov maydonlarini qisqarishi va boshqa omillar Farg’ona vodiysining kamyob va endem turlari populyatsiyasini zaiflashishiga olib keldi [1]. Vodiyning O’zbekiston qismida muhofaza etiladigan tabiiy qo’riqxonalarning yo’qligi va tabiat yodgorliklariga (vodiy hududini 0.1%) antropogen bosimni ortishi mavjud vaziyatni yanada murakkablashtirmoqda. O’zbekiston “Qizil kitobi”ning so’ngi nashriga (2019) mazkur hududdan 57 yaqin tur ro’yxatga olingan. Bugungi kunda Farg’ona vodiysida (O’zbekiston qismi) muhofaza etiladigan davlat qo’riqxonalarining yo’qligi, vodiy bo’ylab muhofaza choralari bilan bog’liq zamonaviy strategiyalarni amaliyotga tadbiq etish va muhofazaga muhtoj turlarni xalqaro mezonlar (IUCN) asosida baholashni talab etadi.

Talabdan kelib chiqgan holda, 1) Bioxilma-xilligi xavf ostidagi Farg’ona vodiysida tarqalgan ayrim muhozafaga muhtoj turlarni kamyoblik maqomini xalqaro IUCN tamoyillari asosida baholash, 2) GeoCAT (Geospatial Conservation Assessment) xaritalarini tayyorlash, 3)

antropogen omillar tasiri bilan bog’liq masalalarni tahlil etish va O‘zbekiston “Qizil kitobi”ning navbatdagi nashriga xalqaro formatda qayta tavsiya etish tadqiqot vazifasi sifatida belgilangan.

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqotlar Namangan davlat univeristetida bajarilayotgan “**Bioxilma-xilligi xavf ostidagi hudud sifatida Farg‘ona vodiysi florasining raqamli platformasini ishlab chiqish**” (2025-2027) amaliy tadqiqot loyihasi (AL–9224104319-sonli) va “O’zbekiston Respublikasi Qizil kitobi holatini tanqidiy baholash. Jizzax, Samarqand va Farg’ona, Andijon, Namangan viloyatlarida tarqalgan turlar bo’yicha ma’lumotlar tayyorlash” (2023-2025) loyihasi doirasida amalga oshirildi [2, 3].

Hudud bo’ylab 2023-2025 yillar davomida (may-avgust) maqsadli va mashrutli dala tadqiqotlari olib borildi. Turning joylashuv koordinatalari GPS navigator (Garmin Gpsmap 64s navigator) yordamida aniqlandi. Gerbariy ma’lumotlarini olish uchun TASH, LE, FRU MW (https://www.plant.depo.msu.ru) fondlardan hamda Global bioxilma-xillik ma’lumotlar bazasidan (GBIF;https://www.gbif.org) foydalanildi. Taksonlarning nomenklaturasi Plants of the World Online (https://www. plantsoftheworldonline.org) katalogi bo’yicha keltirildi [4, 5, 6].

Kamyoblik maqomi IUCN [7, 8] metodologiyasining B (B2) va C (C2) mezonlari (EOO, AOO) asosida baholandi. Turning GeoCAT xaritasi Bachman metodik tavsiyalari asosida tayyorlandi [9]. Qo’riqlanadigan hududlar (WDPA; https://www.protectedplanet.net/en) xalqaro bazasidan foydalanildi [10].

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Olingan natijalarga ko’ra quyida keltirilgan o’simliklar O’zbekiston “Qizil kitobi”ning navbatdagi nashri uchun quyidagi 12 ta kategoriya bo’yicha yangi formatda baholash amalga oshirildi.

1. *Astragalus rhacodes* Bunge. Yulingan astragal. Астрагал оборванный

1

Oloy tizmasida o‘sadigan juda kamyob endemik tur. O‘zbekiston Qizil kitobining avvalgi nashrlarida (1998, 2006, 2009, 2019) tur 2-toifaga kiritilgan.

M **2. Tahdidlar.** O‘sish maydonlarida sanoat zonalari, bog‘dorchilik, chorvachilik va **a** rekreasion omillar (dam olish maskanlari, sanatoriya va boshqalar) ni tashkil etilishi asosiy tadidlar **q** hisoblanadi.

o

m

i

B(CR) – Butunlay yo‘q bo‘lib ketish arafasidagi, B1ab(ii,iii,iv).

o

‘

y

i

2

0

-

4

0

s

m

,

p

a

s

t

k



1-rasm. *Astragalus rhacodes* Bunge. tabiatdagi tasviri

4. Tarqalishi. Farg‘ona viloyati: Oloy tizmasida (Shoximardon, Sadkak, Qiziltog‘) tarqalgan. Tojikiston va Qirg‘iziston hududlarida ham o‘sadi. Tarqalish maydoni (EOO) 54 km^2. Tur populyatsiyalari egallagan maydon (AOO) 12 km^2.

5. O‘sish muhiti. Dengiz sathidan 1200-1600 m balandlikdagi tog‘ yonbag‘irlarida, qizil qumtoshlarda, mayda jinsli va shag‘alli tuproqlarda.

6. Soni. Yakka-yakka holda yoki bir nechta tup o‘simliklardan tashkil topgan kichik to‘plar hosil qilib o‘sadi. 2024-yilda Shoximardon (Yordon qishlog‘i)da olib borilgan maqsadli dala tadqiqotlari natijasida Qiziltog‘ yonbag‘irlarida kichik subpopulyatsiyasi saqlanib qolganligi aniqlandi va 10 ta individ sanoqdan o‘tkazilgan.

7. Foydalanilishi. Foydalanilmaydi.

8. Madaniylashtirilishi. Toshkent botanika bog‘ida ekib o‘stirilgan.

9. Muhofaza choralari. Maxsus muhofaza chora-tadbirlari ishlab chiqilmagan.

10. **Manbalar**. [11, 12, 13, 14, 15, 16].

11.Tuzuvchilar. G‘ulomov R.K., Xoshimov X.R.

12. Foto. G‘ulomov R.K., Xoshimov X.R.



2-rasm. *Astragalus rhacodes* Bunge. geocat xaritasi

2. *Astragalus borissianus* Gontsch. Boris astragal. Астрагал Бориса.

1

.

2. Tahdidlar. Chorvachilik, rekreasion omillar (dam olish maskanlari, sanatoriya va
M
oshqalar) turlarni populyatsiyasiga asosiy tahdid sifatida baholanadi.
á
yi 30 sm, deyarli poyasiz yoki juda qisqa poyali, barg qoldiqlari bilan o‘ralgan ko‘p yillik
q
‘simlik. Bargi 10-23 sm uzunlikda, bargchalari 10-13 juft, cho‘ziq, ellips shaklida yoki o‘tkir
n
ashtarsimon, uzunligi 7-15 mm, qattiq, yaproqchalarining har ikki tomoni yotiq oq tukli.
G
ulpopukchalari qisilgan, qisqa 6-8 gulli. Dukkagi bandsiz, cho‘ziq-tuxumsimon, 14-15 mm
i
4
O
‘
s
h
m
a
d
i
t
o
‘
g
‘
a
y
d
a
o
‘
s
a
d
i

E
1
2
8



3-Rasm. *Astragalus borissianus* Gontsch

7. Foydalanilishi. Foydalanilmaydi.

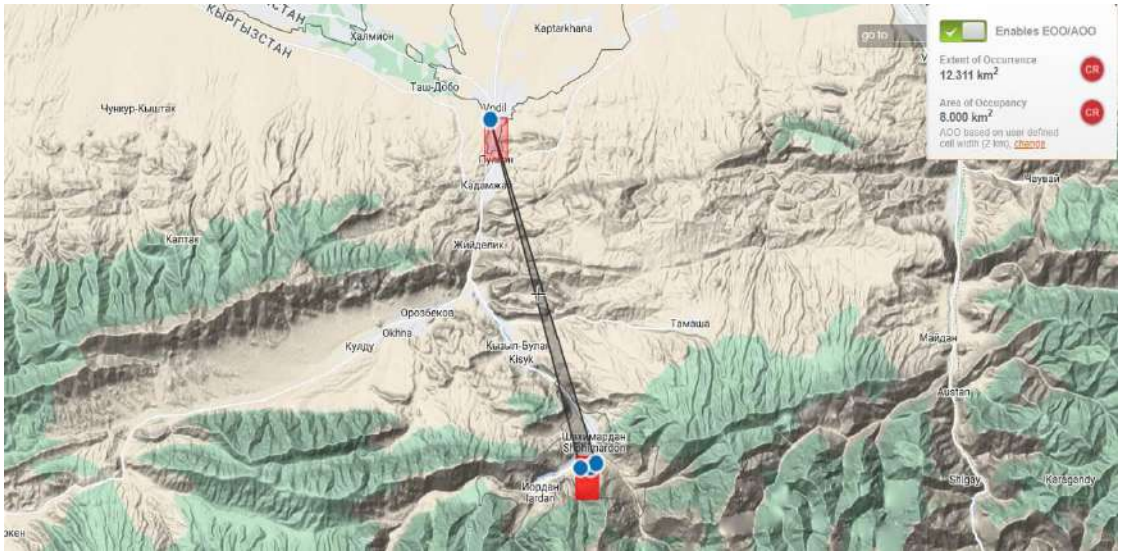
8. **Madaniylashtirilishi.** Madaniylashtirilmagan.

9. **Muhofaza choralari.** Maxsus muhofaza chora-tadbirlari ishlab chiqilmagan.

10. **Manbalar** [12, 13, 14, 15, 16, 17].

11. **Tuzuvchilar.** G‘ulomov R.K. Xoshimov X.R.

12. **Foto.** Hasanov F.O‘.



4-Rasm. *Astragalus borissianus* Gontsch geocat xaritasi

XULOSALAR

Olingan natijalar “Bioxilma-xilligi xavf ostidagi hudud sifatida Farg‘ona vodiysi florasining raqamli platformasini ishlab chiqish” amaliy tadqiqot loyihasi (AL–9224104319-sonli)da belgilangan vazifalar ijrosini amalga oshirish hamda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Maxkamasini 2018-yil 1034-sonli “O‘zbekiston Respublikasi Qizil Kitobini tayyorlash, nashr etish va yuritishni tashkil qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarorida belgilangan vazifalarni amalga oshirish uchun ham xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ғуломов Р.К. Фарғона водийсида тарқалган *Phlomoides* Moench туркуми (таксономияси, географияси, экологияси ва муҳофазаси): автореф. дисс. PhD. –Тошкент: 2022. – б. 43.

2. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Maxkamasining 2018-yil 19-dekabrdagi 1034-son “O‘zbekiston Respublikasi Qizil Kitobini tayyorlash, nashr etish va yuritishni tashkil qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarori.

3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармони.

4. Moscow university virtual herbarium (https://plant.depo.msu.ru, accessed on 25 Aprel 2024)

5. Global Biodiversity Information Facility. 2024. Free and open acces to biodiversity data. Retrieved aprel 30, 2024, available from https://www.gbif.org.

6. Plants of the World Online. 2024. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Retrieved Aprel 30, 2024, available from https://www.plant softheworld online.org/

7. International Union for the Conservation of Nature. 2019. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria; Version 14; Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. Retrieved September 6, 2023, available online: https://www.iucnredlist.org/resources/redlistguidelines

8. International Union for the Conservation of Nature. 2012b. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. Available at www.iucnredlist.org/technical-documents/ categories and criteria.

9. Bachman S, Moat J, Hill A, de la Torre J, Scott B (2011) Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: geospatial conservation assessment tool. ZooKeys 150: 117-126. https://doi.org/10.3897/zookeys.150.2109

10. World Database on Protected Area. 2023. Retrieved Aprel 25, 2024, available from https://www.protectedplanet.net/en.

11. Шерматов Г.М. Секция Bucharica рода Astragalus // Определитель растений Средней Азии. Т. 6. Ташкент: Фан, 1981. – С. 220-222.

12. Красная книга Узбекской ССР. Ч. 2. Растения. Ташкент: Фан, 1984. – С. 150.

13. Красная Книга Республики Узбекистан: Редкие и исчезающие виды растений и животных: (в 2-х томах): Т.1. Растения. Ташкент: Chinor ENK, 1998.

14. Красная Книга Республики Узбекистан: Редкие и исчезающие виды растений и животных: (в 2-х томах): Т.1. Растения и грибы. Ташкент: "Chinor ENK", 2006.

15. Красная Книга Республики Узбекистан: Редкие и исчезающие виды растений и животных: (в 2-х томах): Т.1. Растения и грибы. Ташкент: "Chinor ENK", 2009.

16. Красная Книга Республики Узбекистан: Редкие и исчезающие виды растений и животных: (в 2-х томах): Т.1. Растения и грибы. Ташкент: "Chinor ENK", 2019.

17. Абдуллаева М.Н. Секция Tropidolobus рода Astragalus // Определитель растений Средней Азии. Т.6. Ташкент: Фан, 1981. – С. 228-229.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИАРАЛЬЯ

Мамбетуллаева Светлана Мирзамуратовна – доктор биологических наук, профессор, Директор Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук

Утемуратова Гулширин Нажиматдиновна – доктор биологических наук (DSc), с.н.с., зав. лабораторией Экологии животного мира Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук

Абдинасырова Наргиза Абдрасулиевна – базовый докторант,

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук

Байниязова Гулайым Саламатдин кизи – базовый докторант

Нукусский государственный педагогический институт

Annotatsiya. Maqolada Janubiy Orolbo‘yi tabiiy muhitining transformatsiyasi sharoitida mayda sut emizuvchilar faunasi bioxilma-xilligining hozirgi holati bo‘yicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Orolbo‘yining barcha ekotizimlarida so‘nggi davrda mayda sut emizuvchilar jamoalarining xilma-xilligi, tuzilishida sezilarli o‘zgarishlar sodir bo‘ldi, bu esa mayda sut emizuvchilar populyatsiyalarining zonal tarqalishi kontrastining oshishiga olib keldi.

Kalit so‘zlar: Bioxilma-xillik, fauna, mayda sut emizuvchilar, cho‘llanish, ekotizimlar degradatsiyasi, dinamika, biota, chidamlilik, adaptatsiya.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по современному состоянию биоразнообразия фауны мелких млекопитающих в условиях трансформации природной среды Южного Приаралья. Во всех экосистемах Приаралья за последний период

времени произошли значительные изменения в разнообразии, структуре сообществ мелких млекопитающих, что привело к увеличению контрастности зонального распределения популяций мелких млекопитающих.

Ключевые слова: Биоразнообразие, фауна, мелкие млекопитающие, опустынивание, деградация экосистем, динамика, биота, устойчивость, адаптация.

Abstract. The article presents the results of research on the current state of biodiversity of the fauna of small mammals in the context of the transformation of the natural environment of the Southern Aral Sea region. In all ecosystems of the Aral Sea region, significant changes have occurred in the diversity and structure of small mammal communities over the past period, which has led to an increase in the contrast of the zonal distribution of small mammal populations.

Key words: Biodiversity, fauna, small mammals, desertification, ecosystem degradation, dynamics, biota, sustainability, adaptation.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение биоразнообразия и охрана природы являются важными аспектами устойчивого развития любого государства. В Республике Узбекистан, обладающей уникальными природными ресурсами, эти вопросы становятся особенно актуальными. Стратегия по сохранению и использованию биоразнообразия, утвержденная в 2019 году, основывается на Конституции Республики Узбекистан и законах охраны природы [1]. Целью стратегии является достижение сбалансированной и устойчивой формы развития, которая включает сохранение биоразнообразия.

Проблема состояния биоразнообразия фауны и ее динамика в условиях интенсивной аридизации и опустынивания региона Приаралья требует всестороннего углубленного изучения. В связи с этим необходимо провести инвентаризацию биоресурсов нашего региона и разработать меры и пути их охраны. В последние годы с интенсивным освоением территории плато Устюрта резко возросло влияние антропогенных факторов (строительство железных дорог, газопроводов и т.п.) на динамику ландшафта и растительных сообществ, видового разнообразия фауны и ее биопродуктивности [2].

Фауна мелких млекопитающих, как важный компонент экосистем, претерпевает существенные изменения в связи со сложившейся экологической ситуацией в регионе Приаралья. Взаимодействие и сравнительный анализ животного населения различных природных зон в экологическом и эволюционном аспектах является одним из интересных открытых вопросов современной экологии. Изучение процессов совокупного влияния различных экологических факторов на экосистемы и выявление экологических механизмов адаптации и преобразования популяций живых организмов (на примере мелких млекопитающих) в условиях трансформации природной среды имеет огромное прикладное значение для сохранения всего биоразнообразия, а также целостности естественных сообществ на фоне антропогенного прессинга в Южном Приаралье. При изучении популяций наземных позвоночных, мелкие млекопитающие являются классическим и наиболее часто используемых объектов в экологических исследованиях. Общеизвестно, что мелкие млекопитающие очень чувствительны к изменениям условий среды обитания и могут служить биоиндикаторами экологического изменения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования мелких млекопитающих на территории Южного Приаралья представлены на рис.1. Главный принцип организации работ - комплексное изучение динамики важнейших характеристик мелких млекопитающих на различных уровнях их организации.

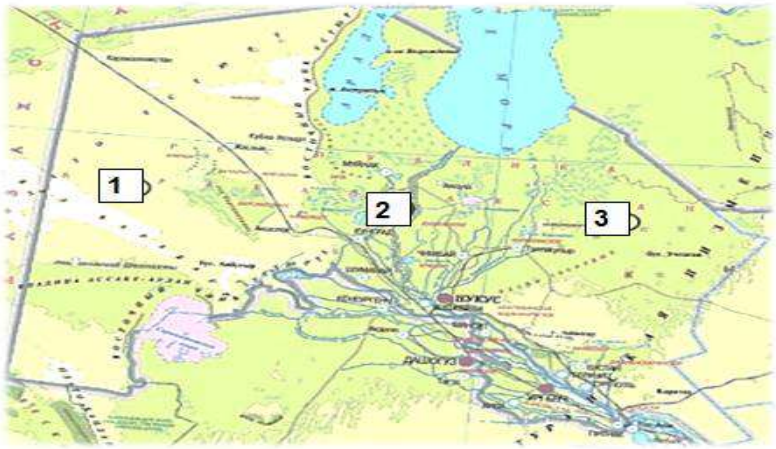


Рис.1. Карта-схема проведения исследований

Примечание: 1-Северная граница ареала исследований включает в себя северо-западную часть Устюрта (пос. Каракалпакия, Жаслык), Муйнакский (Учсай, Кызылжар, Караджар, Шеге, Казахдарья) и Кунградский и др. северные районы республики; 2 - Южная граница включает Амударьинский, Турткульский ,Берунийский, Элликалинский районы; 3 - Центральный район исследований включает в себя территории Тахтакупырского, Чимбайского, Караузякского, Кегейлийского района.

В слабонарушенных природных сообществах, способных к самовосстановлению, подавляющее большинство экологических ниш в пределах всей амплитуды условий занимают эволюционно коадаптированные присущие ему (аборигенные) виды, в том числе и редкие. Плотно заполняя экологическое пространство, они не позволяют внедриться в биогеоценоз адвентивным видам. При этом редкие аборигенные виды растений или животных играют «подстраховывающую» роль, то есть заполняют ту часть экологического пространства, которая освобождается видами-доминантами при флуктуациях их численности [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мелкие млекопитающие являются оптимальными биоиндикаторами естественных и антропогенно-нарушенных экосистем. Поэтому использование их с целью оценки произошедших изменений в природных сообществах является вполне обоснованным [6, 7]. По причине деструктивных изменений в окружающей среде региона Приаралья произошли изменения в популяционной структуре, разнообразии и численности сообществ мелких млекопитающих. Так, по данным ученых, в Южном Приаралье зафиксировано обитание 28 видов грызунов, которые относятся к 6 семействам и 21 роду [8, 10, 12]. Сообщество грызунов пустынных и полупустынных экосистем региона представляет объединенный форпост таких пустынь, как Каракумы и Северо-Западные Кызылкумы. В пустынных экосистемах выявлено обитание 18 видов млекопитающих. При этом очень многочисленны

песчанки - *Rhombomys opimus* (18,5 %) и *Meriones meridianus* (9,8%), *Spermophilopsis leptodactylus* (20,2%) и псаммофильные виды тушканчиков (45,8 %) [8, 9].

В низовьях Амударьи зарегистрировано 13 видов животных, среди которых наиболее многочисленными являются *Nesokia indica* (23,2%), *Allactaga elater* (14,5%), *Mus musculus* (13,6%), *Meriones tamariscinus* (15,3%). Вследствие увеличения площадей опустынивания, сокращения тугайных и тростниковых зарослей, усиления землепользования и других негативных факторов ареал и численность видов увлажненных экосистем резко сокращается. Тугайные экосистемы также претерпели значительные изменения вследствие процесса деградации природных ландшафтов. В тугайных зарослях обитает 16 видов млекопитающих, включая *Mus musculus*, *Nesokia indica*, *Microtus ilaeus*, *Meriones tamariscinus* и другие. Исследование показало, что в низовьях дельты реки Амударьи обитает 13 видов грызунов, из них наиболее многочисленны *Mus musculus* (13,6 %), *Nesokia indica* (23,2 %) (рис.2).

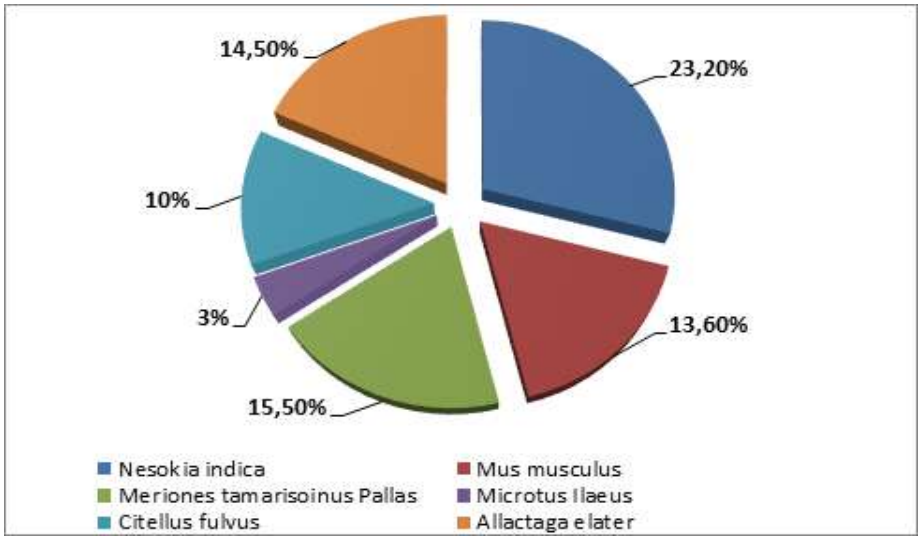


Рис. 2. Распределение грызунов на территории низовьев Амударьи (%)

В песчаных пустынях северо-западной части Кызылкума обитают 18 видов, из них многочисленны псаммофильнные виды тушканчиков (45,8 %). Также большая доля приходится на песчанок – *Rhombomys opimus* (18,5 %) и *Meriones meridianus* (9,8%), тонкопалый суслик (*Spermophilopsis leptodactylus*) (20,2%) [10].

Во всех экосистемах Приаралья за последний период времени произошли значительные изменения в разнообразии, структуре сообществ мелких млекопитающих, что привело к увеличению контрастности зонального распределения популяций мелких млекопитающих [11, 12, 14]. Для более комплексной оценки степени деградации природных биотопов локального участка и фоновых дигрессивных преобразований природной среды популяция домовой мыши может служить биоиндикатором. Широко распространенная коллекторно-дренажная сеть является важным элементом антропогенного микрорельефа. Вследствие освоения и орошения сельскохозяйственных площадей в различных фермерских хозяйствах республики популяции *Mus musculus* и *Nesokia indica* находят благоприятные условия для питания и защиты на склонах открытой

дренажной сети [13, 14]. Видовое разнообразие здесь непосредственно зависит от разнообразия растительности. Были рассчитаны индексы видового разнообразия сообществ грызунов в исследованных территориях Каракалпакстана (табл.1).

Таблица 1.

Индексы видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих в исследованных территориях Приаралья

Индексы видового разнообразия	**Берега каналов и р. Амударьи**	**Незастроенные территории населенных пунктов**	**Зона железной и автодороги**
видовое богатство	4,18	2,31	3,16
вид. разнообр. Шеннона	1,05	0,42	1,08
вид. разнообр. Симпсона	0,47	0,44	0,76
индекс доминирования	0,38	0,53	0,42

За период наших исследований выявлено, что динамика численности сообществ грызунов характеризуется двумя пиками (в августе и в октябре). Однако в связи со снижением численности суммарного обилия мелких млекопитающих, наблюдался максимум их численности только в августе, после которого количество популяций *Rodentia* опять снизилось. Результаты показали в снижение суммарного обилия мелких млекопитающих в исследуемый период, весомый вклад вносят депрессия в популяции большой песчанки (*Rhombomys opimus*), как доминирующего вида, а также неблагоприятными климатическими условиями ранней весной в естественных ландшафтах. Распространение малочисленных видов вдоль железных и автомобильных дорог подтверждается высокими значениями индекса видового разнообразия Шеннона. Вместе с тем отмечается большая доля многочисленных видов, что обуславливает высокие значения индекса видового разнообразия Симпсона. При этом индекс доминирования указывает на сниженные показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование фауны мелких млекопитающих происходит из элементов разного происхождения очень связанных с фаунистическими комплексами. в фаунистическом комплексе Приаралья большую роль играют виды, связанных с ирано-афганским, монгольским и средиземноморским происхождениями фауны. Проведенный анализ распределения фауны млекопитающих Южного Приаралья по экологическим биотопам показывает, что более 62% видов обитают в песчано-пустынных и глинисто-щебнистых ландшафтах. В степном ландшафте обитает около 6% видов, а в тугайных – 16%. Различные виды имеют своеобразные типы взаимодействия с окружающей средой и находят способы освоения пустынных территорий.

Список литературы

1. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 484 от 11.06.2019 г. “Об утверждении стратегии по сохранению биологического разнообразия в Республике Узбекистан на период 2019-2028 годы”.

2. Арушанов М.Л., Тлеумуратова Б.С. Динамика экологических процессов Южного Приаралья /Гамбург: Palmarium. – 2012. – 183 с.
3. Шакин В.В. Биосистемы в экстремальных условиях // Журнал общей биологии. - 1991. - Т. 52. - № 6. - С. 784-792.
4. Аймуратов Р., Пиржанова Р. Состояние биоразнообразия экосистем южного подрайона плато Устюрт в условиях техногенного и антропогенного пресса // Вестник ККО АНРУз. - 2009. - № 3. - С. 48-51.
5. Ишунин Г.И. // В кн.: Дикие животные Узбекистан, внесённые в «Красную книгу СССР». – Ташкент: Узбекистан, 1980. – 139 с.
6. Кубанцев Б.С. Антропогенные воздействия и антропогенные факторы, их роль в некоторых экологических и микроэволюционных процессах. -Экология. 1979, № 6. - С. 5-14.
7. Литвинов Ю.Н. Влияние факторов различной природы на показатели разнообразия сообществ мелких млекопитающих // Успехи современной биологии. - 2004. -Т. 124. - № 6. - С. 612–621.
8. Реймов А.Р., Реймов Р.Р. Терионаселение Южного Приаралья и сохранение его биоразнообразия // Вестник ККО АН РУз.– Нукус.– 1997.– №5.– С.19–23.
9. Реймов Р.Р. Приспособление млекопитающих к экстремальным условиям обитания в Южном Приаралье // Вестник ККО АН РУз.– Нукус.– 1995.– № 3.– С.13–19.
10. Мамбетуллаева С.М., Утемуратова Г.Н. К вопросу изучения экологической структуры популяций мелких млекопитающих в условиях Южного Приаралья // Журнал «Актуальные проблемы современной науки», Москва, Россия, №5(73), 2013.- с. 174-177.
11. Отенов Т.О., Гроховатский И.А., Сайтова А.К., Отенова Ф.Т., Шамшетова Р. Влияние понижения уровня Аральского моря на растительность Южного Приаралья. // Материалы Респуб. научно-практической конфер. «Достижения, перспективы развития и проблемы естествознания». – Нукус. –2011.– С. 26–27.
12. Мамбетуллаева С.М., Утемуратова Г.Н. Исследование антропогенного воздействия на фауну мелких млекопитающих в низовьях Амударьи // Материалы Международной научной конференции «Мультинаучные исследования как тренд развития современной науки», Киев, Украина, 2013.- с. 70-71.
13. Динамика и потенциал природной среды Каракалпакстана / Н.К. Аимбетов, Б.С. Тлеумуратова, С.М. Мамбетуллаева и др., Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан. –Нукус: Илим, 2017 – 251с.
14. Otenova F.T., Mambetullaeva S.M. Ecological assessment of soil salinization in the southern Aral Sea Region // International scientific-practical conference «Agriculture and food security: technology, innovation, markets, human resources» (FIES 2023).- November 23-24, 2023 Kazan, Russia.- BIO Web of Conferences 103, 00027 (2024).- https://creativecommons.org/licenses

GINKGO BILOBA L. O‘SIMLIGINING FARG‘ONA VILOYATI BO‘YICHA TARQALISHI VA BIOEKOLOGIK XUSUSIYATLARI

Madaminova Zarnigor Baxtiyor qizi
Farg‘ona Davlat Universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot *Ginkgo biloba L.* turining Farg‘ona viloyatida tarqalishi hamda uning bioekologik xususiyatlarini chuqur tahlil qilishga qaratilgan. Ish jarayonida maydon kuzatuvlari, gerbariy materiallarini o‘rganish va ekologik parametrlarni baholash metodlaridan foydalanildi. Olingan natijalar *Ginkgo biloba L.* viloyatda asosan madaniy holda o‘stirilishini, shahar ko‘kalamzorlashtirishida keng qo‘llanilishini va mahalliy mo‘tadil iqlim sharoitiga yuqori moslashuvchanlikka ega ekanini ko‘rsatdi. Shuningdek, tur atmosferadagi ifloslantiruvchi omillarga nisbatan yuqori chidamlilik namoyon etishi aniqlanib, uning barqaror rivojlanish potentsialiga ega ekani va ekologik muhitni yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etishi tasdiqlandi.

Kalit so‘zlar: *Ginkgo biloba L*, Farg‘ona viloyati, bioekologiya, tarqalish, iqlim o‘zgarishi

Аннотация. Данное исследование направлено на анализ распространения и биоэкологических характеристик *Ginkgo biloba L.* в Ферганской области. В ходе исследования использовались полевые наблюдения, изучение гербарных материалов и анализ экологических параметров. Результаты показали, что *Ginkgo biloba L.* в Ферганской области в основном выращивается в декоративных целях и широко используется в городском озеленении. Вид хорошо адаптирован к умеренным климатическим условиям и проявляет высокую устойчивость к загрязнению воздуха. Полученные данные подтверждают, что *Ginkgo biloba L.* обладает потенциалом для устойчивого развития в регионе и играет важную роль в улучшении экологической среды.

Ключевые слова: *Ginkgo biloba L*, Ферганская область, биоэкология, распространение, изменение климата

Annotation. This study is aimed at analyzing the distribution and bioecological characteristics of *Ginkgo biloba L.* in the Fergana region. During the research, field observations, examination of herbarium materials, and analysis of ecological parameters were employed. The results showed that Ginkgo biloba is mainly cultivated for ornamental purposes in the Fergana region and is widely used in urban landscaping. The species is highly adapted to temperate climate conditions and demonstrates strong resistance to air pollution. The findings confirm that *Ginkgo biloba L.* has the potential for sustainable development in the region and plays an important role in improving the ecological environment.

Keywords: *Ginkgo biloba L*, Fergana region, bioecology, distribution, climate change

KIRISH

Ginkgo biloba L. — Ginkgoaceae oilasining yagona tirik vakili bo‘lib, **Xitoyda kelib chiqqan** qadimiy tirik qoldiq o‘simliklardan biri hisoblanadi. Bu tur taxminan 270 million yil oldin paydo bo‘lgan va hozirgi vaqtgacha o‘z morfologik xususiyatlarini saqlab qolgan. Ochiq urug‘li o‘simliklar orasida *Ginkgo biloba L.* ning eng yaqin qarindoshlari **archa va qarag‘aylar** bo‘lib, shu sababli ilgari botaniklar bu o‘simlikni **ignabargli daraxtlar** qatoriga kiritganlar. “Ginkgo” ilmiy nomining muallifi **Karl Linney** hisoblanadi. Ingliz bog‘bonlaridan biri bu noodatiy o‘simlikni buyuk tabiatshunos olimga yuborgan. **1771-yilda mashhur sistematik olim uni botanika adabiyotiga “Ginkgo biloba” lotincha nomi bilan kiritgan.** *Ginkgo biloba L.* o‘zining noyob tuzilishi, yuqori hayotiylig va tibbiy xususiyatlari bilan butun dunyo bo‘ylab e'tibor qozongan. Bu yirik daraxtning boyi 30-40 m ga yetadi. *Ginkgo biloba L.* ikki uyli osimlik, shamol yordamida changlanadi. Po‘stlog‘i qalin, jigarrang tusda bo‘lib, yosh daraxtlarda silliqroq bo‘ladi. Barglari yelpig‘ichsimon, ikki bo‘lakli bo‘lib, uzun bandli, uzunligi 5–15 sm gacha yetadi,

kengligi 5–7,6 sm atrofida bo‘ladi. Ular **shakli va tomirlanish tuzilishi jihatidan juda noyob** hisoblanadi. Kuzda yorqin sariq tusga kirib, dekorativ qiyofaga ega bo‘ladi, **kech kuzda esa barglarini to‘kadi**, undan biroz oldin barglari **chiroyli oltin-sariq rangga kiradi.** Yaponiyada *Ginkgo biloba L.* **daraxtiga barg to‘kish davrida sig‘inishadi**, to‘kilgan barglarni esa **hurmat-ehtirom bilan terib olishadi**. Mevasi yong‘oqsimon bo‘lib, tashqi qavati go‘shtli va achchiq hidga ega. Ichida bir dona urug‘i bo‘ladi. Ikki xil uyli o‘simlik bo‘lib, erkak va urg‘ochi daraxtlari alohida bo‘ladi. Urug‘i bilan va vegetativ usulda ko‘payadi.

Tibbiyotda qo`llanilishi va kimyoviy tarkibi. Oxirgi yillarda *Ginkgo biloba L.* daraxti bargidan ajratib olinayotgan birikmalar farmokoterapiya sohasida bir qancha nerv va qon tomirlari kasalliklarida, ateroskleroz, xotirani yaxshilash va diqqatni jamlashda keng foydalanilmoqda. Kosmetologiyada *Ginkgo biloba L.* **teri qarishiga qarshi vositalar, soch to‘kilishiga qarshi preparatlar**, shuningdek **ozish (vazn kamaytirish) uchun mo‘ljallangan mahsulotlar tarkibida** qo‘llaniladi.

Farg‘ona viloyati O‘zbekistonning eng boy tabiiy xilma-xillikka ega hududlaridan biri bo‘lib, uning o‘ziga xos iqlim va tuproq sharoitlari turli xil o‘simlik turlarining o‘sishi uchun qulay muhit yaratadi. So‘nggi yillarda viloyatda *Ginkgo biloba L.* kabi ekzotik turlarni o‘stirishga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda, bu esa ularning mintaqadagi ekologik moslashuvi va tarqalish imkoniyatlarini o‘rganish zaruriyatini keltirib chiqarmoqda.

Iqlim o‘zgarishi sharoitida *Ginkgo biloba L.*ning turli geografik hududlardagi tarqalish potentsiali va bioekologik xususiyatlarini o‘rganish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu tadqiqot Farg‘ona viloyatida ushbu turning hozirgi holati va kelajakdagi rivojlanish istiqbollarini baholashga qaratilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Ginkgo biloba L. bo‘yicha so‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar tahlili ushbu mavzuning dolzarbligini va keng qamrovli yondashuvni talab etishini ko‘rsatadi. Adabiyotlar tahlili asosan quyidagi yo‘nalishlarda guruhlanadi:

Z.A.Yusupova, X.T.Turg`unov, F.Sayramov lar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda *Ginkgo biloba L.* o`simligining morfologiyasi, tarqalish ekologiyasi, kimyoviy tarkibi, tibbiyotda va xalqa tabobatida qo`llanilishi o‘rganilgan. Inson va hayvonlar organizmida ro‘y beradigan turli kasalliklarni davolashda ishlatiladigan dori-darmonlar ichida shifobaxsh o‘simliklardan tayyorlanayotgan dorilar haqida ko‘plab ma’lumotlar berishgan.

Akinshina N.G., Shtonda N.I., Azizov A.A., Xalmurzaeva A.I. (2017) Toshkent sharoitida *Ginkgo biloba L.* ning ekologik va fiziologik xususiyatlarini o‘rganish bo‘yicha tadqiqot olib borishdi. Tadqiqot jarayonida o‘simliklar ikki turdagi maydonda kuzatildi: “fon” maydon (Toshkent Botanika bog‘i, akademik F.N.Rusanov nomidagi) — yumshoq mikroiqlim va qulay sharoitlar mavjud bo‘lgan hudud, va “stress” maydon (Amir Temur maydoni, yuqori havoning quruqligi, ifloslanish va kuchli quyosh nurlanishi bilan xarakterlangan) bo‘ldi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, shahar ekologik omillari *Ginkgo biloba L.* ning o‘sishi, fenologik fazalari va adaptiv potensialiga ta’sir qiladi. Mualliflar muvaffaqiyatli introduktsiya va o‘simlikning dekorativ xususiyatlarini saqlash uchun kompleks parvarish va moslashuv sharoitlarini tanlash zarurligini ta’kidlashgan.

O.Z.Fozilova va M.A.Toxirjonova o‘z maqolasida *Ginkgo biloba L.* o‘simligining morfologiyasi, botanika tavsifi, tarqalishi va ahamiyatini yoritib bergan.

O.V.Yatsevich (2015) tomonidan *Ginkgo biloba L.* o‘simligining morfologik tuzilishi, evolyutsion kelib chiqishi va kimyoviy tarkibi batafsil yoritilgan bo‘lib, muallif daraxtning relikt xususiyati, barglaridagi biokimyoviy faol moddalar (flavonoidlar, terpenlar, bilobalid, ginkgolidlar) va ularning farmakologik ta’sir mexanizmlarini ilmiy asosda tahlil qiladi. Tadqiqotda *Ginkgo biloba L.* ning ekologik barqarorligi, havoning ifloslanishiga chidamliligi va

shahar muhitida yuqori darajada yashovchanligi qayd etilib, ushbu özelliklar uni keng ko‘lamli ko‘kalamzorlashtirish va tibbiyotda qo‘llash uchun istiqbolli tur ekanini tasdiqlaydi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, *Ginkgo biloba L.* bo‘yicha global miqyosda ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan bo‘lsa-da, Markaziy Osiyo, xususan, Farg‘ona viloyati sharoitida ushbu turning ekologik moslashuvi va tarqalish xususiyatlari bo‘yicha ma'lumotlar cheklangan. Mavjud tadqiqotlar asosan Sharqiy Osiyo (Xitoy, Yaponiya, Koreya) va G‘arbiy mamlakatlar (AQSh, Yevropa) sharoitlariga qaratilgan. Shuningdek, iqlim o‘zgarishi sharoitida *Ginkgo biloba L.*ning kelajakdagi tarqalish potentsiali va arid va yarim arid mintaqalardagi moslashuv mexanizmlari bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlarga ehtiyoj mavjud. Mintaqaviy ekologik sharoitlar, fenologik xususiyatlar va mahalliy iqlim o‘zgaruvchilari bilan bog‘liq tadqiqotlar alohida ahamiyat kasb etadi.

TADQIQOT METODLARI

Ushbu tadqiqot Farg‘ona viloyatining turli tumanlarida *Ginkgo biloba L.* o‘simligining tarqalishi va bioekologik xususiyatlarini o‘rganish maqsadida olib borildi. Tadqiqot jarayonida quyidagi metodlardan foydalanildi:

Maydon tadqiqotlari viloyatning 12 ta tumanida joylashgan bog‘lar, parklar va boshqa ko‘kalamzorlik hududlaridagi *Ginkgo biloba L.* daraxtlari to‘liq inventarizatsiya qilindi. Har bir lokatsiyada daraxtning koordinatalari, balandligi, shox-shabbasi, tuproq turi qayd etildi. Ushbu metod o‘simliklarning tarqalish xaritasini tuzish va ularning o‘sish sharoitlarini aniqlash imkonini berdi.

Iqlim ma’lumotlari tahlili: Farg‘ona viloyati meteorologiya stantsiyalaridan olingan 30 yillik iqlim ma’lumotlari tahlil qilindi. Natijalar *Ginkgo biloba L.* ning ekologik talablari bilan taqqoslanib, o‘simlikning iqlim sharoitiga moslashuvchanligi baholandi.

Laboratoriya tadqiqotlari: Tuproq va barglarning kimyoviy tarkibi, shuningdek o‘simliklarning fiziologik ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Ushbu laboratoriya tadqiqotlari o‘simliklarning ozuqa moddalari va namlikka bo‘lgan talablarini aniqlash hamda yashovchanlik va dekorativlik xususiyatlarini baholash imkonini berdi.

NATIJALAR VA MUHOKAMALAR

*Ginkgo biloba L.*ning Farg‘ona viloyatidagi tarqalishi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, *Ginkgo biloba L.* Farg‘ona viloyatida asosan madaniy ravishda o‘stiriladi. Daraxtlarning yoshi 5 dan 45 yilgacha o‘zgaradi, o‘rtacha yoshi 18 yil tashkil etadi. Farg‘ona Davlat Universiteti hududida ham mavjud. *Ginkgo biloba L.* asosan shaharlarda ko‘kalamzorlashtirishda, xususan, ko‘chalar bo‘ylab, bog‘ va parklarda o‘stirilmoqda. Bu esa turining havo ifloslanishiga yuqori chidamliligini tasdiqlaydi, chunki shahar muhitida muvaffaqiyatli o‘sib rivojlanadi.

Bioekologik xususiyatlar tahlili. *Ginkgo biloba L.*ning Farg‘ona viloyatidagi bioekologik xususiyatlari tahlili quyidagi jadvalda keltirilgan (1-jadval):

1-jadval

***Ginkgo biloba L.* daraxtining bioekologik xususiyatlari**

Bo‘lim	Parametr	Qiymati va xususiyatlari
Iqlim talablari	Yillik o‘rtacha harorat	8–20°C (optimal: 12–16°C)
	Qishgi minimal harorat	-25°C gacha
	Yillik yog‘in miqdori	400–1200 mm
	Nisbiy namlik	50–70%
Tuproq talablari	pH diapazoni	5.0–8.0 (optimal: 6.0–7.5)
	Tuproq turi	Keng spektrli, yaxshi drenajlangan
	Sho‘rlanishga chidamlilik	O‘rtacha (3–4 dS/m gacha)
Ekologik chidamlilik	Quruqchilikka chidamlilik	Yuqori
	Sovuqqa chidamlilik	-25°C gacha
	Havo ifloslanishiga chidamlilik	Juda yuqori
	Soya-nurga munosabat	Yorug‘likni afzal ko‘radi
Reproduktiv xususiyatlar	Gullash yoshi	15–20 yil (madaniy sharoitda)
	Gullash davri	Aprel–may
	Meva pishish davri	Oktyabr–noyabr
	Urug‘ tushish davri	Oktyabr–dekabr
O‘sish xususiyatlari	Yillik o‘sish sur’ati	30–50 sm (yoshlikda)
	Maksimal balandlik	25–35 m
	Umr ko‘rish davri	1000+ yil

Farg‘ona viloyatidagi ekologik sharoitlarning mosligi. Farg‘ona viloyatining iqlim sharoitlari *Ginkgo biloba L.*ning ekologik talablariga asosan mos keladi. Viloyatdagi o‘rtacha yillik harorat 13-15°C ni tashkil etib, bu turning optimal rivojlanishi uchun qulay. Qishki haroratlar kamdan-kam hollarda -20°C dan past tushadi, bu esa *Ginkgo biloba L.*ning qishga chidamlilik chegarasidan yuqori. Yillik yog‘inlar miqdori (300-450 mm) *Ginkgo biloba L.*ning minimal talablariga javob beradi, ammo suv ta'minotini yaxshilash o‘simlikning rivojlanishini tezlashtirishi mumkin. Viloyatdagi tuproqlar asosan bo‘z va alluvial tuproqlar bo‘lib, yaxshi drenajlangan va turning talablariga mos keladi.

Fenologik xususiyatlar. Farg‘ona viloyati sharoitida *Ginkgo biloba L.* o‘zining barcha fenologik fazalarini barqaror va me’yorida o‘taydi. O‘simlikning kurtaklanishi mart oyining ikkinchi yarmida boshlanib, aprel oyida barglar faol rivojlanadi, aprel–may oylarida esa gullash kuzatiladi. Mevalarning shakllanishi iyun–sentyabr oylariga to‘g‘ri kelib, ularning pishishi odatda oktabr–noyabr oylarida yakunlanadi, barglar esa noyabr–dekabr oylarida to‘kiladi. Bu fenologik kalendar *Ginkgo biloba L.*ning Farg‘ona iqlimiga yaxshi moslashganligini ko‘rsatadi. *Ginkgo biloba L.*ning viloyatdagi ahamiyati ham ko‘p qirrali bo‘lib, u ekologik muhitni yaxshilash, shahar ko‘kalamzorlarini bezash, tibbiy xom ashyo olish va ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish kabi yo‘nalishlarda muhim o‘rin tutadi. O‘simlikning yuqori stressga chidamliligi va antropogen sharoitlarga moslashuvchanligi iqlim o‘zgarishi sharoitida ham uni istiqbolli tur sifatida baholash imkonini beradi. Shu sababli *Ginkgo biloba L.* Farg‘onada barqaror o‘sishi mumkin bo‘lgan va kelgusida ham keng qo‘llanishi maqsadga muvofiq bo‘lgan o‘simliklar sirasiga kiradi.

Iqlim o‘zgarishi sharoitida *Ginkgo biloba L.*ning Farg‘ona viloyatidagi istiqbollari ijobiy baholanadi. Turining yuqori ekologik chidamliligi uni kelgusida ham barqaror o‘stirish imkonini beradi.

Xitoyda ginkgoning shifobaxsh xususiyatlari miloddan avvalgi 2800 yillarda-yoq tasvirlangan. O‘sha davlardayoq bu o‘simlik xalq tabobatida muhim o‘rin egallagan bo‘lib, uning qo‘llanilishiga asosiy ko‘rsatmalar bronxial astma, o‘pka kasalliklari, yaralar va sovuq urish (muzlash) holatlari bo‘lgan. Hozirgi kunda ginkgo, xuddi jenshen kabi, an’anaviy Xitoy tibbiyotining asosiy elementlaridan biridir. Yevropa va Amerikaga bu daraxt dastlab dekorativ o‘simlik hamda botanika noyobi sifatida olib kirilgan. Ginkgoning betakror shifobaxsh xususiyatlari 20-asrning 60-yillaridan boshlab asta-sekin to‘plangan ilmiy ma’lumotlar tufayli yanada chuqurroq anglana boshlandi. Sharq tabobatidagi qo‘llanilish tajribasi, shuningdek, o‘simlikning inson organizmiga fiziologik ta’siri va kimyoviy tarkibini o‘rganishga qaratilgan zamonaviy tadqiqotlar natijasida uning dorivor xususiyatlari deyarli qayta kashf etildi.

Ginkgoning G‘arbda olib borilgan ilk tibbiy tadqiqotlari uning qator surunkali qon-tomir kasalliklarida yuqori istiqbolli ekanini ko‘rsatdi. Shundan so‘ng AQSH, Yevropa va hatto Yaponiya ilmiy markazlarida bu boradagi izlanishlar keskin faollashdi. Ginkgoning turli kasalliklarda samarali ta’siri haqidagi ilmiy natijalar, ayniqsa, Germaniya va Fransiyada kuchli ilmiy qiziqish va yirik tadqiqotlar to‘lqiniga sabab bo‘ldi. Bu mamlakatlarda ginkgo preparatlari yordamida sog‘liqni yaxshilagan odamlar soni o‘n millionlab hisoblanadi. Ba’zi hollarda ginkgo asosidagi preparatlar “mo‘jiza” deb baholangan. Natijada ular G‘arb davlatlarida eng ko‘p qo‘llaniladigan dorilar qatoriga kirdi — ularning yillik savdo hajmi yarim milliard dollarga yetadi.

AQSHda ginkgo asosidagi turli preparatlar eng ko‘p xarid qilinadigan beshlik dorilar qatoriga kiradi. Fransiya va Germaniyada ginkgo bargi ekstrakti eng ko‘p tayinlanadigan dori vositalarining biri bo‘lib, u qarishning eng qo‘rqinchli belgilaridan bo‘lgan xotira pasayishi, ko‘rish va eshitishning yomonlashuvi, diqqat susayishi va intellektning pasayishi kabi holatlarni sekinlashtirish yoki kamaytirish uchun qo‘llaniladi. Purdue universitetining taniqli fitoterapevti, doktor Varro Teylor ta’kidlashicha, ginkgo — “so‘nggi o‘n yillikda Yevropada eng ko‘p sotilgan va eng muhim dorivor o‘simlikdir”. Xitoyda ginkgo o‘simligining shifobaxsh xususiyatlari bundan 2800 yil avval, miloddan oldin ham tasvirlab berilgan. O‘sha davrdayoq bu o‘simlik tibbiyotda muhim o‘rin egallagan bo‘lib, asosan bronxial astma, o‘pka kasalliklari, yaralar va sovuq urish (muzlash) holatlarida qo‘llanilgan . Hozirgi kunda ham ginkgo, jenshen singari, an’anaviy xitoy tabobatining asosiy unsurlaridan biri hisoblanadi. Ginkgo daraxti Yevropa va Amerikaga esa manzarali o‘simlik hamda noyob botanika obyekti sifatida olib kirilgan .

Ginkgoning betakror shifobaxsh xususiyatlari XX asrning 60-yillaridan boshlab asta-sekin anglab yetila boshladi. Bu holat uning sharq tabobatidagi qo‘llanishi haqidagi ma’lumotlarning bosqichma-bosqich to‘planishi, shuningdek, zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijasida o‘simlikning inson organizmiga fiziologik ta’siri va kimyoviy tarkibi o‘rganilishi bilan bog‘liq. Natijada, ginkgoning tibbiy xususiyatlari deyarli qayta kashf etildi.

G‘arbda olib borilgan dastlabki tibbiy tadqiqotlar ginkgoning bir qator surunkali qon-tomir kasalliklarida juda istiqbolli ekanini ko‘rsatdi. Shundan so‘ng AQSh, Yevropa hamda Yaponiyada ham tadqiqotlar qor uyumi kabi tez sur’atlarda kengaya boshladi. Ginkgoning turli kasalliklarni davolashdagi samaradorligi ilmiy sohada haqiqiy portlashga sabab bo‘ldi, ayniqsa Germaniya va Fransiyada, bu yerda uning yordamida sog‘ayishga erishganlar soni o‘nlab million kishilarga yetdi. Ginkgo preparatlari ko‘pincha mo‘jizadek ta’sir ko‘rsatdi. Shu sababli ular G‘arb mamlakatlarida eng ommabop dori vositalariga aylangan, ularning yillik savdo hajmi yarim milliard dollarga yetadi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari *Ginkgo biloba L.*ning Farg‘ona viloyati sharoitlariga yaxshi moslashganligini ko‘rsatdi. Tur hozirda viloyatda asosan madaniy ravishda o‘stirilayotgan bo‘lib,

shaharlar ko‘kalamzorlashtirishida muhim o‘rin egallaydi. Turining yuqori ekologik chidamliligi, havo ifloslanishiga qarshiligi va estetik qiymati uni mintaqada keng qo‘llash uchun istiqbolli qiladi.

Kelajakda *Ginkgo biloba L.*ni Farg‘ona viloyatida yanada keng miqyosda o‘stirish, shuningdek, uning tibbiy va iqtisodiy potentsialidan foydalanish yo‘llarini ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir. Bunda mahalliy ekosistemaga ta'sirini hisobga olish va barqaror rivojlanish tamoyillariga rioya qilish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fozilova O.Z. “Ginkgo biloba o‘simligining botanik tavsifi, tarqalishi va ahamiyati” Ta'limning zamonaviy transformatsiyasi jurnali, 1-son 2025-yil
2. Yusupova Z.A., Turg`unov X.T., Sayramov F. “Ginkgo biloba o‘simligining morfologiyasi, kimyoviy tarkibi va tibbiyotda qo‘llanilishi”, O‘zbekistonda fanlararo innovatsiyalar va ilmiy tadqiqotlar jurnali, 15-son. 2023- yil
3. Qoraboyev A.M. “Ginkgo biloba o‘simligining farmokologik xususiyatlari” – O‘zbekiston Tibbiyot jurnali, 2022-yil
4. Акиншина Н.Г., Штонда Н.И., Азизов А.А., Халмурзаева А.И. Эколого-физиологические особенности Ginkgo biloba L. в условиях Ташкента. 2017 год
5. Яцевич О.В. “Гинкго билоба. Мезозойский реликт - «серебряный абрикос». Препараты для мезотерапии. Москва, 2015 год
6. Буланкин Д. Г. “Исследование по стандартизации и разработке лекарственных средств на основе листьев гинкго двулопастного (ginkgo biloba l.)”, автореферат, Самара, 2011 год
7. Васильев В.Г., Калабин Г.А., Букаса Митео Иван, Рудачевский Д.Д., “ О необходимости совершенствования контроля безопасности и качества экстрактов из листьев гинкго билоба” Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, Том 25 №3 414—430, 2017 год

LYAXNINA (HOMOPTERA: LACHNINAE) SHIRALARIDA “TRI-TROFIK” TIZIM KOEVOLYUTSIYASI

Zokirov Islomjon Ilhomjonovich, Zokirova Gulnora Mamadjonovna
Temirova Shamsiqamarbegim Ilyosjon qizi

Annotatsiya. Maqolada Lachninae (Homoptera) shiralarining ozuqa o‘simliklari, chumolilar va tabiiy dushmanlari bilan “tri-trofik” tizimda koevolyutsion aloqalari tahlil qilingan. Asosiy ma’lumotlar I.I.Zokirov tomonidan O‘zbekiston hududida olib borilgan dala kuzatuvlari va laboratoriya tajribalariga tayangan holda bayon etilgan. Lachninae guruhining birlamchi va ikkilamchi ozuqa spektri, mirmekofillik darajalari hamda shira suyuqligining ikkilamchi ozuqa zanjiri shakllanishidagi o‘rni zamonaviy tri-trofik koevolyutsiya konsepsiyasi nuqtai nazaridan talqin qilingan. Shuningdek, populyatsiya dinamikasiga oid ko‘rsatkichlar asosida bu shiralarning agro- va urban ekotizimlarda bioindikator sifatida qo‘llanish imkoniyatlari muhokama etilgan.

Kalit so‘zlar: Lachninae shiralar, tri-trofik tizim, koevolyutsiya, ozuqa o‘simliklari, chumolilar, shira suyuqligi, ikkilamchi ozuqa zanjiri.

Аннотация. В статье проанализированы коэволюционные связи тлей подсемейства Lachninae (Homoptera) с кормовыми растениями, муравьями и естественными врагами в тритрофической системе. Основные материалы изложены на основе полевых наблюдений и лабораторных экспериментов, проведённых И. И. Зокировым на территории Узбекистана. Первичный и вторичный спектр кормовых растений представителей группы Lachninae, степени их мирмекофильности, а также роль пади в формировании вторичных трофических цепей рассматриваются с позиций современной концепции тритрофической коэволюции. Кроме того, на основе показателей динамики популяций обсуждаются возможности использования этих тлей в качестве биоиндикаторов в агро- и урбоэкосистемах.

Ключевые слова: тли Lachninae, тритрофическая система, коэволюция, кормовые растения, муравьи, падь, вторичная трофическая цепь.

Annotation. The article analyzes the coevolutionary relationships of Lachninae (Homoptera) aphids with their host plants, ants, and natural enemies within a tri-trophic system. The main data are presented on the basis of field observations and laboratory experiments carried out by I. I. Zokirov in the territory of Uzbekistan. The primary and secondary host range of the Lachninae group, their degrees of myrmecophily, and the role of aphid honeydew in the formation of secondary food chains are interpreted in the context of the modern concept of tri-trophic coevolution. In addition, based on population dynamic parameters, the potential use of these aphids as bioindicators in agro- and urban ecosystems is discussed.

Keywords: Lachninae aphids, tri-trophic system, coevolution, host plants, ants, honeydew, secondary food chain.

KIRISH

Tri-trofik tizimlar zamonaviy ekologiyada o‘simlik – o‘txo‘r hasharot – ularning tabiiy dushmanlari yoki mutualist sheriklari o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirlarni yaxlit ko‘rib chiqishga imkon beradigan asosiy tushunchalardan biridir. Bunday tizimlarda koevolyutsion jarayonlar himoya va hujum mexanizmlarining, shuningdek, signal almashinuvi va xulq-atvor tizimlarining shakllanishiga olib keladi [2].

Shiralar, xususan daraxtlarda yashovchi Lyaxnina (Homoptera: Lachninae) kenja oilasi vakillari ko‘p yillik yog‘ochli o‘simliklar, yirtqich va parazit hasharotlar hamda chumolilar bilan bog‘langan murakkab trofik tarmoqlar markazida turadi. Lachninae tarkibidagi ko‘plab turlar qadimdan ochiq urug‘li o‘simliklarga, keyinchalik esa Salicaceae va Rosaceae singari evolyutsion jihatdan “yosh” o‘simlik oilalariga moslashganligi bilan ajralib turadi [4, 14, 15]. So‘nggi o‘n yilliklarda shira–chumoli munosabatlari bo‘yicha olib borilgan ko‘plab tadqiqotlar chumoli–shiralar–o‘simliklar uch pog‘onali tizimining antagonizm–mutualizm doirasida o‘zgaruvchanligini ko‘rsatdi [5].

O‘zbekiston va umuman Markaziy Osiyo sharoitida aphidofauna bo‘yicha fundamental ishlar ko‘plar amalga oshirilgan [6, 9, 13, 18, 20, 21, 23]. Shunday bo‘lsa-da, Lyaxnina shiralarining aynan tri-trofik koevolyutsion tizim doirasida baholanishi yetarli darajada shakllanmagan. I.I.Zokirov tomonidan bajarilgan nomzodlik dissertatsiyasida O‘zbekiston Lachninae shiralarining ozuqa spektri, hayot sikli, populyatsiya dinamikasi, mirmekofiliya darajasi tabiiy hamda antropogen sharoitlarda batafsil o‘rganilib, “shira” suyuqligiga bog‘langan ikkilamchi oziqa zanjiri hamda “noqulay ekologik sharoit – shira – chumoli”, “tabiiy kushanda – shira – chumoli” kabi uch pog‘onali tizimlar uchun konseptual model taklif etilgan [6].

Ushbu maqolaning maqsadi Lachninae shiralarida o‘simliklar, shira koloniyalari va ularni kuzatib yuruvchi chumolilar o‘rtasidagi tri-trofik koevolyutsiyani nazariy jihatdan tahlil qilishdan iborat.

MATERIAL VA TADQIQOT USLUBLARI

Materiallar sifatida so‘nggi 20 yil davomida Chotqol, Qurama va Olay tizmalari, shuningdek Farg‘ona vodiysi tekislik va shahar hududlarida yig‘ilgan Lachninae shiralari, ularning oziqa o‘simliklari hamda simbioz yashovchi chumolilar va tabiiy kushandalar bo‘yicha kuzatuvlar natijalari olindi. Namuna yig‘ish klassik afidologik usullariga tayandi [8, 17, 22]. Ma’lumotlar entomologik, ekologik va matematik-statistik usullar bilan tahlil qilindi.

OLINGAN NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

Tri-trofik tizim nuqtai nazaridan olib qaralganda, Lachninae shiralarining ozuqa o‘simliklariga ixtisoslashuvi, populyatsiya dinamikasi, etologiyasi hamda boshqa hasharotlar, xususan chumolilar va tabiiy kushandalar bilan munosabatlari o‘simlik–shira–entomofag tizimi koevolyutsiyasining yaxlit modelini beradi. Tahlil qilinayotgan natijalar tri-trofik tizimlarni tushuntirishga asos bo‘ladi va zamonaviy afidologik hamda ko‘p pog‘onali trofik aloqalar haqidagi konsepsiyalarga mos keladi [3, 14, 15, 16, 19].

Olingan ma’lumotlarga ko‘ra, Lachninae kenja oilasiga mansub turlar Pinaceae, Cupressaceae, Salicaceae, Moraceae va Rosaceae oilalariga kiruvchi 27 tur o‘simliklarda oziqlanadi. Ozuqa o‘simliklariga bog‘liqlik darajasiga qarab ular birlamchi hamda ikkilamchi ixtisoslashgan ekologik guruhlarga bo‘linadi: *Cinara piceae, C. tujafilina, Eulachnus alticola* va *E. tauricus* ochiq urug‘li o‘simliklar – qarag‘ay va archalarda qolgan holda, evolyutsion jihatdan qadimiy tri-trofik tizimni ifodalaydi, ikkilamchi ixtisoslashgan *Pterochloroides persicae, Tuberolachnus salignus* va *Maculolachnus submacula* esa salqin va iliq iqlimga moslashgan tol, ra’noguldoshlar va boshqa barg to‘kuvchi o‘simliklar bilan yangi fitofag–entomofag komplekslarini shakllantiradi. Bu holat Lachninae shiralarida o‘simliklar filogeniyasi va antropogen landshaftlarning o‘zgarishi bilan bog‘liq ravishda trofik o‘tishlar kechganini ko‘rsatadi va o‘simlik–shira–kushanda koevolyutsiyasining uzoq muddatli yo‘nalishini aks ettiradi [15].

Populyatsiya dinamikasi bo‘yicha dissertatsiyada keltirilgan regressiya va korrelyatsion tahlillar bir qator Lachninae turlari uchun mavsumiy ko‘payishning aniq modellari mavjudligini ko‘rsatdi. *Cinara tujafilina, E. alticola* va *T. salignus* kabi turlarda mintaqaning iqlim sharoiti va o‘simlik fenologiyasiga mos keluvchi, ishonchli statistik ko‘rsatkichlarga ega bo‘lgan bir martalik mavsumiy ko‘tarilish qayd etildi. *E. tauricus* va *P. persicae* da esa bahor–yoz va yoz–kuz davrlarida ikkita ko‘tarilish kuzatilib, bu o‘simlik barglarining qayta o‘sishi, shuningdek, ushbu davrda entomofaglar bosimining pasayib–ko‘tarilib turishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Tri-trofik nuqtai nazardan, populyatsiya zichligining bunday davriy tebranishi fitofaglar biomassasi, o‘simlik himoya mexanizmlari hamda yirtqichlar va parazitlar faolligi o‘rtasidagi muvozanat natijasi sifatida talqin qilinadi [11].

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, *P. persicae* va boshqa yirik tanali Lachninae turlarida “shira” suyuqligining ajralishi ikkilamchi ozuqa zanjirini shakllantirishda markaziy rol o‘ynaydi. Masalan, shaftoli tanasida joylashgan katta koloniya tarkibida bir necha yuzlab pashshalar, chivinar, ko‘plab chomolilar va arilar ishtiroki qayd etilgan bo‘lib, bu turli trofik pog‘onadagi konsumentlarning “shira” suyuqligiga trofik jihatdan bog‘lanib qolganidan dalolat beradi. Yoz oxirida shira zichligi oshishi bilan birga hosil bo‘ladigan boy ikkilamchi ozuqa zanjiri – producent (o‘simlik) – I tartibli konsument (shira) – II–IV tartibli konsumentlar (dipteralar, hymenopteralar, yirtqich qo‘ng‘izlar, aralash saprofaglar) hamda reducentlar tizimi sifatida ishlaydi. Energiya oqimi va moddalarning davriy aylanishiga bunday hissa qo‘shilishi, ayniqsa, intensiv bog‘dorchilik agroekotizimlarida ekotizim barqarorligi uchun dolzarbdir.

Lachninae – chumoli munosabatlari tri-trofik tizimni “kengaytirilgan” ko‘rinishda o‘rganish imkonini beradi. Kuzatuvlar natijalari mirмекofiliya darajasiga ko‘ra turlar yuqori *(P. persicae, T. salignus)*, o‘rta *(E. alticola, E. tauricus, M. submacula)* va quyi *(C. piceae, C. tujafilina)* pog‘onalarga ajratish mumkin. Yuqori pog‘onada chumolilar shira koloniyalarini doimiy himoya

qiladi, ularni yangi oziqlanish nuqtalariga ko‘chiradi va tabiiy kushandalar – parazit va yirtqich hasharotlarning ta’sirini sezilarli darajada cheklaydi. Bu holat o‘simlik–shira–chumoli–kushanda o‘rtasidagi murakkab trofik hamda xatti-harakat aloqalarini yuzaga keltiradi [10, 12]. O‘rta va quyi pog‘onadagi turlarda chumoli ishtiroki epizodik bo‘lib, ko‘proq shira zichligi yuqori bo‘lgan davrlarda yoki koloniya migratsiyasi chog‘ida kuchayadi. Bu ma’lumotlar mirmekofil shiralarning klassik tavsiflariga juda yaqin bo‘lib, zamonaviy ishlarda ta’riflangan “himoyaviy mutualizm” va “tashuvchi mutualizmi” tushunchalarini qo‘llash imkonini beradi.

Etologik kuzatishlar shuni ko‘rsatdiki, Lachninae shiralarining mexanik va kimyoviy ta’sirlarga javob reaksiyasi (latent davri) turga va evolyutsion ixtisoslashuv darajasiga qarab keskin farqlanadi. Masalan, *E. alticola* da mexanik ta’sirga javob latent davri 0,5–1 soniya bo‘lsa, *T. salignus* da 2–3 soniyani tashkil etdi, *Cinara tujafilina* da esa kimyoviy ta’sirga javob mexanik ta’sirga nisbatan tezroq namoyon bo‘ldi. Kun va tun sharoitida koloniyaning butunlay boshqacha tarqalish yoki “qotib qolish” reaksiyalari kuzatilgan bo‘lib, bu yirtqichlar faolligining sutkalik ritmlari va o‘simlikning mikroiqlim sharoiti bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Zamonaviy tri-trofik yondashuv nuqtai nazaridan bunday xatti-harakatlar shira–kushanda–chumoli o‘rtasidagi xavf doirasiga sezgir javoblar sifatida talqin qilinadi, bu esa koevolyutsiya jarayonida xulq-atvor adaptatsiyalari naqadar muhimligini ko‘rsatadi.

Shira koloniyalarining ozuqa o‘simligi bo‘ylab joylanishi va ichki tuzilishi ham tri-trofik tizimning muhim komponenti sifatida ko‘rilishi mumkin. Masalan, archa shiralari (*C. tujafilina*) ildiz qismidan to barg uchlarigacha cho‘zilgan uzluksiz koloniyalar hosil qilib, o‘simlikning yosh o‘suv nuqtalariga yo‘naltirilgan holda joylashadi. Bu sxema o‘simlikning eng oziq moddalar bilan boy qismlarini maksimal darajada oziqlantirish bilan birga, chumolilar va yirtqichlar uchun koloniya ichida harakatlanishni ham yengillashtiradi. Populyatsiya ichidagi shunday fazoviy tashkil topish – tri-trofik tizimdagi resurs taqsimoti va himoya mexanizmlarining koevolyutsion muvozanati sifatida qaralishi mumkin [6].

Umuman olganda, tadqiqotlar davomida olingan natijalar tahlili Lachninae shiralarining tri-trofik tizimlarda tutgan o‘rni va koevolyutsion adaptatsiyalari ko‘p darajali ekanini ko‘rsatadi:

- o‘simliklar filogeniyasi va iqlim o‘zgarishlari bilan bog‘liq ozuqa o‘simliklarini almashtirish;
- populyatsiya dinamikasining trofik aloqalar bilan boshqarilishi;
- “shira” suyuqligi orqali ikkilamchi ozuqa zanjirining shakllanishi;
- chumolilar bilan mutualistik aloqalar.

Ushbu natijalar shira–o‘simlik–kushanda tizimlarini tahlil qilish, biologik kurash choralarini takomillashtirish va uzoq muddatli monitoring dasturlarini yaratishda dolzarb bo‘lib qolmoqda.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, Lyaxnina (Lachninae) shiralarida “tri-trofik” tizim – ozuqa o‘simliklari, shira populyatsiyalari va ularning tabiiy dushmanlari hamda mirmekofil hamkorlari o‘rtasidagi murakkab koevolyutsion munosabatlar majmuasi sifatida namoyon bo‘ladi. O‘zbekiston sharoitida Lachninae vakillarining 5 oila tarkibiga mansub 27 tur o‘simlikda oziqlanishi va birlamchi hamda ikkilamchi ixtisoslashgan guruhlarga ajralishini ko‘rsatdi, bu esa o‘simlik filogenezi bilan uyg‘un evolyutsion izchillikni namoyon etadi. Mavsumiy dinamikadagi farqlar, shuningdek, antropogen omillar ta’sirida morfo-ekologik o‘zgaruvchanlik darajasi shira koloniyalarining barqarorligi va tabiiy dushmanlar bilan o‘zaro ta’sir kuchini sezilarli darajada belgilaydi. Mirmekofil komplekslar haqidagi ma’lumotlar tri-trofik tizimni chiziqli zanjirdan ko‘ra ko‘p komponentli tarmoq sifatida talqin qilish zarurligini ko‘rsatadi. Umuman olganda, yig‘ilgan materiallar koevolyutsiya va ko‘p trofikli tizimlar konsepsiyasi nuqtai nazaridan Lachninae shiralarining o‘simliklar jamoalari va entomofauna barqarorligidagi o‘rni va nazariy ahamiyatini yaqqol yoritib berishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ali M.Y., Naseem T., Holopainen J.K., Liu T., Zhang J., Zhang F. Tritrophic interactions among arthropod natural enemies, herbivores and plants considering volatile blends at different scale levels // *Cells*. – 2023. – Vol. 12, № 2. – Art. 251.

2. Bronstein J.L., Alarcón R., Geber M. The evolution of plant–insect mutualisms // *New Phytologist*. – 2006. – Vol. 172, № 3. – P. 412–428.

3. Eastop V.F., Hille Ris Lambers D. Survey of the world's Aphids. -1976. Hague: W. Junk Publishers. - 373 p.

4. Normark B.B. Molecular systematics and evolution of the aphid family Lachnidae // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. – 2000. – Vol. 14, № 1. – P. 131–140.

5. Stadler B., Dixon A.F.G. Ecology and evolution of aphid–ant interactions // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. – 2005. – Vol. 36. – P. 345–372.

6. Zokirov I.I. O‘zbekiston lyaxnina (Homoptera, Lachninae) shiralari (hayot sikli, etologiyasi, gazlar almashinuvi) : diss. ... biol. fan. nomz. – Farg‘ona, 2009. – 120 b.

7. Zokirov I.I. Ozbekiston faunasi lachnina (Homoptera, Lachnidae, Lachninae) shiralarining ozuqa spektri haqida // O‘zbekiston biologiya jurnali. – Toshkent, 2009. – № 2.

8. Zokirov I.I., Zokirova G.M. Zoologik tadqiqotlarda doimiy va vaqtinchalik preparatlar tayyorlash. Farg‘ona: FDU nashriyoti, 2024.

9. Ахмедов М.Х. Тли - афидиды (Homoptera, Aphidinea, Aphididae) аридно-горных зон Средней Азии (экология, фауногенез, таксономия).: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. –Ташкент, 1995. - 45 с.

10. Верещагин Б.В., Лиховидов В.Е., Андреев А.В. Мирмекофильные тли Молдавии// Изв. АН МССР. Сер. биол. и хим.н. –Кишинев, 1983. - №3. -С. 4-52.

11. Викторов Г.А. Проблемы динамики численности насекомых на примере вредной черепашки. -М.: Наука, 1967. -271 с.

12. Захаров А.А. Муравей, семья, колония. –М.: Наука, 1978. –142 с.

13. Кадырбеков Р.Х. Тли (Homoptera, Aphidinea) горных систем юга и востока Казахстана (фауна, экология, распространение, хозяйственное значение).: Автореф. дис. …докт. биол. наук. – Алматы, 2007. - 36 с.

14. Мамонтова В.А. Фауна Украины. Тли – ляхниды (на украинском языке). –– Киев: Наукова думка, 1972. –вып.7. Т.20. - 228 с.

15. Мамонтова В.А. Филогенез и система тлей семейства Lachnidae (Aphidoidea, Homoptera) с учетом данных о кариотипах // *Вестник зоологии*. – 2001. – Т. 35, № 4. – С. 3–16.

16. Мамонтова В.А. Филогенез тлей рода *Schizolachnus* и подсемейства Eulachninae семейства Lachnidae (Homoptera, Aphidoidea) // *Вестник зоологии*. – 2006. – Т. 40, № 5. – С. 387–396.

17. Мордвилко А.К. Наставление к наблюдениям над тлями (сем. Aphididae), собиранию и сохранению их // Наставления для собирания зоологические коллекций. – Петроград, 1910. -№7. - С. 21-56.

18. Мухамедиев А.А. Тли (Homoptera, Aphidinea) востока Средней Азии (фаунистико экологический обзор, географическое распространение, влияние антропических воздействие, хозяйственное значение).: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. –Киев, 1989. - 41 с.

19. Нарзикулов М.Н. Тли (Homoptera, Aphididae) Таджикистана и сопредельных республик Средней Азии (Фауна Таджикской ССР). - Душанбе: Из-во АНТадж. ССР, 1962. Т.IX. –вып. 1. – 272 с.

20. Тошматова Ш.Р. Оҳангарон воҳаси афидофаунасининг (Homoptera, Aphidinea) трансформацияси: Биол. фан. номз. …дисс. –Тошкент, 2012. - 120 б.

21. Хусанов А.К. Шарқий Фарғона ширалари (Homoptera: Aphidinea) фаунаси ва морфо-экологик хусусиятлари: Биол. фан. фалс. докт. (PhD) дисс. –Тошкент, 2017. - 110 б.

22. Шапошников Г.Х. Наставление к собиранию тлей. –М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. –вып. 21. – 21 с.

23. Юнусов М.М. Тли (Homoptera, Aphidinea) центрального Тянь-Шаня.: Автореф. дис. …канд. биол. наук. –Ташкент, 1996. - 23 с.

Nature-Based Solutions: Global Origins and Application for Sustainable Management of the Akhangaran River Basin, Uzbekistan

Madrimov Rajabboy Masharipovich,Payzieva Madina Ulug’bek qizi,
Kurambaeva Mokhira Bahramovna
Research Institute of Environmental and Nature Protection Technologies

Abstract. This article discusses the stages of developing nature-based solutions (NbS) based on IUCN Global standards, as well as the scientific foundation of the criteria and indicators adopted within the framework of the program. Additionally, it presents scientific solutions to the NbS 3 criterion, including measures to preserve biodiversity, rationalize land use in the Akhangaran River basin, and prevent land degradation using ecosystem-based approaches. In particular, it offers practical recommendations such as planting drought-resistant local shrubs and tree species for the hillside afforestation, natural water filtration through reed, and plant reproduction in reclaimed wetlands- absorbing toxic substances, and other strategies to further improve the region's ecological health based on the IUCN global standards.

Keywords: Nature-based solutions, IUCN Global Standard, Akhangaran River Basin, land degradation, Biodiversity Net Gain

Annotatsiya. Ushbu maqolada IUCN Global standartlari asosida vujudga kelgan Tabiatga asoslangan yechimlar -NbSning paydo bo’lish bosqichlari hamda dastur doirasida qabul qilingan kriteriya va indikatorlarning ilmiy asoslari haqida so’z boradi.Shu bilan birgalikda NbS 3 kriteriya ilmiy yechimlari bo’yicha Ohangaron daryo havzasida bioxilma xillikni saqlash va yer resurslaridan unumli foydalanish,yer degradatsiyasini oldin olish chora tadbirlari ekotizimga asoslangan yondashuvlar negizida keltirib o’tilgan.Xususan, qurg’oqchilikka chidamli mahalliy buta va daraxt turlaridan foydalangan holda tepalik yonbag’irlarini o’rmonlashtirish,tiklangan botqoqliklarda qamish va ayrim o’simliklarni ko’paytirish natijasida suvni tabiiy filtiratsiya ya’ni zaharli moddalarni o’zlashtirib olishi kabi amaliy yechimlar NbS IUCN global standartlari asosida hudud ekologik holatini yanada yaxshilash uchun tavsiya etilgan.

Kalit so’zlar: Tabiatga asoslangan yechimlar, IUCN Global standarti, Ohangaron daryo havzasi, yer degradatsiyasi, Bioxilma xillikni sof o’sishi.

Аннотация. В данной статье рассматриваются этапы возникновения природообоснованных решений - РОН, созданных на основе Глобальных стандартов МСОП, а также научные основы критериев и индикаторов, принятых в рамках программы.

Кроме того, научные решения по критериям NbS 3 основаны на экосистемных подходах к сохранению биоразнообразия и рациональному использованию земельных ресурсов в бассейне реки Ахангаран, а также мерах по предотвращению деградации земель. В частности, практические рекомендации, такие как лесопосадка на склонах холмов с использованием местных засухоустойчивых кустарников и деревьев, естественная фильтрация воды путем размножения камыша и некоторых растений на восстановленных болотах, то есть поглощение токсичных веществ, были рекомендованы для дальнейшего улучшения экологического состояния региона на основе глобальных стандартов РОН МСОП.

Ключевые слова: Природа основанные решения, Глобальный стандарт МСОП, бассейн реки Ахангаран, деградация земель, чистый прирост биоразнообразия

INTRODUCTION

The concept of Nature-Based Solutions (NbS) was formally introduced by the World Bank (2008) and the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2009) as an umbrella framework integrating ecosystem-based adaptation, mitigation, and disaster risk reduction. The European Commission further popularised the term, defining NbS as solutions that are “inspired and supported by nature, which are cost-effective, simultaneously provide environmental, social and economic benefits and help build resilience” (European Commission, 2015). The most widely accepted operational definition and verification framework was established by IUCN in 2020 through the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions – comprising 8 criteria and 28 indicators (IUCN, 2020).

Over the past decade, Uzbekistan has made steady and interconnected progress in embedding Nature-Based Solutions (NbS) into national environmental governance. This institutional transition began in 2017 with the National Strategy for Sustainable Development (PP-2916), which introduced the concept of *ecosystem-based approaches* into the national development framework. Building on this foundation, the National Biodiversity Strategy and Action Plan (2019–2030) explicitly adopted “nature-based solutions” as a key pathway for climate adaptation and land restoration, aligning environmental protection with biodiversity goals.

A significant shift occurred in 2021 with the issuance of Presidential Decree PF-6133, which prioritized the restoration of degraded lands and riparian ecosystems — a move that positioned ecosystem rehabilitation as a national imperative rather than a sectoral objective. In parallel, institutional mechanisms to support community involvement were strengthened.

This transition was institutionalized in 2024 when the Ministry of Ecology, Environmental Protection, and Climate Change (Order No. 14-p) officially adopted the IUCN Global Standard for Nature-Based Solutions as the methodological foundation for all national restoration and climate adaptation projects.

This evolving legal and institutional environment formed the foundation for the methodology applied in this study.The NbS interventions proposed for the Akhangaran River Basin were co-designed within this enabling policy context and assessed, ensuring that both design and evaluation were firmly rooted in national priorities and international standards.

MATERIALS AND METHODS

2.1. Study area

The Akhangaran River Basin (7,710 km²) is strategically critical, supplying irrigation water to over 92,000 ha and drinking water to parts of Tashkent Province. A river in the Tashkent region.[8]. It is formed by streams flowing from the Chatkal and Kurama mountain ranges. (Figure 1.) 236 km (from the source of the Aktash-soy). From the place where the Chovlisoy flows to the Turk village, the river flows through a narrow gorge that crosses the Ahangaran plateau. The depth of the gorge. 250 m (in the headwaters of the river). At the confluence of the Yakkaarchasoy, it is 800 m. The river valley is very narrow. The river has a large slope up to the Turk village. From here, the valley widens sharply. Near the village of Oblyk, its width is 700 m, while near the city of Ahangaran, it is approximately 4-5 km. The slopes of the valley are steep, and ravines occur. Below the village of Oblyk, there are old alluvial terraces. The city of Ahangaran, after the river begins to flow in a valley 8 km wide. The Ahangaran River is fed by snow and rain. The Ahangaran River has many tributaries, the largest of which are: Arashon, Yertoshsoy, Toshsoy, Dukantsoy, Qarabayirsoy, Oqchasoy, Niyozboshi, Objazsoy, and Gushsoy.[13]

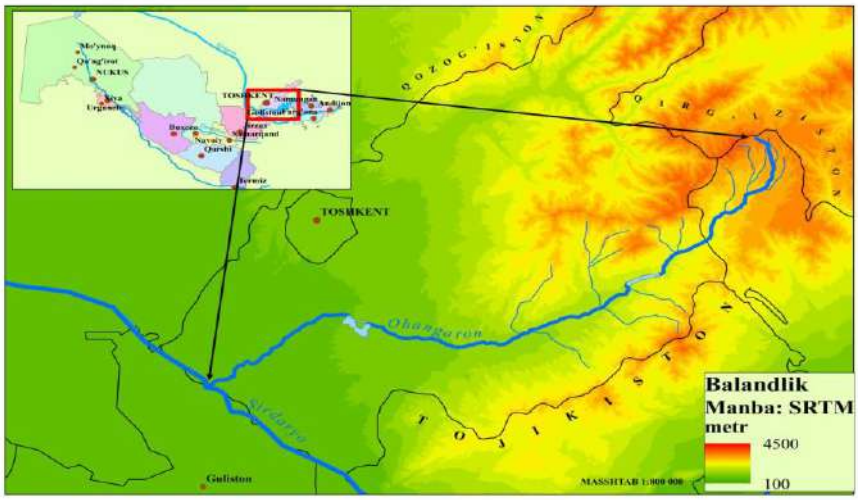


Fig. 1. Study Area-Ahangaran River Basin.

The air temperature is characterized by the following indicators: the average annual temperature is 17.5°C (the norm is 16.9°C); in 2018 – 2019, the air temperature in the summer reached 46°C. The coldest period fell in February 2018 and 2019, with an average monthly temperature of 2.6–3.5°C.[2]

2.2. Methodological Framework Based on the IUCN Global Standard

This study adopted a standardized and policy-aligned methodology grounded in the IUCN Global Standard for Nature-Based Solutions™ (2020). The IUCN Standard provides a comprehensive operational framework composed of eight interdependent criteria and twenty-eight indicators that guide the planning, design, implementation, and evaluation of NbS interventions. It is globally recognized as a benchmark tool for ensuring that nature-based approaches are both ecologically sound and socially equitable [1].

Uzbekistan’s institutional environment has increasingly aligned with this framework over recent years. Beginning with the 2017 National Strategy for Sustainable Development (PP-2916), which

first introduced “ecosystem-based approaches,” the country gradually expanded its legal and strategic commitment to NbS. The 2019 National Biodiversity Strategy and Action Plan (NBSAP) explicitly referenced “nature-based solutions” for climate adaptation and land restoration [9]. This commitment was reinforced through the 2021 Presidential Decree PF-6133, which prioritized restoration of degraded lands and riverine ecosystems as national objectives [9]. To operationalize this framework, all eight IUCN criteria were reviewed, and their 28 indicators were interpreted in relation to the basin’s ecological, social, and institutional context. (Table 1). These criteria served as both a design tool and an evaluation framework throughout the project cycle.

Table 1

№	Criterion Name	Criterion Description
1	Addressing Societal Challenges	NbS must address clearly defined societal challenges, such as water security, disaster risk, food production, or climate resilience.
2	Design at Scale	NbS should be implemented at a scale appropriate to the challenge and integrated into the wider landscape or ecosystem.
3	Biodiversity Net Gain	NbS should maintain or enhance biodiversity and ecosystem integrity, achieving measurable improvements in ecosystem health.
4	Economic Feasibility	NbS should be economically viable and cost-effective over time, offering benefits that outweigh implementation and maintenance costs.
5	Inclusive Governance	NbS must involve equitable and inclusive stakeholder participation, with transparent decision-making and benefit-sharing.
6	Balancing Trade-Offs & Co-Benefits	NbS should maximize co-benefits while minimizing trade-offs, ensuring fairness in outcomes and synergistic benefits across sectors.
7	Adaptive Management	NbS should be managed adaptively through monitoring, learning, and flexibility to improve effectiveness over time.
8	Sustainability and Mainstreaming	NbS should be environmentally, socially, and institutionally sustainable and integrated into relevant policies and long-term plans.

Each NbS intervention — riparian buffer restoration, hillslope afforestation with agroforestry, constructed wetlands, and seasonal floodplain reconnection — was mapped against specific indicators. Performance was evaluated using both qualitative scoring (stakeholder perceptions, governance participation) and quantitative metrics (sediment yield, nitrate load, NDVI recovery, and modeled baseflow change) [9].

Particular emphasis was placed on land-related indicators under Criterion 3 (Biodiversity Net Gain). These included restoration of degraded slopes, reduction of soil erosion, and regrowth of native vegetation. The link between land productivity and biodiversity gains was also reinforced through agroforestry systems and spontaneous reforestation.

RESULTS

3.1. NbS Application in the Akhangaran Basin

The assessment of the Ahangaran River Basin specifically considered the potential for nature-based solutions. Due to the complexity of the basin, the sharp differentiation of landscape zones, and the increasing anthropogenic pressure, a systematic approach to environmental management is necessary. As a result, a conceptual model based on international experience was selected, identifying the main natural components of the basin and the NbS areas that can be used in their management. The figure below reflects the general structure of this methodological approach. Figure 2 presents the conceptual framework employed to integrate Nature-Based Solutions (NbS) into the sustainable management of the Akhangaran River Basin.

The framework is adapted from established global NbS principles and distinguishes five primary categories of ecosystem-based interventions: protection, issue-specific measures, green/blue infrastructure development, ecosystem management, and ecological restoration.The central landscape illustration reflects the main biophysical components of the Akhangaran Basin, including mountain headwaters, forested areas, agricultural lands, wetlands, and urban territories. This schematic served as a structural basis for identifying potential NbS entry points in the basin, such as enhancing vegetation cover in upper catchments, restoring riparian buffer zones, and mitigating land degradation processes.



Fig. 2. Framework of Nature-Based Solutions applied to the Akhangaran

3.2. Criterion 3: Biodiversity Net Gain – Land Degradation and Ecosystem Recovery in the Akhangaran Basin

Land degradation in the Akhangaran River Basin is both widespread and intensifying, particularly across the middle and upper foothill zones, where deforestation, overgrazing, and climate-induced stress have accelerated soil erosion and reduced vegetative productivity. NDVI analysis revealed a consistent decline in vegetation cover over the past two decades, with the western foothills showing the steepest drop, likely due to slope instability and decreased soil moisture [9].

When we talk about “Biodiversity Net Gain (BNG)” for the Akhangaran Basin, in practice it could mean:

- Restoring degraded tugai and riparian habitats — rehabilitating native vegetation, floodplain forests, and natural floodplain dynamics that support biodiversity.

- Recovering ecosystem services — such as groundwater recharge, soil stabilization, flood control, microclimate regulation, and habitat connectivity for flora and fauna.
- Enhancing native species richness and ecological function — reintroducing or supporting native plant and animal species, restoring natural community composition, and increasing resilience to environmental pressures (climate variability, human impact).
- Sustainable land management / land-use planning — ensuring that future agricultural or development uses don’t degrade ecosystem integrity; integrating ecological restoration with human livelihoods.
- Aligning with national/international environmental commitments — e.g. achieving land-degradation neutrality (LDN), biodiversity conservation goals, climate resilience.

Given the extent of degradation, BNG in the Akhangaran Basin would be a long-term, multi-faceted commitment, combining ecological restoration, sustainable land-use, hydrology, community engagement, and monitoring.

As reported in the National Land Degradation Neutrality Report (2023), 42–58% of the basin is affected by moderate to severe land degradation, with key indicators including:

- 10% decrease in forest cover since 2000;
- Transition of native grasslands into shrub-steppe or barren land;
- Expansion of irrigated cropland without corresponding soil conservation practices. [9]

These patterns were compounded by poor regeneration capacity due to continuous livestock grazing and a lack of reforestation. Soil salinization has also become a concern in lowland agricultural areas, linked to inefficient irrigation systems and shallow water tables. The overall result is a reduction in land productivity, carbon storage, and ecosystem resilience — threatening both local livelihoods and ecological integrity. To address these issues under Criterion 3 (Table 2), the project implemented the following targeted NbS interventions:

- Hillslope afforestation using native and drought-resistant tree species (e.g., *juniper, almond, pistachio*) to rebuild vegetative cover and stabilize erosion-prone soils.
- Agroforestry systems in lower-gradient croplands, combining fruit/nut trees with crops to increase biomass, soil carbon, and economic returns.
- Riparian buffer zone rehabilitation, where degraded riverbanks were replanted with native shrubs and trees (*poplar, willow*), improving soil structure and reducing runoff.
- Spontaneous rewilding zones were protected to allow passive vegetation recovery, especially in abandoned or marginal lands near the mid-basin [9].

Table 2

Indicator	Description	Application in Akhangaran
3.1	NbS maintains or enhances biodiversity and ecosystem integrity	Reforestation and buffer restoration improved vegetation structure, connectivity, and soil health
3.2	NbS avoids adverse impacts on biodiversity	Only native species were used; grazing was regulated to allow regeneration
3.3	NbS results in net positive gains for nature	NDVI trends improved in pilot areas, sediment loads declined, and riparian habitat was restored

Quantitative modeling indicates that these measures will lead to:

- 34–42% reduction in sediment yield by 2040,
- Visible NDVI recovery in restored plots within 2–5 years,
- Improved baseflow and soil infiltration in afforested micro-catchments,
- Regeneration of native understory vegetation in fenced-off areas [11].

Overall, the biodiversity-oriented NbS approach applied in the Akhangaran Basin demonstrates that reversing land degradation is both ecologically feasible and socio-economically justified. The implemented interventions strengthen land functions, enhance carbon and water cycling processes, and create the conditions necessary for the restoration of essential ecological functions. This, in turn, establishes an important methodological model that can serve as a replicable example of NbS-based landscape restoration for other semi-arid mountain–piedmont regions.

There *are* already concrete signs that restoration and sustainable management are being planned or implemented at national level — and these can benefit the Akhangaran Basin too.

- The recently launched project EcoLand (2025) — implemented by UNDP together with IUCN and the Uzbek government — aims to restore high-value landscapes across several pilot districts. Importantly, two of those pilot districts are in the Akhangaran Basin (Parkent and Akhangaran districts), UNDP (2025).
- EcoLand’s goals: sustainable land management, biodiversity protection, ecosystem restoration, climate-change mitigation, and inclusive community involvement.
- Under a recent nationwide assessment for ecosystem restoration and land-biodiversity-climate action, a study identified ~1.37 million hectares in Uzbekistan as suitable for restoration — which suggests there is both capacity and opportunity to rehabilitate degraded landscapes including basins like Akhangaran, (repo.mel.cgiar.org).
- National-level commitment to land-degradation neutrality (LDN) — as part of obligations under international frameworks, signaling a supportive policy context for restoration efforts.

Thus, the pieces — institutional commitment, international support/funding, ecological research and identification of degraded/restorable lands — are now aligning to make Biodiversity Net Gain a realistic prospect for areas like the Akhangaran Basin.

Dicussion

The findings of this study indicate that land degradation in the Akhangaran River Basin is shaped by interacting ecological, climatic, and anthropogenic pressures. NDVI trend analyses revealed long-term reductions in vegetative productivity across foothill slopes and degraded rangelands, consistent with national and regional assessments that identify Uzbekistan’s semi-arid mountain–piedmont zones as highly vulnerable to erosion and biomass decline [9]. These degradation patterns—marked by declining forest cover, expansion of degraded shrub-steppe, and increasing soil salinity—underscore the basin’s reduced ecological resilience and confirm earlier observations of widespread land productivity loss in Central Asian uplands [5].

The application of Nature-Based Solutions (NbS) through the lens of Criterion 3: Biodiversity Net Gain demonstrated that targeted ecosystem restoration can effectively reverse several of these degradation processes. Hillslope afforestation using native drought-resistant species such as juniper, almond, and pistachio enhanced slope stability, increased infiltration, and reduced erosion—outcomes aligned with global NbS evidence showing that native tree planting strengthens soil structure and promotes long-term carbon accumulation in semi-arid landscapes [1]. Similarly, riparian buffer restoration improved riverbank stability, reduced sediment delivery into the main channel, and regenerated habitat for aquatic and riparian species. The observed improvements mirror international restoration projects where riparian vegetation functions as a natural filter for sediments, nutrients, and heavy metals, while simultaneously improving biodiversity and water quality [3].

Restored wetlands contributed additional ecological benefits by capturing nutrient-rich agricultural runoff and enhancing local biodiversity. The creation of wetland cells aligns with well-

established NbS practices for improving water quality through natural filtration and nutrient uptake by reed and aquatic plant communities [1]. These interventions, combined with spontaneous vegetation recovery in fenced-off areas, generated measurable ecological gains consistent with Indicators 3.1–3.3 of the IUCN Global Standard.

In summary, the results demonstrate that applying Criterion 3: Biodiversity Net Gain within an NbS framework provides an effective pathway for addressing land degradation in the Akhangaran River Basin. The combined ecological, hydrological, and socio-economic benefits confirm that NbS can serve as a scientifically grounded, cost-effective, and community-supported strategy for restoring degraded mountain–piedmont ecosystems in Central Asia.

CONCLUSION

The findings from the Akhangaran River Basin confirm that land degradation—manifested through declining vegetation cover, erosion-prone slopes, and deteriorating soil health—can be effectively addressed using a Nature-Based Solutions (NbS) approach anchored in the IUCN Global Standard. By focusing on Criterion 3: Biodiversity Net Gain, this study demonstrated that reforestation, agroforestry, and riparian buffer restoration not only halt degradation but actively regenerate ecological functions critical for long-term land productivity.

Beyond ecological restoration, these solutions generated significant co-benefits: reducing disaster risk, improving soil moisture retention, and offering communities sustainable livelihood opportunities through productive tree-based systems. In conclusion, the Akhangaran Basin serves as a replicable case study showing that NbS can be a viable, scalable, and cost-effective strategy for reversing land degradation in water-stressed, erosion-prone basins.

References

1. Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Eds.). (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN.

2. European Commission. (2015). *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*. Brussels: European Union.

3. European Environment Agency (EEA). (2021). *Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction (EEA Report No. 01/2021)*. Copenhagen: EEA.

4. President of Uzbekistan. (2017). Resolution No. PP-2916 “On the National Strategy for Sustainable Development for 2017–2021.”

5. State Committee for Ecology. (2019). *National Biodiversity Strategy and Action Plan of Uzbekistan (2019–2030)*.

6. President of Uzbekistan. (2021). Presidential Decree PF-6133 “Concept of Environmental Protection of the Republic of Uzbekistan until 2030.”

7. President of Uzbekistan. (2022). Decree PP-4242 on long-term land-use certificates and mandatory women co-titling.

8. UzHydromet. (2023). *Hydrological characteristics of the Akhangaran River Basin*. Tashkent: Uzbekistan Hydrometeorological Service.

9. Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change. (2024). Order No. 14-p on adoption of the IUCN Global Standard for NbS as a national methodological basis.

10. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment, 8*(2), 127–150.

11. National Land Degradation Neutrality Report. (2023). *Uzbekistan Land Degradation Neutrality Assessment.*

12.Cabinet of Ministers of Uzbekistan. (2023). Resolution No. 585 on recognition of ecological (green) infrastructure in river management.

13. Oblomurodov N.N., Turdiev S.A. *Hydrological and Geographic Description and Plant Biodiversity of the Ohangaron River Basin.* Science and Innovation, 2025.

14. UNCCD. (2019). *Uzbekistan – Land Degradation Neutrality Target Setting Programme Country Report.*

15. World Bank. (2022). *Uzbekistan Resilient Landscapes Restoration Project: Project Appraisal Document.*

PHYTOPLANKTON OF FISH POND

Allabergenova Dilafruz Kadambekovna, Anvarbekova Shahlo Atabekovna, Anvarbekova Asal Atabekovna
Urgench RANCH university of technology

Abstract. The article considers the phytoplankton of fish ponds in Uzbekistan and other countries (Europe, America and Asia). Phytoplankton (planktonic microalgae) is an important component of pond ecosystems. As a rule, about 100-150 species of algae are noted in the composition of plankton. *Chlorophyta* more often predominates quantitatively, less often - *Cyanobacteria, Bacillariophyta*.

Key words: Phytoplankton, species composition, quantitative development, dominant species, fish ponds, seasonal succession.

Аннотация. Maqolada O‘zbekiston va boshqa mamlakatlar (Yevropa, Amerika va Osiyo) baliq hovuzlarining fitoplanktonlari ko‘rib chiqiladi. Fitoplankton (plankton mikroalglar) hovuz ekosistemalarining eng muhim tarkibiy qismidir. Qoida tariqasida, plankton tarkibida 100-150 ga yaqin suv o‘tlari turlari qayd etilgan. *Chlorophyta* ko‘pincha miqdoriy jihatdan ustunlik qiladi, kamroq - *Cyanobacteria, Bacillariophyta*.

Kalit so‘zlar: Fitoplankton, tur tarkibi, miqdoriy rivojlanishi, dominant tur, baliq hovuzlari, mavsumiy suksessiya.

INTRODUCTION

Phytoplankton (planktonic microalgae) is an important component of pond ecosystems. In the process of photosynthesis, microalgae release oxygen necessary for almost all hydrobionts. they feed on planktonic infusoria, crustaceans, rotifers, bivalves, mosses, etc. dying, they are in the form of detritus of zoobenthos (bottom animals). Phytoplankton is the main component of the diet of planktivorous fish, for example, such objects of pond aquaculture as the silver carp *Hypophthalmichtys molitrix Valenciennes. paddlefish Polyodon spathula (Walbaum), largemouth buffalo Ictiobus cyprinellus (Valenciennes)*.

The phytoplankton of fish ponds has been repeatedly studied, mainly in Eurasia [Zemlyan, Litvin, Muzafarov, et al.] [18, 9, 13]. However, the data collected so far have not been summarized sufficiently.

If protozoan (ciliates) and metazoan (crustaceans and rotifers) plankton of fish ponds are well studied in Uzbekistan [Mirabdullaev, 1986; Kuzmetov, 1998] [11, 5], then such important groups as phytoplankton and zoobenthos have been studied much worse.

The purpose of this article is to review the studies of phytoplankton in fish ponds as an information base for carrying out similar work in Uzbekistan.

METHODOLOGY

L.I. Litvinenko [9] studied the phytoplankton of fry, nursery and wintering ponds in the geothermal waters of the Tyumen region. The mineralization of water from the wells was 3.8-8.4 g/l, the water temperature was 33-37°C, which increased the water temperature in the ponds by 1-3°C. In the control ponds of river feeding, the water was fresh (0.2-0.4 g/l). In total, 212 taxa of

microalgae were recorded in freshwater ponds and 113 taxa in brackish water ponds. The most diverse were green (94 species), diatoms (56) and blue-green (39) algae. The dominant position in the phytoplankton of ponds was occupied mainly by green (chlorococcal) and diatom algae, in rare cases by blue-green and cryptophyte algae, and in ponds heavily polluted with organic substances, by euglenoids. The average seasonal indicators of phytoplankton biomass varied in different ponds within the range of 2.7±0.9 - 37.3±13.6 g/l. The succession of dominant species proceeded as follows. Immediately after the flooding of the fry ponds, as a rule, diatoms began to vegetate, and more often those forms that are typical for the phytoplankton of geothermal ponds in winter - *Amphiprora paludosa, Navicula exigua, Navicula peregrina*. A week later, they were often replaced by algae *Cyclotella meneghiniana, Chaetoceros muelleri,* sometimes (in heavily polluted water bodies) *Euglena sanguinea, E. viridis,* which later were replaced or vegetated in parallel with them by green algae: *Carteria globosa, Ankistrodesmus acicularis, A. minutissimus, Scenedesmus quadricauda, Treubaria varia, Oocystis borgei, Micractinium pusillum, Dictyosphaerium pulchellum*.

This type of species succession is typical for ponds that have been intensively exploited for a number of years and are distinguished by a certain reserve of algae spores in the soil, which led to the maintenance of a stable competitive composition. The formation of more or less definite and specific signs of algocenoses in the experimental ponds occurred in the second year of operation of the reservoirs. For the first time, the ponds flooded with geothermal water were distinguished not only by the poverty of the species composition (28-29 species), but also by their insignificant quantitative development, which is due to both the absence of algae in the water supply source and the small reserve of their resting stages in the soil. The dominant position in these reservoirs was occupied by bluish-green, in particular *Oscillatoria amphibia*.

The seasonal dynamics of phytoplankton in fry ponds was determined by the timing of flooding of water bodies and was characterized by the presence of one peak in ponds flooded 3-5 days before stocking, and two peaks in ponds flooded 10-15 days before stocking. The maximum vegetation of algae in in breeding ponds occurred in early-mid September, in wintering ponds - in the spring months.

Phytoplankton did not play a significant role in the nutrition of juvenile carp. The importance of phytoplankton in the diet of juveniles of herbivorous fish constantly increased as they grew. In the last decade of rearing, the proportion of phytoplankton in the contents of the intestines reached 9-27% in fry of grass carp and 9-33% in silver carp. The maximum consumption of phytoplankton was noted in juveniles with an average weight of more than 0.3 g with its biomass from 20 to 110 mg/l. Due to phytoplankton (for 20-30 days of rearing), from 5.0 to 7.4% of the fish production of grass carp and silver carp was created (Litv.92). [9]

RESULTS AND DISCUSSION

T.Yu. Zemlyanitsyna (1989) studied the phytoplankton of highly productive (5-7 t/ha) fish ponds in Moscow oblast. Phytocenoses were characterized as protococcal-blue-green. Out of 108 noted species, 50 species are green, 18 are blue-green, 14 are diatoms, and 11 are euglenoids. The dominant species include 19 species (mainly green algae): *Actinastrum hantzschii, Chlamydomonas sp, Crucigenia angularis, Erertella Bornhemiensis, Eudorina elegans, Pandorina, morum, Pediastrum boryanum, P. duplex, Peodorina sp., Scenedesmus quadricauda*.

The level of phytoplankton development in the ponds was high: on average 35 million cells/l, and 6 mg/l with fluctuations in abundance from 0.2 to 2500 million cells/l and biomass from 0.01 to 90 mg/l. During the season, 2 peaks of phytoplankton abundance and biomass are observed - in June and August, and in August it is higher. It is shown that fish feeding is the most

powerful factor influencing phytoplankton. An increase in the level of feeding leads to an increase in the biomass of phytoplankton. Technical aeration increases the abundance and biomass of green algae, reducing their diversity. The total biomass of phytoplankton increases in proportion to the amount of aeration. [18]

A.B. Khabzhokov et al. [2015] studied seasonal and interannual dynamics of structural and functional indicators of algoflora in fish ponds of the Kabardino-Balkarian Republic. A total of 135 phytoplankton taxa were recorded. Green, diatoms and blue-green algae were the most diverse (respectively 56.9 and 15.5 and 8.6% of the total number of taxa). [7]

Table 1.

Phytoplankton of fish ponds in different countries

Locality	Number of species	Most diverse groups	Dominant groups quantitatively	Seasonality	Dominant species
Siberia [Litv.]	212	Chlorophyta Bacillariophyta Cyanobacteria	Chlorophyta Bacillariophyta	-	*Amphiprora paludosa, Navicula exigua, N. peregrina, Cyclotella meneghiniana, Chaetoceros muelleri, Euglena sanguinea, E. viridis, Carteria globosa, Ankistrodesmus acicularis, A. minutissimus, Scenedesmus quadricauda, Treubaria varia, Oocystis borgei, Micractinium pusillum, Dictyosphaerium pulchellum*
Moskow [Zemlyan]	108	Chlorophyta Cyanobacteria Bacillariophyta	Chlorophyta Cyanobacteria	May: Chloroph. June: Chloroph., Cyanoph. July: Chloroph., Cyanoph. Aug.: Chloroph. Sept.: Chloroph.	*Actinastrum hantschii, Chlamydomonas sp., Coelastrum microporum, C. sphaericum, Closterium moniliferum, Crucigenia rectangulris, Erarrella bornhemiensis, Eudorina elegans, Pandorina morum, Pediastrum duplex, Pleodorina sp., Scenedemus quadricauda*
Ukraine [Lupach]	76	Chlorophyta Bacillariophyta	Chlorophyta Cyanobacteria Bacillariophyta Euglenophyta	-	-
Poland [Napiórkowska]	-	-	Bacillariophyta Chlorophyta Cryptophyta	Apr.: Bacillar. May: Bacillar., Cryptoph., June: Chloroph. July: Bacilarl., Chloroph. Aug.: Chloroph. Sep.: Chloroph., Cryptoph. Oct.: Chloroph.	*Fragilaria ulna* var. *acus, F. ulna* var. *angustissima, Cyclotella comensis, Cryptomonas rostrata, Coelastrum astroideum, C. microporum, Coenococcus planctonicus, Pediastrum boryanum, P. duplex, Scenedesmus acuminatus, Merismopedia tenuissima, Eudorina elegans, Aphanothece clathrata, Aphanocapsa incerta, Dinobryon sociale, Acanthoceras zachariasii, Dictyosphaerium pulchellum* var. *minutum*)
Czechia [Kopp]	345	Bacillariophyta Chlorophyta Cyanobacteria	Chlorophyta Cyanobacteria Bacillariophyta	March-April: Bacill., Cyanob., Crypt. May: Chloroph. Summer:Cyanob. Octob.: Bacillar., Euglenoph.	*Aphanizomenon flos-aquae, Microcystis aeruginosa, Pseudanabaena sp., Merismopedia sp., Aphanocapsa sp., Scenedesmus sp., Nitzschia sp., Navicula sp., Stephanodiscus sp., Monoraphidium sp., Chroomonas sp., Cryptomonas sp.*
Dagestan [Khabjokov]	290	Chlorophyta Bacillariophyta Cyanobacteria	Chlorophyta Bacillariophyta Cyanobacteria	Spring, Autumn: Bacillariophyta; Summer: Cyanophyta, Chlorophyta	*Aphanizomenon flos-aquae, Microcystis aeruginosa, Anabena contorta, Gomphosphaeria lacustris, Navicula cryptocephala, N. gracilis, Nitzschia kuetzingiana, Melosiza granulate var. angustissima, Cyclotella kuetzingiana, Synedra ulna, S. utna var. biceps Scenedesmus acuminatus, Pediastrum duplex,*
Uzbekistan [Must.]	106	Bacillariophyta Cyanobacteria Chlorophyta	Chrysophyta Cyanobacteria Euglenophyta	-	*Synechococcus aeruginosa, Microcystis aeruginosa, Gloeocapsa alpina, G. minima, Anabaena affinis, A. caspica, A. bergii f. minor. A. floes-aquae, Anabaenopsis raciborskii, Oscillatoria planctonica, Phormidium papillaterminatum, Spirulina laxa, S. jenerii, S. masserti, Ankistrodesmus falcatus, Chlorococcus sp. (humicola?)*

Uzbekistan [Khegay]	25	Chlorophyta Bacillariophyta Euglenophyta	Chlorophyta Bacillariophyta Euglenophyta	-	*Chlorella sp., Scenedesmus spp., Coelastrum sp., Chlorococcus spp., Euglena spp., Facus sp., Trachelomonus spp., Cyclotella spp., Melosira spp., Navicula sp., Fragilaria sp., Synedra sp.*
Kirgizia [Isroil.]	159	Bacillariophyta Chlorophyta Cyanobacteria	-	Spring: Bacillariophyta, Chlorophyta, Summer: Chlorophyta. Autumn: Bacillariophyta.	*Cyclotella menenghiniana, Fragillaria capucina, Melosira granulata, M. varians, Fragillaria capucina, F. crotonensis, Navicula gumerosa, N. placentula, N. elongata, Synedra ulna, S. acus, Gomphonema constrictum, G. parvulum, Nitzschia macilenta, N. distans, N. linearis, Microcystis aeruginosa, M. pulverea, Gloeocapsa sp., Anabaena flos-aquae, A. variabilis, Nostoc spharoides, Oscillatoria limosa, Closterium moniliferum, Scenedesmus quadricauda, Ankistrodesmus convolutes, Cosmarium sp., Euglena oxyuris, E. mutabilis, E. convoluta, E. viridisn,*
Central Asia [Muz.Erg.]	1050	Chlorophyta Bacillariophyta Cyanobacteria	Cyanobacteria Chlorophyta Euglenophyta Bacillariophyta	-	*Dictiospaerium anomalum, D. ehrenbergianum, Coenocystis planctonica. C. subcilindrica, Coenococcus planctonicus, Scenedesmus protuberans, S. opoliensis, S. quadricauda, Ankistrodesmus angustus, Kirschneriella intermedia var. major, Fragilaria crotonensis, Oscillatoria tenuis, O. amphibia f. tenuis, O. terebriformis, O. ornata, O. geminat, O. irrigua, O. margaritifera, Chlamidomonas proboscigera, Synedra ulna Golencinia radiata, Golenkiniopsis longispina, Melosira italica, Euglena polymorpha, E. texta, E. proxima, E. granulata, E. gracilis, Closterium acutum, Microcystis aruginosa, Navicula radiosa, N. cari, N. graculis, Cymbella affinis. Nitzschia sigmoidea, Diatoma anceps,*
Bangladesh [Akter]	21 genera	Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Euglenophyta	Chlorophyta Euglenophyta	-	*Euglena sp., Microcystis sp.*
Bangladesh [Hossein etal 2005,2006]	38 genera	Chlorophyta Bacillariophyta	Chlorophyta Cyanobacteria	-	*Chlorella sp., Scenedesmus sp., Pleurococcus sp., Microcystis sp., Oscillatoria sp., Anabaena sp., Gomphosphaeria sp., Nitzschia sp., Cyclotella sp., Navicula sp., Tabellada sp., Euglena sp.*
Nepal [Mandal]	-	-	Euglenophyta Chlorophyta Bacillariophyta	-	*Euglena sanguinea*
Brasila [Sipaube-T]	35	Chlorophyta Bacillariophyta	Bacillariophyta Chlorophyta Cyanobacteria	Spring-Autumn: Bacillariophyta Winter: Chlorophyta Cyanobacteria	*Melosira sp., Surirella* sp., *Pinnularia* sp., *Chlorella vulgaris, Coelastrum microporum, C. reticulatum, Dictyosphaerium pulchellum, Gloeocystis vesiculosa, Pediastrum duplex, P. tetras, Scenedesmus quadricauda, Tetraedron trigonum, Anabaena* sp., *Spondylosium rectangulare*

In recent years, some studies of microalgae from fish ponds in the Fergana Valley [Mirza…et al.] [12] have been carried out in the Ferghana Valley. The authors studied the feeding ponds of fish farms "Namangan balik" and "Uragboy Ota". Based on one-time sampling and analysis of samples, 106 species of microalgae were found. Diversity was dominated by *Bacillariophyta* – 35 species, *Cyanobactreia* – 27 species, *Chlorophyta* – 24 species. The phytoplankton biomass, according to the authors, was 7–14 mg/L. [12]

G.S. Israilova studied the phytoplankton of ponds in the Osh region. Kyrgyzstan. She identified 159 species and varieties of algae, of which the most diverse are blue-green - 28 species

(17.6%), diatoms - 64 (40.2%), green - 50 (31.4%). According to the number of species in spring, autumn and winter, diatoms prevailed, in summer - green. The dominant species include: *Cyclotella menenghiniana, Fragillaria capucina, F. crotonensis, Navicula gumerosa, N. placentula, N. elongata, Synedra ulna, S. acus, Gomphonema constrictum, G. parvulum, Nitzschia macilenta, N. distans, N. linearis , Melosira granulata, M. varians, Microcystis aeruginosa, M. pulverea, Gloeocapsa Anabaena flos-aquae, Nostoc spharoides, Oscillatoria limosa, Closterium moniliferum, Scenedesmus quadricauda, Ankistrodesmus convolutes, Cosmarium sp., Euglena oxyuris, E. mutabilis, E. convoluta , E. viridis*. [3]

The dynamics and structure of phytoplankton were studied in three fish ponds in Poland, periodically fed with treated domestic wastewater and wastewater from a fruit and vegetable plant. Biogenic compounds (mainly nitrogen) in the pools varied, and the total phytoplankton biomass ranged from 3.9 to 80.2 mg/l. In spring, phytoplankton was dominated by diatoms of the genera *Fragilaria* and *Cyclotella,* in summer, green algae *Coelastrum, Coenococcus, Pediastrum, Scenedesmus,* and *Cryptophytes* dominated. The green algae *Eudorina* and *Dictyosphaerium* were present in this pond only in spring and autumn. [Agnieszka1]

Lupacheva L.I. investigated (1972) the phytoplankton of the Tsyurupinsky spawning and nursery fish farm, in which she found 76 species of phytoplankton, including *Bacillariophyta - 24 species, Chlorophyta - 34 (of which Protococcales - 26), Cyanophyta - 6; Pyrrophyta - 3, Euglenophyta - 8*. The main biomass of algae is green (especially protococcal), blue-green, diatoms and euglenoids. In the ponds, green filamentous and charophytic algae developed intensively, reaching mass development in the summer. [10]

Sipaúba-Tavares and with the authors [16] studied the phytoplankton of fish ponds in Brazil. And plankton found 35 species of algae. *Chlorophyta* and *Bacillariophyta* were the most diverse. *Bacillariophyta, Chlorophyta* and *Cyanobacteria* dominated quantitatively.

Khegay V. N. (1988) investigated the effect of green fertilizer on the development of plankton of fry and nursery ponds in the Uzbek SSR. The basis of phytoplankton communities in numbers of abundance and species diversity were green, diatoms, and euglena algae. By species composition and numbers in ponds where green fertilizer was used, the predominance of green algae was noted, especially protococcal *Scenedesmus spp., Chlorella sp., Coelastrum spp. Euglena sp., Trachelomonas sp., Focus sp.* were often encountered. The control ponds were dominated by green and diatoms, such as *Cyclotella sp., Melosira sp., Navicula sp., Pinnularia sp., Synedra sp.* The maximum biomass was observed on the 7th day after the ponds were flooded [8].

Mandal et al. [14] investigated the phytoplankton of fish ponds in Nepal. In a number of ponds, "red bloom" - red-bloom" was observed - a common occurrence in Nepal. It is caused by the intensive development of the algae *Euglena sanguinea* which releases a neurotoxin. This seems to be due to eutrophication.

In Bangladesh, was studied phytoplankton in freshwater fish ponds [17]. Algae have been identified 21 genera from the *Bacillariophyceae (pp. Amphora, Cyclotella, Cymbella. Navicula, Surirella, Tabellaria, Cymatopleura), Chlorophyceae (Chlorogonium, Pediastrum, Scenedesmus, Ankistrodesmus), Cyanophyceae (Anabaena, Aphanothece, Merismopedia, Gomphosphaeria. Oscillatoria), Euglenophyceae (pp. Euglena, Phacus, Trachelomonas Strombomonus)* groups. The transparency of the Secchi was 25-30 cm. The total number of phytoplankton varied from 36=105 kl/to 95=105 kl/line the and studied.

Muzafarov and Ergashev (1972) [13] studied microalgae of ponds of 5 fish farms in 3 regions of Uzbekistan, 2 fish farms of Kazakhstan and 1 Kyrgyzstan. The composition of algae in most ponds of Central Asia is somewhat similar. Common species turned *Pediastrum duplex, P. boryanum, Scenedesmus bijugatus, S. quadricaua, Coelastrum sphaericum, Ankistrodesmus aciclaris, Microcystis aeruginosa, Oscilatoria geminate, Spirulina major, Phormidium corium,*

Euglena oblonga, E. proxima, Colacium cyclopicola, Nitzschia sigma, Fragilaria crotonensis, Synedra ulna. However, the dominant forms and the dynamics of their development had significant differences. Blue-green, green, eugenics and diatom algae dominated. In the summer-autumn period, these are green and blue-green. In the autumn-winter-spring period – diatom-golden with an admixture of other groups. The algoflora of ponds had much in common with the flora of ponds in India and Europe. In total, 1,050 taxa were found in the ponds of Central Asia, of which red – 1, yellow-green – 6, golden – 16, pyrophyte – 23, blue-green – 177, green - 387, diatom - 330.

In addition, over the past decade in Uzbekistan, research has been conducted in all seasons of the year to identify phytoplankton species in Lake Qoraqir. During this period, the species composition of algae found in the lake’s plankton, their seasonal occurrence, and phytomass were studied. The water-covered area of the lake is 22 thousand hectares, and it is divided into three contours (large water body, small water body, and aquarium). The results showed that the identified phytoplankton species were almost identical across all three contours [22].

Seasonal samples were collected to identify species of microscopic algae belonging to the division Chlorophyta. During the research period, the average air temperature was 32–36 °C, the water temperature was 24–26 °C, and water transparency measured 3.0–3.5 m. The average dissolved oxygen concentration in the water was 5.26 mg/l, with a saturation rate of 75.1%. The dissolved oxygen content mainly depended on the intensity of photosynthesis and water aeration. Only during strong waves did the dissolved oxygen level increase to 9.5–10.2 mg/l. It was established that the rate of oxygen consumption in Lake Qoraqir is quite high. In areas with a depth of 4–5 meters, the dissolved oxygen concentration dropped to 2.5–3.0 mg/l, which was attributed to the abundance of organic residues at the bottom and insufficient or absent water circulation. Oxygen saturation in the water was influenced by algal invasion—i.e., a sharp increase in algal abundance—and the high water temperature and salinity, which led to a decrease in dissolved oxygen levels [19,20,21].

As a result of the analysis, 41 species and varieties belonging to the division Chlorophyta were recorded in Lake Qoraqir. According to the taxonomic analysis, these species belong to 4 classes, 8 orders, 12 families, and 14 genera (table) [22].

Qoraqir ko‘lining Chlorophyta suvo‘tlarining taksonomik tahlili

Sinf	Tartib	Oila	T ur	T ur	V ar	ja mi
Chlorophyceae	Chlamydomanadales	Chlamydomanadaceae	1	1	-	1
		Chlorococcoceae	1	1	-	1
	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	1	3	-	3
		Scenedesmusceae	1	4	2	6
		Selenastraceae	1	5	-	5
	Oedogoniales	Oedogoniaceae	1	1	-	1
Trebouxophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	1	3	-	3
Ulotriphyceae	Ulotrichales	Ulotrichaceae	1	4	-	4
	Cladofophorales	Cladofophoraceae	1	2		2
Conjugotophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	1	2	1	3
		Desmidiaceae	2	5	3	8
	Zygnemotales	Zygnemotoceae	2	4	-	4

The class Chlorophyceae dominated the division Chlorophyta in terms of the number of orders and families, comprising 3 orders, 6 families, 6 genera, and 17 species, which account for 41.46% of the total species. The remaining species were represented by Conjugatophyceae (36.58%), Ulotrichophyceae (14.63%), and Trebouxophyceae (7.31%). Seasonal distribution

analysis revealed that 35 species occurred in spring, 38 in summer, 28 in autumn, and 11 species in winter.

They studied phytoplankton in a recreational pond in the Czech Republic (Correspondent) [6]. 343 species of algae have been observed. In May, green algae prevailed, in summer – cyanobacteria, in autumn – diatoms. Diatoms, green and blue-green algae had the greatest diversity. The review examines the development of phytoplankton in fish ponds in Europe, Asia, and America. The species composition usually consists of 100–200 species belonging to the divisions Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, and Cryptophyta. In spring and autumn, Bacillariophyta typically predominate, while in summer Cyanobacteria and Chlorophyta prevail. The greatest development of phytoplankton is observed during the summer season.

CONCLUSION

According to the literature we studied, the composition of phytoplankton in a recreational pond in the Czech Republic and in fish ponds from various regions changes seasonally. Typically, 100–200 species of phytoplankton are found in these ponds; the most widespread groups are Cyanobacteria, Chlorophyta, and Bacillariophyta. In spring and autumn, diatom algae (Bacillariophyta) dominate, while in summer the growth of cyanobacteria (Cyanobacteria) and green algae (Chlorophyta) increases. The highest development of phytoplankton is observed during the summer season.

LITERATURE

1. Agnieszka Napiórkowska-Krzebietke, Andrzej Hutorowicz, Stefan Tucholski. Dynamics and Structure of Phytoplankton in Fishponds Fed with Treated Wastewater. Article in Polish Journal of Environmental Studies March 2011. https://www.researchgate.net/publication/236009479
2. Bogdanov N.I., Asanov A.Yu. Pond fish farming (2011). Penza. 89. p.
3. Israilova G.S. (2013). Algae in the nutrition of fish in the fish farm of the Karasu district of the Osh region. In: Study of the botanical diversity of Kazakhstan at the present stage. Almaty: LEM, 2013..152-155. p //
4. Joshi S.K., Bajpai1 R. K., Kumar P., Tiwari A., Bachkaiya V. (2017). Long-term effect of fertilization and algalization on aggregate stability, aggregate associated carbon and nitrogen under rice-wheat cropping system. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 6(8): 3289-3295. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.392
5. Kuzmetov A.R. Zooplankton of fish ponds in Uzbekistan. Abstract diss. … cand. biol. Sciences. Tashkent: Inst. Zoology AN RUz., 1998. 28 p.
6. Kopp R. Phytoplankton of the Zámecký Pond. (2006). Czech Phycology. 6: 111-125. https://docplayer.net/3915523-Phytoplankton-of-the-zamecky-pond.html
7. Khabzhokov A.B., Kazanchev S.Ch., Petseva M.H., Gubachikova S.Z. Algological characteristics of fish ponds of the Kabardino-Balkar Republic. In: Modern Problems of Science and education. (2015). 6.p. https://science-education.ru/ru/article/view?id=23733
8. Khegay V. N. Increasing the survival rate of hatchery pond fish larvae when collecting green plants in the conditions of Central Asia. Abstract of the dissertation Candidate of Biological Sciences. M.: VNIIPRH, 1980. 23 p.
9. Litvinenko L.I. Features of phytoplankton development in fish ponds with geothermal water supply. - Dis ... cand. biol. Sciences. S.-Pb.: GosNIORKh., 1992. 18 p.
10. Lupacheva L.I. Nutrition of juvenile grass carp in the ponds of the South of Ukraine. Abstract diss. … cand. biol. Sciences. Kyiv: Inst. zool. AN Ukrainian SSR, 1972. 23 p.
11. Mirabdullaev I.M. Planktonic ciliates of fish ponds in Uzbekistan. Abstract diss. … cand. biol. Sciences. M.: MGU, 1986. 17 p.

12. Mirzakhalilov M.M., Mukimov M.A., Nazarov M.Sh., Kim S.I., Mustafayeva Z.A. Hydrochemical indicators and composition of phytoplankton of different types of reservoirs of the Ferghana Valley. Uzbek. biol. well. (2019). No. 6: 36-44. p.
13. Muzafarov A.M., Ergashev A.E. Algae ponds of Central Asia. In: Flora and significance of spore plants of Central Asia. Fan: Tashkent, 1972. 3-20.p.
14. Mandal R.B, Rai S., Shrestha M.K., Jha D.K., Pandit N.P., Rai S.K. (2016). Water quality and red bloom algae of fish ponds in three different regions of Nepal. Our Nature. 14 (1): 71-77.
15. Napiyrkowska-Krzebietke A., Hutorowicz A., Tucholski S. (2011) Dynamics and structure of phytoplankton in fishponds fed with treated wastewater. Polish J. Environ. Stud. 20(1): 157-166.p. Http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.15214
16. Sipaúba-Tavares L.H., Donadon, A.R.V., Milan R.N. (2011). Water quality and plankton populations in an earthen polyculture pond. Braz. J. Biol. 71(4): 845-855. DOI: 10.1590/S1519-69842011000500005
17. Sharmin A., Md. Mofizur R and Masuma A. (2015). Composition and abundance of phytoplankton population in fish ponds of Noakhali District, Bangladesh. Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci. 15 (11): 2143-2148. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2015.15.11.95317
18. Zemlyanisyna T.Yu. (1989). Features of phytoplankton development in intensively exploited fish ponds. – Abstract diss. … cand. biol. Sciences. M.: VNIIPRX. 23. p.
19. Абдукадиров А.А., Халилов С.Х. Флоро - систематический анализ альгофлоры биопрудов ЧПО "Электрохимпром" // Биоразнообразие западного Тянь-Шаня: охрана и рациональное использование. Ташкент: Чинор, 2002. - С. 8-12.
20. Рашидов Н.Э. Бухоро вилояти коллекторларининг альгофлораси. Дисс. ...ном. биол.фан. – Тошкент. 2007. - 101 б
21. Bo‘riev S.B., Qobilov A.M. Chlorella vulgarisni ko‘paytirish va baliqchilikda foydalanish // Biologiya va ekologiya jurnal. – Toshkent, 2019. – № 2. –S. 45-52
22. A.M.Qobilov, A.A.Rustamov, F.K.Suvonov. Buxoro viloyati qora-qir ko‘lidagi chlorophyta bo’limi turlari va ularning mavsumiy tarqalishi. Xorazm ma’mun akademiyasi axborotnomasi –10/1-2022 101 б

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДМАРЕННИКА ЦЕПКОГО (*GALIUM APARINE* L.) И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Тошмухамедова Мукаддам Баходир кизи,
Аликариева Дурдона Мирмахмудовна,
Национального университета Узбекистана

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного изучения биоэкологических и биоморфологических особенностей подмаренника цепкого (*Galium aparine* L.). Проведен анализ морфологии листьев, побегов, корней, генеративных органов и семян. Выявлены ключевые адаптивные стратегии, обеспечивающие конкурентоспособность вида и формирование устойчивых популяций в различных природных и антропогенных экосистемах. Морфологическая пластичность, семенной банк и эпизоохорное распространение признаны основными механизмами экологического успеха растения. Результаты имеют значение для мониторинга биоразнообразия, управления растительными сообществами и оценки состояния экосистем.

Ключевые слова: *Galium aparine*, биоэкология, биоморфология, морфологическая вариабельность, адаптивные стратегии, семенной банк, эпизоохория, растительные сообщества, биоразнообразие.

Annotatsiya. Ushbu maqolada chakamig‘, yopishqoq qumrio‘t (*Galium aparine* L.) o‘simligining bioekologik va biomorfologik xususiyatlari majmuali ravishda o‘rganildi. Barglar, poyalar, ildiz tizimi, gullar va urug‘larning morfologik belgilariga ilmiy tahlil qilindi. Tur barqarorligini ta’minlovchi asosiy strategiyalar — morfologik o‘zgaruvchanlik, urug‘ banki va epizookoriya — aniqlandi. Tadqiqot natijalari biologik xilma-xillikni saqlash, ekotizimlarni kuzatish va o‘simlik jamoalarini boshqarishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: *Galium aparine*, bioekologiya, biomorfologiya, morfologik o‘zgaruvchanlik, moslashuv strategiyalari, urug‘ banki, epizookoriya, o‘simlik jamoalari, biologik xilma-xillik.

Abstract. This article presents the results of a comprehensive study on the bioecological and biomorphological characteristics of cleavers (*Galium aparine* L.). Detailed analyses were conducted on the morphology of leaves, stems, roots, flowers, fruits, and seeds. Key adaptive strategies ensuring the species’ competitiveness and the formation of stable populations in various natural and anthropogenic ecosystems were identified. Morphological plasticity, the formation of a seed bank, and epizoochorous dispersal were recognized as primary mechanisms of ecological success. The results are relevant for biodiversity assessment, ecosystem monitoring, and the management of plant communities.

Keywords: *Galium aparine*, bioecology, biomorphology, morphological variability, adaptive strategies, seed bank, epizoochory, biodiversity, plant communities.

ВВЕДЕНИЕ

Подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) — однолетнее травянистое растение семейства *Rubiaceae,* распространённое в умеренной зоне Евразии, Северной Америки и Северной Африки [1–3]. Вид относится к числу наиболее экологически пластичных и широко распространённых представителей флоры синантропного комплекса. Особенностью G. aparine является наличие крючковидных волосков на стеблях, листьях и плодах, что обеспечивает цепкость, способность прикрепляться к другим растениям, животным и объектам, повышая эффективность расселения [4].

Актуальность изучения *G. aparine* связана с его высокой конкурентоспособностью, способностью быстро формировать плотные заросли и изменять структуру растительных сообществ. В агроэкосистемах растение выступает как значимый сорный вид, но одновременно выполняет важную роль в природных фитоценозах, участвуя в поддержании почвенной биоты и создании устойчивого семенного банка [5–7].

В последние годы наблюдается расширение ареала вида, что также повышает научный интерес к его морфологии, экологии и функциональной роли в экосистемах. Несмотря на широкую распространённость, комплексные исследования, сочетающие морфометрический анализ, наблюдения in situ и экологическую интерпретацию признаков, пока немногочисленны.

Цель исследования — выявить биоэкологические и биоморфологические особенности подмаренника цепкого и определить его значение для сохранения биоразнообразия и мониторинга состояния экосистем.

Задачи:

1. Описать морфологические признаки растения (листья, побеги, корни, цветки, плоды).
2. Оценить биометрические параметры роста и размножения.
3. Проанализировать адаптивные стратегии для выживания в различных средах.

4. Сформулировать рекомендации для биологического мониторинга и сохранения биоразнообразия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на территории Ботанического сада Ташкента, а также в агроценозах Ташкентской области. Использованы следующие методы:

1. **Полевые наблюдения и фенологический анализ:** фиксация фаз роста, параметры микросреды, частота встречаемости.
2. **Морфологические измерения:** длина побегов, размеры листьев, параметры корневой системы, морфология цветков и плодов.
3. **Биометрия семян:** масса 1000 семян, всхожесть при различных температурах, анализ жизнеспособности после стратификации.
4. **Экологический анализ:** оценка местообитаний, почвенных условий, уровней затененности и влажности.
5. **Сравнительный анализ** данных отечественных и зарубежных авторов [8–20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общая морфология. *Galium aparine* — стелющееся или лазящее растение с четырехгранным стеблем, покрытым крючковидными эмергенциями. Высота стебля варьирует от 30 до 150 см в зависимости от условий среды. Листья расположены мутовчато по 6–8 в узле, имеют ланцетную форму, заострённую вершину и жесткие зацепляющиеся волоски по краю.



Рисунок 1. Общий вид подмаренника цепкого (*Galium aparine* L.)

Корневая система. Корневая система стержневого типа, слабая, с многочисленными тонкими боковыми корнями. Корневые волоски обеспечивают поглощение влаги даже при кратковременных осадках, что повышает выживаемость растения на нарушенных участках.

Генеративные органы. Цветки мелкие (1,5–3 мм), актиноморфные, четырехлепестковые, собраны в рыхлые соцветия типа дихазия. Плоды — двусемянные шизокарпии диаметром 2,5–5 мм, густо покрытыми крючками, что обеспечивает эпизоохорное распространение.



Рисунок 2. Цветки подмаренника цепкого (*Galium aparine* L.)

Фенология. Полный сезонный цикл растения составляет 180–210 дней. Рост и развитие зависят от влажности, уровня освещённости и температуры. Наиболее активная фаза роста наблюдается весной.

Таблица 1.

Биоморфологические характеристики Galium aparine L.

Признак	Описание	Биометрические данные	Значение
Листья	Мутовчатые, ланцетные	10–60 × 2–8 мм	Фотосинтез, сцепление
Побеги	Четырёхгранные, цепкие	до 150 см	Конкуренция за свет
Корни	Стержневые, разветвлённые	до 10–20 см	Питание, выживаемость
Цветки	Мелкие, гермафродитные	1,5–3 мм	Размножение
Плоды	Крючковидные шизокарпии	2,5–5 мм	Эпизоохория
Семена	Мелкие, округлые	2–4 мм	Семенной банк
Фенология	Весенне-летний цикл	180–210 дней	Экологическая пластичность

Биоэкологические особенности. **Вид встречается в широком диапазоне условий — от лесных опушек до пахотных земель. Предпочитает влажные, рыхлые, богатые органикой почвы, но способен выживать и на бедных субстратах. Основные экологические стратегии:**

- эпизоохорное распространение,
- мощный семенной банк (семена жизнеспособны 5–8 лет),
- вегетативное укоренение стеблей,
- изменчивость морфометрических признаков в зависимости от освещения.
-

ОБСУЖДЕНИЕ

Экологическая пластичность и распространение. Полевые наблюдения показали, что подмаренник цепкий демонстрирует выраженную экологическую пластичность, позволяющую успешно колонизировать экотопы от антропогенно нарушенных территорий

до опушек лесов. В условиях техногенного воздействия эта способность особенно важна, поскольку растение может служить индикатором степени антропогенной трансформации почв и растительного покрова. Плотность популяций возрастает на рыхлых, богатых органикой почвах и при умеренном затенении.

Морфологические адаптации. Анализ роста и онтогенетических стадий выявил:

- удлинённые междоузлия и способность стебля опираться на соседние растения повышают устойчивость;
- наличие цепких крючков облегчает прикрепление к опорам и способствует эффективному распространению семян (зоохория и антропохория). Средняя длина побегов в оптимальных условиях достигает 60–120 см; в тенистых биотопах стебли длиннее, но менее устойчивы. Количество мутовок достигает максимума в активный период роста. Листья сохраняют ланцетную форму, шероховатая поверхность обеспечивает сцепление с окружающими объектами.

Биохимические особенности. Подмаренник содержит иридоиды, флавоноиды и фенольные кислоты. Их концентрация изменяется в зависимости от влажности, типа почвы, освещённости и антропогенной нагрузки. Это делает *G. aparine* перспективным для фитопрепаратов с антиоксидантным и противовоспалительным действием.

Корневая система и стабилизация почвы. В условиях повышенной влажности формируется мощная корневая система, способствующая укреплению почвы и снижению эрозии. Растение может использоваться в восстановительных и биоинженерных проектах.

Стратегия r-типа и семенной банк. *Galium aparine* характеризуется высокой продуктивностью семян (300–500 с особи), быстрым ростом и способностью занимать свободные экологические ниши. Семена сохраняют жизнеспособность 6–8 лет.

Фитосоциология *Galium aparine*. *Galium aparine* формирует ассоциации с Poaceae, Asteraceae и Fabaceae. В агроценозах подавляет всходы культурных растений, в природных биотопах стабилизирует микроразнообразие и поддерживает азотный баланс. Активно распространяется на нарушенных территориях, благодаря цепким трихомам семена разносятся животными, людьми и транспортом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Galium aparine L. является модельным рудеральным видом с высокой экологической пластичностью и выраженными адаптивными стратегиями. Исследование показало, что морфологическая изменчивость, способность к быстрому расселению и устойчивость к стрессовым условиям делают его ценным объектом для изучения биоэкологических процессов, восстановления растительного покрова и мониторинга состояния экосистем.

Комплексный анализ биоморфологических и экологических признаков подтвердил значимость *G. aparine* как индикатора антропогенной нагрузки. Высокая адаптивность и эффективность механизмов распространения позволяют рассматривать данный вид как важный компонент экосистем умеренного пояса. Полученные данные могут быть использованы для оценки состояния фитоценозов, мониторинга биоразнообразия и разработки мероприятий по охране природы.

Рекомендации

1. Использовать *G. aparine* в качестве индикаторного вида при мониторинге влажности и степени нарушенности экосистем.
2. Применять данные о биологических и морфологических характеристиках вида для интегрированного контроля сорной растительности.
3. Учитывать значение семенного банка при восстановлении деградированных территорий и формировании устойчивых растительных сообществ.

4. Использовать морфологические параметры *G. aparine* для оценки антропогенной нагрузки и состояния фитоценозов.
5. Применять результаты исследования в образовательных и природоохранных программах для повышения экологической осведомленности и устойчивости экосистем.

Литература

1. Bauer, G. et al. Always on the bright side: the climbing mechanism of *Galium aparine*. Proc. Biol. Sci., 2011, 278(1715): 2233–2239.
2. Taylor, K. *Galium aparine* L. Journal of Ecology, 1999, 87: 713–730.
3. Puła, J. et al. Effect of aqueous extracts of *Galium aparine* L. on maize seedlings. Not. Bot. Horti Agrobo., 2016, 44(2): 518–524.
4. Beirami, A.D. et al. Antimicrobial, antioxidant and wound-healing activity of *Galium aparine* L. BMC Complement. Med. Ther., 2024, 24: 279.
5. Malik, N. & Vanden Born, W.H. The biology of *Galium aparine* L. and *G. spurium* L. Can. J. Plant Sci., 1988, 68(2): 481–499.
6. Moore, R.J. The *Galium aparine* complex in Canada. Can. J. Bot., 1975, 53(9): 877–893.
7. Shi, G. et al. In vitro антипролиферативная активность *Galium aparine* L. Saudi Pharm. J., 2016, 24(3): 241–244.
8. Ilina, T. et al. Phytochemical Profiles and In Vitro Immunomodulatory Activity of Ethanolic Extracts from *Galium aparine* L. Plants, 2019, 8, 541.
9. Bilal Sahin et al. *Galium aparine* L. protects against acetaminophen-induced hepatotoxicity in rats. Chemico-Biological Interactions, 2022.
10. Bohari J., Khan M.R., Shabbir M. Evaluation of Different Antioxidant Activities of *Galium aparine*. Spectrochimica Acta Part A, 2013.
11. Shynkovenko I.L., Ilyina T.V., Kovalyova A.M. Saponins of the extracts of *Galium aparine* and *Galium verum*. Visnyk Farmatsii, 2018.
12. Baser K.H.C., Özek T., Kırımer N., et al. Composition of the Essential Oils of *Galium aparine* L. Journal of Essential Oil Research, 2004.
13. Beirami A.D., Akhtari N., Noroozi R., et al. Bringing back *Galium aparine* L. from forgotten corners of traditional wound treatment procedures. BMC Complement Med Ther, 2024.
14. Korkmaz N., Dayangaç A., Sevindik M. Antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of *Galium aparine*. J. Faculty of Pharmacy of Ankara Univ., 2021.
15. Kumar, A. Studies on seed viability and germination of *Galium aparine* L., 2018.
16. CABI. *Galium aparine* L. Invasive Species Compendium, 2020.
17. European Weed Research Society. Weed Ecology and Management, 2019.
18. Holm, L., Doll, J., Holm, E. et al. World Weeds: Natural Histories and Distribution, 2017.
19. Stace, C.A. New Flora of the British Isles, 4th edition, 2019.
20. PFAF. Plants For A Future Database: *Galium aparine*, 2021.

FARG'ONA VODIYSIDA O'STIRILADIGAN *TARAXACUM OFFICINALE* WIGG. S.L. BIOELEMENTLARI VA FLAVONOIDLARI

P.K. Turdalieva[1], O.O. Igamberdieva[2], N.A. Mahammadjonova[1], S.X. Saydaxmedova[1], F.E.Juraboeva[1], X.J. Tojiddinova[1], M.I. Ismoiljonova[1], Sh.E. Rustamova[1]
[1]Farg‘ona davlat universiteti
[2]Central Asian Medical University

Annotatsiya. Janubiy Farg‘onada o‘sadigan *Taraxacum officinale Wigg. s.L.*, o‘simligining er-ustki qismi tarkibida instrumental neytron aktivatsion tahlili va YuSSX yordamida 38 ta makro -va mikroelement va 6 ta flavonoidlarning miqdoriy tarkibi o‘rganildi. Momaqaymoq tarkibida digidrokversetin (25,2 mg/g), makro- va mikroelementlar Na (920 mg/kg), Ca (38700 mg/kg), Fe (2970 mg/kg), Mn (94,5 mg/kg) ва Cu (15 mg/kg) miqdori ko‘proq to‘planishi aniqlandi. Tarkibidagi zaharli elementlarning miqdori ruxsat etilgan maksimal mey’yordan oshmaydi.

Kalit so‘zlar: flavonoidlar, YuSSX, bioelementlar, instrumental neytron-aktivatsion tahlil, *Taraxacum officinale Wigg. s.L.*

Аннотация. Методом инструментального нейтронно – активационного анализа и ВЭЖХ в составе надземной части *Taraxacum officinale Wigg. s.L.*, произрастающей на территории Южной Ферганы, был изучен количественный состав 38 макро- и микроэлементов и 6 флавоноидов. Установлено, что в составе одуванчика лекарственного преобладает дигидрокверцетин (25,2 мг/г), макро- и микроэлементы Na (920 мг/кг), Ca (38700 мг/кг), Fe (2970 мг/кг), Mn (94,5 мг/кг) и Cu (15 мг/кг). Количество элементов-токсикантов в составе растения не превышает предельно – допустимой концентрации.

Ключевые слова: флавоноиды, ВЭЖХ, биоэлементы, инструментальный нейтронно-активационный анализ, *Taraxacum officinale Wigg. s.L.*

Annotation. Using instrumental neutron activation analysis and HPLC, the quantitative composition of 38 macro- and microelements and 6 flavonoids was studied in the aerial parts of Taraxacum officinale Wigg. s.L., growing in Southern Fergana. It was found that the predominant constituent of dandelion is dihydroquercetin (25.2 mg/g), followed by the macro- and microelements Na (920 mg/kg), Ca (38,700 mg/kg), Fe (2,970 mg/kg), Mn (94.5 mg/kg), and Cu (15 mg/kg). The amount of toxic elements in the plant does not exceed the maximum permissible concentration.

Key words: flavonoids, HPLC, bioelements, instrumental neutron activation analysis, *Taraxacum officinale Wigg. s.L.*

KIRISH

Ma’lumki, dorivor o‘simliklar o‘z hayotiy faoliyatida inson organizmi uchun zarur bo‘lgan juda ko‘p miqdordagi biologik faol moddalarni faol ravishda saqlaydi [1]. Bunday o‘simlik turlaridan dorivor momoqaymoqni qayd etishimiz mumkin.

Taraxacum officinale Wigg.s.L. (momoqaymoq) - eng keng tarqalgan o‘simliklardan biri hisoblanadi. Bargi va to‘pgullari tarkibida taraksantin, flavoksantin, lyutein, triterpen spirtlari, arnidiol , faradiol, C, A, B2, E, PP vitamilari, xolin, saponinlar, qatronlar, marganes tuzlari , temir, kalsiy, fosfor tuzlari, 5% gaha oqsil mavjud [2]. Momoqaymoq ildizida triterpen birikmalar: taraksasterol, taakserol, psevdotaraksterol, β-amirin ; sterinlar: β-sitosterin, stigmasterin, traksol; uglevodlar: 40% gacha inulin; palmitin, linol, olein, serotin kislotalarining glitseridlarini o‘z ichiga olgan yog‘ moyi; kauchuk, oqsillar va boshqalar aniqlangan. Gul savatlari va barglarida taraksantin, flavoksantin aniqlangan [3].

Yuqoridagi adabiyotlar tahlilidan ko‘rinib turibdiki, Janubiy Farg‘ona hududida o‘suvchi *Taraxacum officinale Wigg.s.L.* ning kimyoviy tarkibi deyarli o‘rganilmagan.

Shunga ko‘ra, Tadqiqotning maqsadi Janubiy Farg‘ona hududida o‘suvchi Taraxacum officinale Wigg.s.L. tarkibidagi flavonoidlar hamda makro- va mikroelementlarning miqdoriy tarkibini aniqlashdan iborat.

TADQIQOT USLUBLARI

O‘simlik tarkibidagi flavonoidlar va makro-mikroelementlar miqdorini o‘rganish uchun avgust oyida Janubiy Farg‘ona hududida o‘simlik namunalari yig‘ib olindi.

Namuna tarkibidagi flovonoidlarni suyuqlik xromatografiyasi usuli yordamida aniqlandi [4].

Xromotografiya sharoitlari:

-Xromotograf Agilent-1200 (avtodozator bilan jihiozlangan)

-Kolonka Exlipse XDB C 18, 5 mkm, 4,6 x250mm

-Diod matritsali detektor (DAD), 254 nm, 272 nm, 276 nm identifikatsiya qilindi.

-Oqim tezligi 0,8 ml/min.

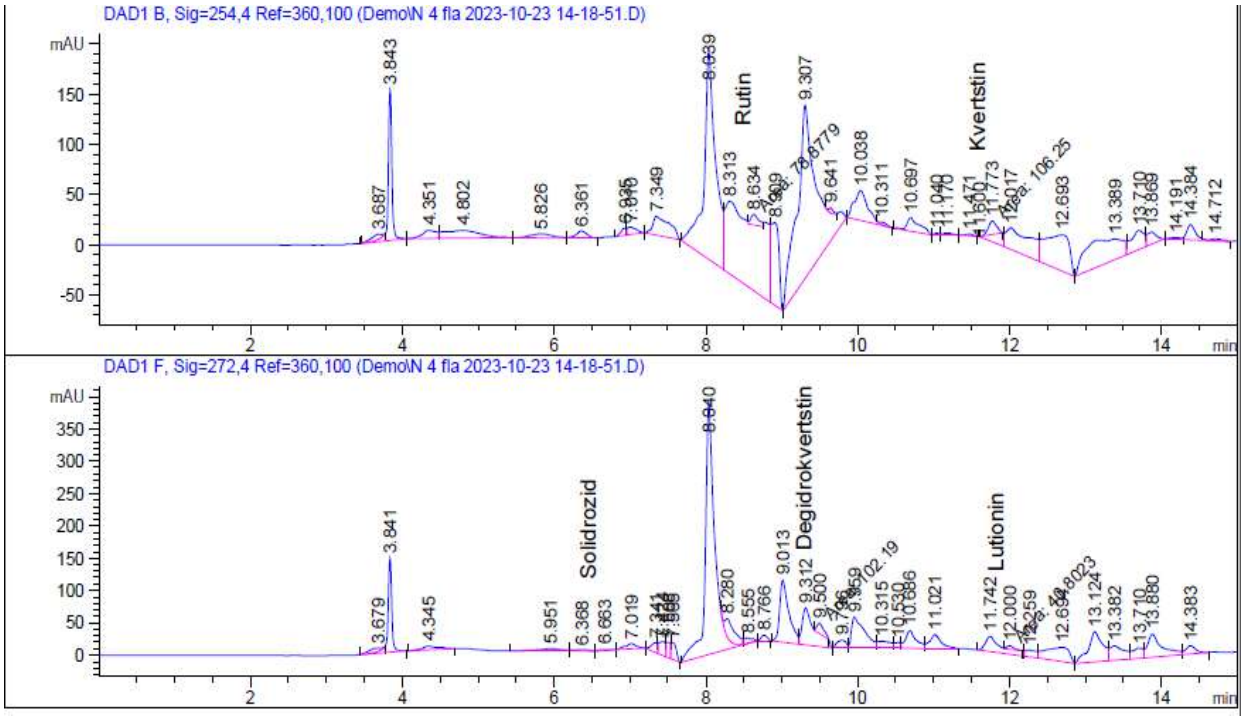
- Elyuent: fosfatli bufer va atsetonitril.

Xromotografga dastlab, ishchi standart eritma, keyinchalik tayyorlangan ishchi eritma kiritildi.

O‘simlik tarkibidagi makro- va mikroelementlar miqdori O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Yadro fizikasi institutining ilmiy laboratoriyasida instrumental neytron-aktivatsion usuli yordamida o‘rganildi [5]. Olingan ma'lumotlarni statistik va matematik qayta ishlash kompyuterda ma'lumotlarni qayta ishlash usullari: Microsoft Excel paketi va ko'p regressiya usuli yordamida amalga oshirildi [6].

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNI MUXOKAMASI

Quyida, 1-rasmda tadqiq qilinayotgan o‘simlikning er ustki qismi tarkibidagi flavonoidlar xromatogrammasi keltirilgan.



Rasm 1. *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* er ustki qismi tarkibidagi flavonoidlar xromatogrammasi.

Olingan natijalarga ko‘ra, ya’ni 1-rasmda keltirilgan xromatogrammadan ko‘rinib turibdiki, o‘simlikning er ustki qismida rutin, kversetin, digidrokversetin, lyuteolin, rozavin va salidrozid kabi flavonoidlar mavjudligi va ularning miqdori aniqlandi.

1-jadval va 2-rasmda o‘rganilayotgan o‘simlikning er ustki qismi tarkibidagi flavonoidlarning miqdoriy tarkibi bo‘yicha ma’lumotlar, shuningdek, qiyosiy tahlil keltirilgan.

1-jadval

Janubiy Farg‘ona xududida o‘suvchi *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* er ustki qismi tarkibidagi flavonoidlarning miqdori

flavonoidlar	**konsentratsiyasi (mg/g)**
Rutin	11,3
Kversetin	4,65
Digidrokversetin	25,2
Lyuteolin	5,64
Rozavin	1,23
Salidrozid	11,6
Flavonoidlar (umumiy)	**59,62**

1-rasm va 1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* o‘simligining er ustki qismi tarkibida digidrokversetin 25,2 mg/g miqdorda boshqa flavonoidlarga nisbatan ko‘proq to‘planadi va barcha flavonoidlar yig‘indisining 42,27% ni tashkil qiladi.

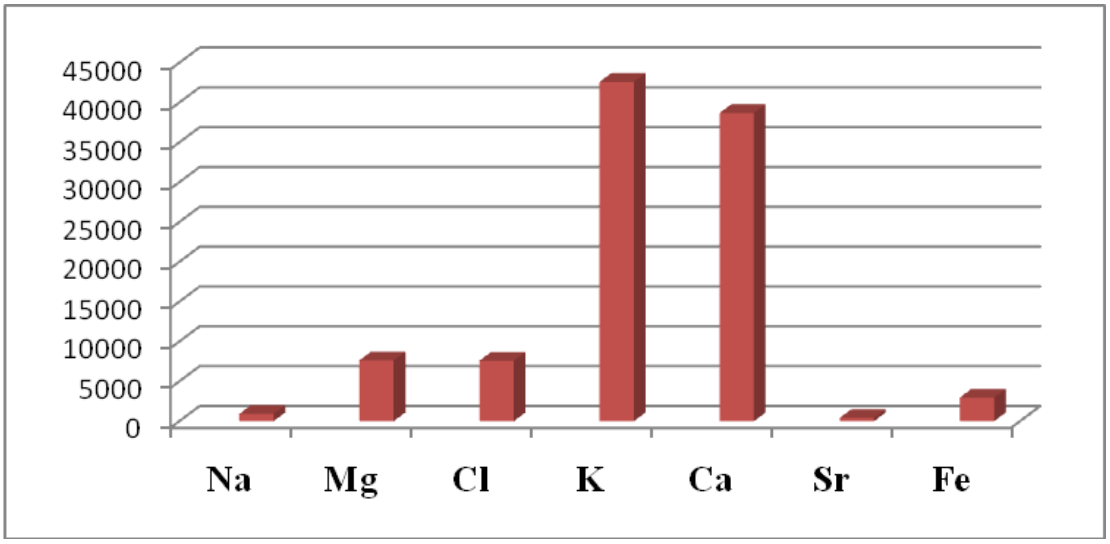
O‘rganilgan o‘simlik tarkibidagi flavonoidlarning miqdoriy tarkibi bo‘yicha quyidagi qiyosiy tahlil natijalari to‘planish tartibini ko‘rsatadi: digidrokversetin > salidrozid > rutin > lyuteolin > kversetin > rozavin.

Ma’lumki, flavonoidlar oziq-ovqat bilan tushganda inson organizmida fermentlar ishini faollashtiradi, shuningdek, antioksidant ta’sirga ega [7,8]. Masalan, digidrokversetin kversetin guruhiga kiradi va tabiiy antioksidant flavonoid hisoblanadi [9].

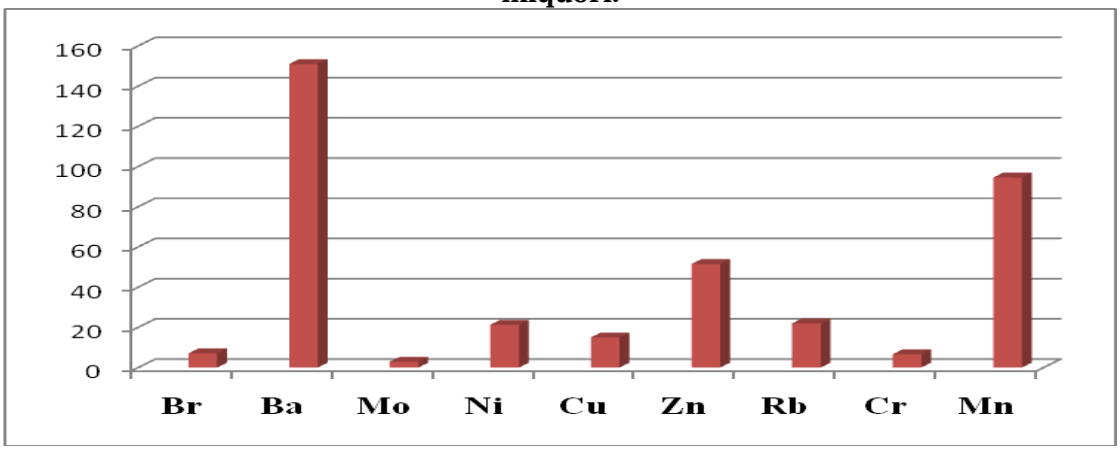
Shunday qilib, biz o‘rganayotgan *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* antioksidant xususiyatga ega bo‘lib, kapillyarlarni mustahkamlovchi ta’siri bilan bog‘liq yallig‘lanishga qarshi ta’sir qilishi mumkin.

Shuni ta’kidlash kerakki, har bir insonning normal hayot faoliyati uchun zarur bo‘lgan metallarga quyidagi o‘nta metall "hayot metallari" kiradi: Na, K, Ca, Mg, Fe, Co, Mn, Zn, Cu, Mo [10]. SHuning uchun, tadqiqot davomida *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* tarkibidagi elementlar miqdori aniqlandi.

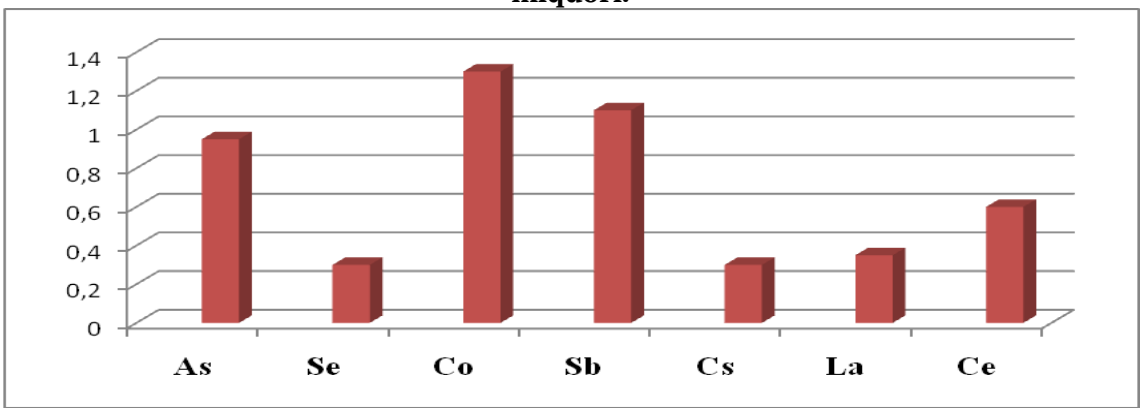
Quyida, o‘rganilayotgan dorivor o‘simlik tarkibidagi elementlarning miqdoriy tahlili natijalari keltirilgan (2-4-rasm, 2-jadval).



Rasm 2. ***Taraxacum officinale Wigg. s.L.*** **er-ustki qismi tarkibidagi makroelementlar miqdori.**



Rasm 3. ***Taraxacum officinale Wigg. s.L.*** **er-ustki qismi tarkibidagi mikroelementlar miqdori.**



Rasm 4. ***Taraxacum officinale Wigg. s.L.*** **er-ustki qismi tarkibidagi mikroelementlar miqdori**

2-4 - rasmlar va 2-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, *Taraxacum officinale Wigg.* o‘simligi tarkibida Na, Ca va Fe kabi makroelementlar (920 mg/kg, 38700 mg/kg, 2970 mg/kg), shuningdek Mn va Cu kabi mikroelementlar (94,5 mg/kg, 15 mg/kg) boshqa elementlarga nisbatan ko‘proq to‘planadi.

2-jadval

***Taraxacum officinale Wigg. s.L.* er ustki qismi tarkibidagi ultramikroelementlar miqdori (mg/kg)**

element	**Nd**	**Sm**	**Eu**	**Tb**	**Yb**	**Lu**	**Hf**	**Ag**
miqdori	0,1	0,026	0,020	0,001	0,014	0,01	0,05	0.01
element	**Ta**	**Au**	**Hg**	**Th**	**U**	***Sc***	**Ta**	**Tm**
miqdori	0,005	0.0023	0,001	0,092	0,11	0.076	0,005	0,006

Tadqiq qilinayotgan o‘simlik tarkibidagi toksikant elementlar miqdori O‘zbekiston SanPiN tomonidan ruxsat etilgan meyyordan oshmaydi, shuning uchun *Taraxacum officinale Wigg.* o‘simligi kasalliklarni davolash va oldini olishda qo‘llanilishi mumkin.

SHunday qilib, tadqiqot natijalariga ko‘ra, *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* Na, Ca, Fe, Mn va Cu kabi elementlarni o‘zida yuqori miqdorda to‘playdi, shu sababli, dorivor moychechakni kamqonlik va virusli kasalliklarni davolashda, hamda oldini olishda dorivor vosita sifatida qo‘llash istiqbollidir.

XULOSA VA TAVSIYALAR

1. Janubiy Farg‘ona hududida o‘suvchi *Taraxacum officinale Wigg.* er ustki qismi tarkibida 6 ta flavonoid (rutin, kversetin, digidrokversetin, lyuteolin, rozavin va salidrozid) miqdori ilk bor o‘rganildi va o‘simlik tarkibida digidrokversetin 25,2 mg/g miqdorda qolgan flavonoidlarga nisbatan ko‘proq to‘plashi aniqlandi.

2. Flavonoidlar miqdori bo‘yicha qiyosiy tahlil natijalariga ko‘ra, *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* tarkibida flavonoidlar quyidagi tartibda to‘planishi aniqlandi: digidrokversetin > salidrozid > rutin > lyuteolin > kversetin > rozavin.

3. O‘simlikning er ustki qismi tarkibida digidrokversetin flavonoidi hamda Na, Ca, Fe, Mn va Cu kabi bioelementlarning ko‘p miqdorda mavjudligi *Taraxacum officinale Wigg. s.L.* ning yallig‘lanishga qarshi ta’sirga ega ekanligini tasdiqlaydi va bu ta’sir uning antioksidant xususiyatga ega ekanligi va kamqonlik, shuningdek virusli kasalliklarni davolashda, hamda oldini olishda ishlatish istiqbollidir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Игамбердиева П.К., Определение минеральных веществ лекарственных растений Южной Ферганы и перспективы их применения при лечении железодефицитной анемии/ Журнал Доктор Ахборотномаси. 2014. №2. Стр. 22-25

2. Тринус Ф. П. Фармакотерапевтический справочник. — 6-е изд. — Киев: Здоровья, 1989. — 640 с.

3. Ивашин Д. С. и др. Лекарственные растения Украины (справочник для сборщика и заготовителя). — К.: Урожай, 1978. — 320 с.

4. Турдалиева П.К. Создание растительного лечебного сбора, применяемого для профилактики и лечения заболеваний сердца// Журнал *Universum: химия и биология* — 2021. — 12(90). DOI - 10.32743/UniChem.2021.90.12.12692.

5. Турдалиева П.К., Аскаров И.Р., Ибрагимов А.А. ФЛАВОНОИДЫ (АНТИОКСИДАНТЫ) *Melissa officinalis L.* И *Tribulus terrestris L.*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ// Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. 2024. 3(117). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/16888

6. Кист А.А., Данилова Е.А., Осинская Н.С. Достижения лаборатории активационного анализа института ядерной физики академии наук республики Узбекистан. Микроэлементы в медицине.2016, 17(1), С.45–50.

7. Слесарчук В. Ю. Нейропротекторные свойства препаратов кверцетина// Фармакологія та лікарська токсикологія : журн. — 2014. — № 6 (41).

8. Kelly, G. S. Quercetin// Alternative Medicine Review: A Journal of Clinical Therapeutic : Monograph. — 2011. — Vol. 16, no. 2. — P. 172—194. — ISSN 1089-5159. — PMID 21649459. flavonoids (isoflavonoids and neoflavonoids) // IUPAC Gold Book.

9. Turck. D. Scientific Opinion on taxifolin-rich extract from Dahurian Larch (Larixgmelinii) : D. Turck, J.-L. Bresson, B. Burlingame // EFSA Journal. — 2017. — Vol. 15, no. 2. — Art. e04682. — doi:10.2903/j.efsa.2017.4682. — PMID 32625400. — PMC 7010141.

10. Скальный А.В. Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие. — 2019. Издательство Перо - С.11.

АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭНДОФИТОВ ИЗ РАСТЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА

Руфина Азаматовна Суярова, Ксения Валентиновна Кондрашева, Мадина Давронбек қизи Худайбергенова, Светлана Петровна Бичерева
Институт микробиологии АН РУз

Аннотация. Рост устойчивости микроорганизмов к существующим антибиотикам требует поиска новых источников антимикробных соединений, среди которых перспективными считаются эндофитные грибы. Целью работы было оценить антифунгальный потенциал эндофитов, выделенных из винограда и семян галофитных растений против фитопатогенов. Установлено, что среди эндофитов галофитов 19 изолятов ингибировали рост фитопатогенов, тогда как 5 изолятов были неактивны; умеренное подавление чаще обеспечивала культуральная жидкость 14 грибов. Экстракты пяти эндофитов проявили антифунгальные свойства, причём три штамма отличались высокой активностью против *A. alternata*, *F. solani* и *V. dahliae*. Экстракты *Aspergillus chevalieri* из винограда также эффективно подавляли ряд патогенов (в частности *Penicillium* sp., *V. dahliae* и *Alternaria sp*.). Полученные данные подтверждают перспективность эндофитов винограда и галофитов как источника природных антифунгальных агентов и кандидатов для дальнейшего изучения с целью разработки биопрепаратов.

Ключевые слова: фитопатогены, эндофитные грибы, культуральная жидкость, экстракт, антифунгальные свойства

Abstract. The growing resistance of microorganisms to existing antibiotics necessitates the search for new sources of antimicrobial compounds, among which endophytic fungi are considered promising. The aim of this study was to evaluate the antifungal potential of endophytes isolated from grapes and halophyte seeds against phytopathogens. It was found that 19 halophyte endophyte isolates inhibited the growth of phytopathogens, while five isolates were inactive. Moderate inhibition was more frequently achieved by the culture broth of 14 fungi. Extracts of five endophytes exhibited antifungal properties, with three strains exhibiting high activity against *A. alternata, F. solani*, and *V. dahliae*. Extracts of *Aspergillus chevalieri* from grapes also effectively inhibited a number of pathogens (specifically, *Penicillium sp., V. dahliae*, and *Alternaria sp*.). The obtained data confirm the potential of grape endophytes and halophytes as a

source of natural antifungal agents and candidates for further study for the development of biopreparations.

Key words: phytopathogens, endophytic fungi, culture liquid, extract, antifungal properties

Xulosa. Mikroorganizmlarning mavjud antibiotiklarga nisbatan ortib borayotgan qarshiligi yangi antimikrob birikmalar manbalarini izlashni taqozo etadi, ular orasida endofit zamburug'lari istiqbolli hisoblanadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi uzum va galofit urug'laridan ajratilgan endofitlarning fitopatogenlarga qarshi antifungal potentsialini baholash edi. 19 ta galofit endofit izolatlari fitopatogenlarning o'sishini inhibe qilgani, beshta izolat esa faol emasligi aniqlandi. O'rtacha inhibisyonga 14 ta zamburug'lar bulonida ko'proq erishildi. Beshta endofitning ekstraktlari antifungal xususiyatlarni namoyish etdi, uchta shtamm *A. alternata, F. solani* va *V. dahliae* ga qarshi yuqori faollikni namoyish etdi. Uzumdan olingan *Aspergillus chevalieri* ekstraktlari ham bir qator patogenlarni (xususan, *Penicillium* sp., *V. dahliae* va *Alternaria sp*.) samarali inhibe qildi. Olingan ma'lumotlar uzum endofitlari va galofitlarining tabiiy antifungal vositalar manbai va biopreparatlarni ishlab chiqish uchun keyingi tadqiqotlar uchun nomzodlar sifatidagi salohiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: fitopatogenlar, endofit zamburug'lar, kultura suyuqligi, ekstrakt, antifungal xususiyatlar.

ВВЕДЕНИЕ

Рост устойчивости патогенных микроорганизмов к существующим антибиотикам и фунгицидам признан одной из ключевых угроз для глобального здравоохранения. Стандартные источники природных антимикробных соединений — актиномицеты, классические плесени родов *Penicillium* и *Aspergillus*, а также лекарственные растения — уже полностью изучены, и вероятность нахождения принципиально новых структур в этих группах снижается. На этом фоне всё больше внимания привлекают эндофитные микроорганизмы, прежде всего грибы, как альтернативный ресурс биологически активных молекул [1], проявляющих антимикробные свойства.

Эндофиты формируют тесные симбиотические связи с растениями-хозяевами и подвергаются уникальному набору биотических и абиотических стрессов. Считается, что именно эти условия стимулируют эволюцию химически разнообразных вторичных метаболитов, включая соединения с антимикробной активностью, способных защищать как самого эндофита, так и растение от фитопатогенов и конкурирующей микробиоты [2].

Целью исследования стала оценка антифунгального потенциала эндофитных грибов, выделенных из винограда и семян пустынных галофитов против патогенов растений.

Методы исследования. Объектом настоящего исследования служили эндофитные грибы, выделенные из винограда и семян галофитных растений. Культивирование штаммов проводили в жидкой среде Чапека–Докса при температуре 28–30 °C в течение 7 суток на орбитальном шейкере со скоростью 120 об/мин. По окончании инкубации биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием при 4000 об/мин в течение 15 минут.

Экстракцию вторичных метаболитов из биомассы эндофитных грибов осуществляли с помощью ДМСО по методике Hazalin и соавт. [3], с незначительной модификацией.

Антимикробную активность культуральной жидкости и полученных экстрактов по отношению к грибам–фитопатогенам (*Fusarium sp., Alternaria alternata, Fusarium solani, Verticillium dahliae, Botrytis cinerea, Penicillium sp.)* изучали методом диффузии в агар на среде Чапека–Докса (для бактерий) [4]. Тест-культуры патогенов были получены из Коллекции промышленно важных микроорганизмов Института микробиологии АН РУз.

Оценку антимикробной активности проводили по диаметру зон подавления роста патогенных микроорганизмов: до 14 мм — отсутствие активности (устойчивость патогена),

15–27 мм — умеренная активность (умеренная чувствительность патогена), более 27 мм — высокая активность (выраженная чувствительность патогена) [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

При скрининге культуральной жидкости и экстрактов эндофитов, выделенных из семян галофитов, установлено, что лишь 5 изолятов не проявляют активности в отношении исследованных фитопатогенов, тогда как 19 грибов в той или иной степени ингибируют их рост. Антифунгальные свойства чаще обнаруживались в культуральной жидкости: у 14 изолятов отмечено умеренное подавление роста болезнетворных грибов. В то же время антифунгальная активность экстрактов обнаружена у 5 эндофитов, причём 3 из них демонстрировали высокую активность сразу против нескольких ключевых патогенов *A. alternata, F. solani и V. dahliae*. Необходимо отметить, что растворитель ДМСО, используемый для получения экстракта, не подавлял рост фитопатогенов, в отличие от флуконазола, который применялся в качестве положительного контроля. Особый практический интерес представляют эндофиты с широким спектром действия, подавляющие несколько патогенов одновременно, такие как FCc01-R, FCc02-R, FCc04-R, FCc12-R, FCc13-R (из кандыма), FCl03-R (из терескена серого) и FAs01-R (из чогона) (рис.1).

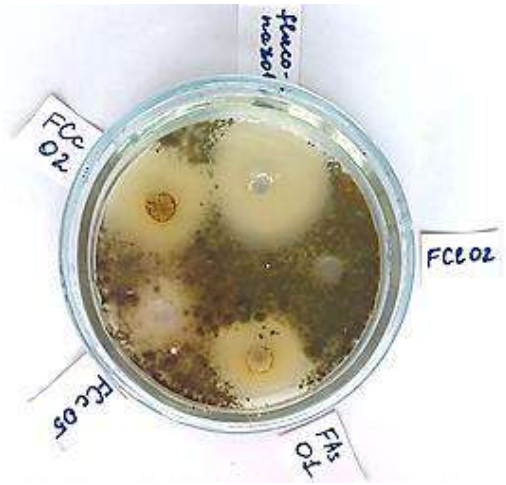


Рисунок 1. Антифунгальная активность экстрактов некоторых эндофитов из семян галофитов на примере *A. alternata*.

Считается, что противогрибковая активность, выявляемая у многих эндофитных грибов, выполняет двойную функцию: помогает им успешно конкурировать с другими микромицетами за экологическую нишу и одновременно способствует защите растения-хозяина от патогенов [6]. Фунгицидные свойства часто обнаруживаются у эндофитов, выделенных из культурных и диких растений, включая галофиты [7, 8]. В крупном исследовании González-Menéndez и соавт. была оценена цитотоксическая и антифунгальная активность 349 эндофитных штаммов, выделенных из пустынных растений Андалусии, при культивировании на средах с добавлением адсорбирующих смол и без них. Из общего числа изолятов 126 (36%) продемонстрировали выраженную биологическую активность, включая 58 штаммов с особенно сильными противогрибковыми свойствами. В ходе работы был выявлен ряд известных и новых соединений с фунгицидным потенциалом [9]. Подобные исследования указывают на перспективность выделенных нами эндофитов из галофитов как источника биологически активных метаболитов.

Сопоставимые тенденции выявлены и при исследовании эндофитов винограда на примере активного штамма *Aspergillus chevalieri*. Экстракты этого гриба, полученные при

выращивании на двух субстратах, в разной степени проявляли антагонистическую активность и подавляли рост почти всех протестированных фитопатогенных грибов. Наиболее значимые зоны ингибирования отмечены против *Penicillium sp*.-6 (21 и 19 мм), *V. dahliae* (21 и 19 мм) и *Alternaria* sp.-7 (18 и 19 мм) (рис. 2). Важно, что отрицательный контроль (ДМСО) не оказывал подавляющего действия, а транс-ресвератрол ингибировал рост лишь отдельных патогенов, которые не принимались во внимание при исследовании (*Fusarium* sp.-26 и *B. cinerea*). Следовательно, выраженный противогрибковый эффект экстрактов *A. chevalieri* по отношению к большинству исследованных патогенов, вероятнее всего, обусловлен не ресвератролом, а другими вторичными метаболитами.



Рисунок 2. Антифунгальная активность экстракта *A. chevalieri* на примере *V. dahliae*.

Полученные нами результаты согласуются с литературными данными о защитной роли эндофитов винограда. Так, Núñez Garoé и соавт. показали, что ряд эндофитных грибов *Vitis vinifera* обладает высокой активностью *in vitro* против важных фитопатогенов, включая *B. cinerea*, причём наиболее выраженный эффект отмечался против *F. oxysporum* и *A. alternata*, что подтверждает вклад эндофитного сообщества в природную устойчивость растений [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Таким образом, совокупность результатов указывает на наличие среди эндофитов как винограда, так и галофитов, изолятов с выраженной и иногда широкой антифунгальной активностью. Экстракт *A. chevalieri* можно рассматривать как потенциальный природный антифунгальный агент для защиты винограда от грибковых болезней, включая случаи уже начавшегося поражения. Одновременно выделенные из семян галофитов активные изоляты представляют ценную группу кандидатов для последующего химического профилирования, поиска новых молекул и разработки биопрепаратов против комплекса фитопатогенных грибов.

Список литературы

1. Caruso, D.J.; Palombo, E.A.; Moulton, S.E.; Zaferanloo, B. Exploring the Promise of Endophytic Fungi: A Review of Novel Antimicrobial Compounds. *Microorganisms* **2022**, *10*, 1990. https://doi.org/10.3390/microorganisms10101990

2. Ravindra H. Patil, Mohini P. Patil, Vijay Laxminarayan Maheshwari, Chapter 5 - Bioactive Secondary Metabolites From Endophytic Fungi: A Review of Biotechnological Production and Their Potential Applications, Editor(s): Atta-ur-Rahman, Studies in Natural Products Chemistry, Elsevier, Volume 49, 2016, Pages 189-205.

3. Hazalin N.A., Ramasamy K., Lim S.M., Wahab I.A., Cole A.Lj, Majeed A.A. Cytotoxic and antibacterial activities of endophytic fungi isolated from plants at the National Park, Pahang, Malaysia. BMC Complementary and alternative medicine. – 2009. – № 9:46. doi: 10.1186/1472-6882-9-46

4. Lorian V. Antibiotics in Laboratory Medicine, 3rd edn. Williams and Wilkins, Baltimore.J. Vandepitte, K. Engbaek, P. Piot, C.C. Heuck. – 1996.
5. Основные методы лабораторных исследований в бактериологии. ВОЗ, Женева, издание на русском языке «Медицина» – 1994. – 132 с.
6. Christakis CA, Daskalogiannis G, Chatzaki A, Markakis EA, Mermigka G, Sagia A, Rizzo GF, Catara V, Lagkouvardos I, Studholme DJ and Sarris PF (2021) Endophytic Bacterial Isolates From Halophytes Demonstrate Phytopathogen Biocontrol and Plant Growth Promotion Under High Salinity. Front. Microbiol. 12:681567. doi: 10.3389/fmicb.2021.68156
7. Сарварова Е.Р., Благова Д.К., Хайруллин Р.М., Максимов И.В. Выделение эндофитов из диких и культурных видов пшеницы. Сборник материалов конференции «Современные подходы и методы в защите растений, Екатеринбург», 12–14 ноября 2018 г, с. 66-68
8. Chebotar V.K., Chizhevskaya E.P., Baganova M.E., Keleinikova O.V., Yuzikhin, O.S., Zaplatkin A.N., Khonina O.V., Kostitsin R.D., Lapenko N.G., Endophytes from Halotolerant Plants Aimed to Overcome Salinity and Draught. Plants 2022, 11, 2992.https://doi.org/10.3390/plants11212992
9. González-Menéndez V, Crespo G, de Pedro N, Diaz C, Martín J, Serrano R, Mackenzie TA, Justicia C, González-Tejero MR, Casares M, Vicente F, Reyes F, Tormo JR, Genilloud O. Fungal endophytes from arid areas of Andalusia: high potential sources for antifungal and antitumoral agents. Sci Rep. 2018 Jun 27;8(1):9729. doi: 10.1038/s41598-018-28192-5
10. Núñez, Garoé & Lisbel, Burgos-Reyes & Da, Silva & Evelyn, & Cristina, Giménez & Cosoveanu, Andreea & Brito, Nélida. (2012). Endophytic fungi from Vitis vinifera L. isolated in Canary Islands and Azores as potential biocontrol agents of Botrytis cinerea Pers.:Fr. JOURNAL of Horticulture, Forestry and Biotechnology. V. 16(1). 1-6.

MIRZACHO‘L SHAROITIDA EKMA ZAFARON (*CROCUS SATIVUS* L.) O‘SIMLIGINING INTRODUKSIYASI VA DORIVORLIK XUSUSIYATLARI

Abduxoliqov Farrux Baxrom o‘g‘li- Guliston davlat universiteti o‘qituvchisi,
Eshmurotova Malika Baxodir qizi - Guliston davlat universiteti talabasi,
Norqulov Ma’sudjon Ma’rufovich - Samarqand davlat universiteti dotsenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Mirzacho‘lning quruq iqlim sharoitida Ekma zafaron (*Crocus sativus* L.) o‘simligini introduksiya qilish imkoniyatlari, uning agrobiologik xususiyatlari va dorivorlik ahamiyati o‘rganildi. Tadqiqot davomida o‘simlikning vegetatsiya davri, iqlim va tuproq omillariga moslashuv darajasi, piyozchalarning rivojlanishi hamda gul hosildorligi bo‘yicha kuzatishlar olib borildi. Natijalarga ko‘ra, zafaron Mirzacho‘lning kontinental va kam yog‘ingarchilikli sharoitiga yaxshi moslashgani, vegetatsiya jarayonida barqaror o‘sish ko‘rsatkichlarini namoyon etgani aniqlandi. O‘simlikning kimyoviy tarkibi xalqaro standartlar talabiga mos kelishi, ularda kuchli antioksidant, antiseptik hamda yengil sedativ xususiyatlarga ega bioaktiv moddalarning yuqori miqdorda to‘plangani qayd etildi. Tadqiqot natijalari Mirzacho‘lda *Crocus sativus* plantatsiyalarini kengaytirish, dorivor xomashyo ishlab chiqarishni mahalliylashtirish va eksportbop mahsulot yaratish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *Crocus sativus* L., Zafaron, introduksiya, Mirzacho‘l, dorivor o‘simliklar, agrotexnika, moslashuvchanlik, bioaktiv moddalar, plantatsiya, hosildorlik.

Annotation. This article examines the possibilities of introducing saffron (*Crocus sativus* L.) under the arid climatic conditions of the Mirzachul region, as well as its agrobiological

characteristics and medicinal significance. During the study, observations were conducted on the plant’s vegetation period, its adaptation to climatic and soil factors, the development of corms, and flower productivity. The results showed that saffron adapts well to the continental and low-precipitation conditions of Mirzachul and demonstrates stable growth indicators throughout the vegetation period. The chemical composition of the plant was found to meet international standards, with high concentrations of bioactive compounds possessing strong antioxidant, antiseptic, and mild sedative properties. The findings provide an important scientific and practical basis for expanding *Crocus sativus* plantations in Mirzachul, localizing medicinal raw material production, and developing export-oriented products.

Keywords: *Crocus sativus* L., saffron, introduction, Mirzachul, medicinal plants, agrotechnics, adaptability, bioactive compounds, plantation, productivity.

Аннотация. В данной статье изучены возможности интродукции шафрана (*Crocus sativus* L.) в засушливых климатических условиях Мирзачульского региона, а также его агробиологические особенности и лекарственное значение. В ходе исследования проведены наблюдения за вегетационным периодом растения, степенью его адаптации к климатическим и почвенным факторам, развитием луковиц и цветочной продуктивностью. Согласно результатам, шафран хорошо адаптируется к континентальным и малосибирным условиям Мирзачуля и демонстрирует стабильные показатели роста в течение вегетации. Химический состав растения соответствует требованиям международных стандартов, в нём отмечено высокое содержание биоактивных веществ с выраженными антиоксидантными, антисептическими и мягкими седативными свойствами. Полученные данные служат важной научно-практической основой для расширения плантаций *Crocus sativus* в Мирзачуле, локализации производства лекарственного сырья и создания экспортно ориентированной продукции.

Ключевые слова: *Crocus sativus* L., шафран, интродукция, Мирзачуль, лекарственные растения, агротехника, адаптивность, биоактивные вещества, плантация, продуктивность.

KIRISH

Dunyo aholisining ortib borishi natijasida dorivor, hushbo‘y–ziravor va oziq-ovqat o‘simliklarining xomashyo bazasini kengaytirish, ulardan tabiiy dori vositalari hamda yangi turdagi oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish zarurati ortib bormoqda. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, mavjud dori-darmonlarning 60–65 foizi dorivor o‘simliklardan olingan preparatlardan iborat bo‘lib, bugungi kunda dorivor va xo‘jalik ahamiyatiga ega o‘simliklarni tanlash, yetishtirish va ularning sanoat plantatsiyalarini tashkil etish global miqyosda dolzarb masalalardan biridir.

O‘zbekistonda farmatsevtika sanoatini rivojlantirish va dorivor o‘simliklar xomashyo bazasini shakllantirishga qaratilgan davlat siyosati izchil amalga oshirilmoqda. Xususan, Vazirlar Mahkamasining 2004 yil 20 oktyabrdagi 290-son qarori, 2013 yil 5 avgustdagi 222-son yig‘ilish bayoni, 2015 yil 20 yanvardagi 5-sonli majlis qarori hamda 2017 yil 21 avgustda qabul qilingan 114-sonli yig‘ilish bayoni dorivor o‘simliklarni sanoat miqyosida yetishtirish, plantatsiyalarni tashkil etish va biologik resurslardan oqilona foydalanish bo‘yicha muhim vazifalarni belgilab berdi.

Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 3 maydagi farmoni bilan “Nukus-farm”, “Zomin-farm”, “Kosonsoy-farm”, “Sirdaryo-farm”, “Boysun-farm”, “Parkent-farm” va “Bo‘stonliq-farm” erkin iqtisodiy zonalari tashkil etildi. 2017 yil 11 maydagi PQ–2966-son qaror esa o‘rmon xo‘jaligi hududlarida dorivor o‘simliklar plantatsiyalarini kengaytirish bo‘yicha amaliy vazifalarni belgiladi.

Mazkur qarorlar mahalliy farmatsevtika sanoati ehtiyojlari uchun dorivor o‘simliklarni kompleks asosda yetishtirishni nazarda tutadi. Hozirda dorivor xomashyo tayyorlash va plantatsiyalar tashkil etish, galen preparatlarini ishlab chiqarish, o‘simliklardan substansiyalar olish hamda tayyor dori vositalarini yaratishni o‘z ichiga olgan to‘rt bosqichli tizim bosqichma-bosqich yo‘lga qo‘yilmoqda.

Shu bilan birga, mavjud tabiiy flora zaxiralari farmatsevtika sanoati talabini to‘liq qondira olmaydi. Shu sababli dorivor, oziq-ovqat va hushbo‘y o‘simliklarning istiqbolli turlarini tanlash, ularni introduksiya qilish hamda yangi plantatsiyalar tashkil etish dolzarb ilmiy va amaliy vazifalardan biri hisoblanadi.

TADQIQOT USLUBLARI

Crocus turkumi turlarining ontogenezdagi biomorfologik xususiyatlari T.A. Rabotnov [12] usullari bo‘yicha o‘rganildi. O‘simlikning morfologik belgilarini aniqlashda Fedorov, Artyushenko [14] metodidan foydalanildi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. O‘simliklarning morfobiologik xususiyatlarini ontogenezda 10 ta model o‘simliklar tupida o‘rganildi.

Rekultivatsiya jarayonida foydalanilgan o‘simlik turlarini sistematik tahlil qilishda 11 jildli “Определитель растений Средней Азии” (1963–2016) [33], va ochiq o‘simliklar ma’lumotlar bazasi (POWO-Plants of the World Online) [36] sayti ma’lumotlaridan foydalanildi.

Turlarning hayotiy shakllarini tahlili S. Raunkiaer (1934) [25] tomonidan ishlab chiqilgan tizim asosida amalga oshirildi.

O‘simliklarning morfologik belgilari “Атлас по описательной морфологии высших растений” [26] va “Биоморфология растений” [35] va P.Y. Jimlev va boshqalar [29] ga asoslangan holda berildi. Feniologik kuzatish ishlari H.Q. Qarshiboev (2019), tomonidan taklif qilingan metodlardan foydalanildi [32]. O‘simliklarda reproduktsiya jarayonini o‘rganishda N.F. Satsiperova va [14] O.A. Ashurmetov, H.K. Karshibaev [27] ishlaridan foydalanildi.

Tanlab olingan o‘simliklarning bioekologik xususiyatlarini o‘rganishda I.V. Belolipov va boshqalar tomonidan e’lon qilingan “ O‘simliklar introduktsiyasi” fanidan ilmiy-tadqiqot ishlarini o‘tkazishga oid metodik ko‘rsatmalar [28] dan foydalanildi.

Ontogenez davrlari va yosh holatlarini aniqlash L.A. Jukova rahbarligida e’lon qilingan ”Онтогенетический атлас растений”dagi “Периодизация полного онтогенеза растений” jadvali [30] asosida amalga oshirildi. Individlarning yosh holati chegaralarini aniqlashda L.B. Zaugolnova va boshqalar [31] gulli o‘simliklar uchun taklif qilgan umumiy kriteriylardan foydalanildi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Virginil davrining maysa bosqichida unuvchanlik tavsifi, urug‘ ko‘saklarining shakli va o‘lchami, ularning hayotiy faolligi, dastlabki barg shakli va o‘lchami, ildizlarning shakllanishi, rivojlanishi va tuzilishi kuzatiladi; (1-rasm).



1-rasm. *Crocus sativus* o’simligining virginil davri bosqichi.

Yuvenil bosqichda haqiqiy barglarining paydo bo‘lishi, shakli, tuzilishi, soni, o‘lchami hamda piyoz ildizlari tizimining tuzilishi;

Generativ davrida turli novdalarning miqdori, ularning uzunligi rivojlanishi, g‘unchalar, gullar soni, o‘sish sur’ati, shuningdek mevalardagi urug‘lar soni o‘rganiladi. O’simlikda generativ davrga o’tish jarayoni aksariyat hollarda ikkinchi, uchinchi va kam hollarda birinchi vegetatsiya yillarida kuzatildi. Tadqiqotlar davomida o’simlikning o’sishi va rivojlanish muddatlarining davomiyligida tashqi muhit omillarining (yorug‘lik, havo harorati, havoning nisbiy namligi, tuproq harorati va namligi) roli katta ekanligi kuzatildi. Bunda bevosita yangi hosil bo’lgan tuganakpiyozning rivojlanishiga bog‘liq bo’ladi. Ko’p hollarda *Crocus sativus* ning birinchi yilidayoq generativ davrga kirishi tugunakpiyozlarining katta-kichikligiga ham bevosita bog’liq bo’ladi [14].

O‘simliklarning mavsumiy rivojlanish maromini o‘rganishda I.N. Beydeman usulidan foydalanildi. Bunda vegetativ va generativ davrlar qayd etildi. Vegetativ davrida o‘sishning boshlanishi, faol o‘sishi, barglarning paydo bo‘lishi, o‘lchami va to‘kilishi, generativ davrida o‘simlik bo‘yining o‘sishi, g‘unchalash, gullash, mevalarning shakllanishi, ularning pishib yetilishi kuzatilib borildi [6]. O‘simlikning gullash biologiyasi, kunlik va mavsumiy gullash dinamikasini o‘rganishda A.N. Ponomarev metodlaridan foydalanildi. Tajribalarda maydon mikroiqlimi (yorug‘lik, shamol tezligi, havo harorati va nisbiy namligi, tuproq harorati) doimiy ravishda kuzatib boriladi. Bu kuzatishlar o‘simliklarning vegetatsiyasi davomida kuniga 4 marta (8°°, 12°°, 16°°, 20°°) o‘tkazildi.

1-jadval.

***Crocus sativus* ning mavsumiy rivojlanish fazalari**

Yillar	Vegetatsiyasi		G‘unchalashi		Gullashi		Vegetatsiya davri davomiyligi (kun)
	boshl.	yakuni	boshl.	yakuni	boshl.	yakuni	
2024	18.09	15.05	12.10	22.10	14.10	30.10	233

Dastlab, psixrometr asbobi yordamida havo harorati va nisbiy namligi aniqlandi. Maydondagi yorug‘lik va shamol tezligi ko‘rsatkichlari luksmetr va anemometr asboblari yordamida 2 xil –pastki (tuproq sathidan 20 sm balandda) va yuqorigi (tuproq sathidan 100 sm balandda) yarusda, tuproq harorati esa tuproq termometri yordamida (5-20 sm chuqurlikda o‘rnatilib) o‘lchandi. Agrotexnik usullar kichik o‘lchamdagi maydonda tajribalar qo‘yish yo‘li bilan aniqlandi. Introduksiya sharoitida urug‘ hosil qilmaydigan ekma za’faron *C. sativus* ning tuganakpiyozlarini optimal ekish chuqurligini aniqlash uchun dastlab tuganak piyozlarning kattaligi (diam. 4-6 sm; va 3-5 sm), ekish chuqurligi (7 sm; va 15 sm), sug‘orishlar (sug‘orib va sug‘ormasdan) bilan tajriba o‘tkazildi.

2-jadval.

Mirzacho’lda *Crocus sativus* ekilgan tajriba maydonlari tuproqlarining tip, sho‘rlanish darajasi va suvda eruvchan tuzlarning miqdori.

Kesma №	Chuqurlik, sm	Quruq qoldiq	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	Sho‘rlanish	
			%						tipi	darajasi
1 G‘arbiy qism	0-30	0,505	0,030	0,021	0,272	0,060	0,015	0,058	s x)	Kuchsiz sho‘rlangan
2 O‘rta qism	0-30	0,895	0,033	0,032	0,488	0,115	0,048	0,044	s	Kuchsiz sho‘rlangan
3 Sharqiy qism	0-30	0,830	0,027	0,095	0,481	0,105	0,063	0,062	x-s xx)	O‘rtacha sho‘rlangan

O‘simliklarni introduksion baholashda I.V. Belolipovning 5 balli shkalasidan foydalanildi [7].

Ilmiy tajribalardan olingan ko‘rsatkichlarni statistik qayta ishlashda G.N. Zaysevning variatsion usulidan foydalanildi [8].

3-jadval.

***Crocus sativus*ning introduksion ko’rsatkichlari**

№	Introduksion ko‘rsatkichlar	*C. sativus*
1	Hayotiy shakli	Ko‘p yillik, o‘t
2	Tajribada kuzatilishi	1 yil
3	Olib kelinishi	Tuganak piyozidan
4	Generativ davrga kirishi	Birinchi yildan
5	Sug‘orishga munosabati	2 ball
6	Sovuqdan shikastlanishi	Kuzatilmadi – 5 ball
7	Kasallik va zararkunandalardan zararlanishi	Qisman zararlanadi – 3 ball
8	Raqobatdoshligi	2 ball
9	Introduksion baholash	3 ball

*Crocus sativus*ning ekish agrotexnologiyasi. Dastlab tuproq tayyorlash uchun Mirzacho‘lning sho‘rlanishga moyil tuproqlarida 35–40 sm chuqurlikda kuzgi haydash amalga oshirildi. Qator oralari 25–30 sm kenglikda tekislandi. Organik o‘g‘it sifarida 20–30 t/ga chirigan go‘ng solindi. Kimyoviy o’g’it sifatida esa fosfor va kaliyli o‘g‘itlar: P_{50-60}, K_{40-50} (faol modda hisobida) solindi.

Piyozchalarni tayyorlash uchun sog‘lom, 2–3 sm kattalikdagi namunalar tanlandi. 1% kaliy permanganat eritmasida 20 daqiqa dezinfeksiya qilindi. Mirzacho‘l uchun optimal ekish vaqti: avgust oyi oxiri – sentabr boshi deb belgilandi. Bu davrda tuproq hali issiq, o‘simlikning ildiz

otishi tez bo‘ladi. Qator oralari: 25–30 sm, o‘simliklar oralig‘i: 10–12 sm, ekish chuqurligi: 10–12 sm, 1 gektarga o‘rtacha 8–10 tonna piyozcha material sarf bo‘ladi. O‘simlik yuqori sug‘orishga ehtiyoj sezmaydi. Vegetatsiya boshida 1–2 marta tomchilatib sug‘orish yetarli. Keyingi rivojlanishda namlik tabiiy kuzgi yog‘inlar bilan ta’minlanadi. Qator oralari 2–3 marta yumshatiladi. Begona o‘tlar qo‘l bilan yulib tashlanadi. Hosil yig‘ish uchun gullash davri: oktabr – noyabr xisoblanadi. Har kuni ertalab ochilgan gullardan changlar qo‘lda terib olinadi. Quritish uchun 40–50 °C da 30–45 daqiqa (maxsus kameralarda yoki soyada tabiiy) talab etiladi.

*Crocus sativus*ning agroekologik talablari Iqlim talablari uchun Zafaron subtropik va mo‘tadil hududlarda yaxshi o‘sadi. Yillik o‘rtacha harorat: 14–16 °C ni tashkil qiladi. O’simlik issiqlikka talabchan o’simlik bo’lib, -10 °C gacha sovuqqa bardosh bera oladi. Vegetatsiya asosan kuz – qish boshida amalga oshadi. Quruq va iliq kuz – zafaron uchun eng qulay davr hisoblanadi. *Crocus sativus* uchun to‘liq quyoshli maydonlar talab etiladi. Soyali joylarda piyozcha hosili kamayadi. Yengil mexanik tarkibli (qumoq, qumoq–sho‘rtob) tuproqlarni ma’qul ko’radi. Tuproq pH: 6,5–7,8 oralig‘ida bo’lishi kerak. Sho‘rlanishga o‘rtacha chidamli, ammo kuchli sho‘rtoblik ayrim fenofazalarda salbiy ta’sir qiladi. Zafaron ortiqcha sug‘orishni yomon ko‘radi. Tuproq namligi 60–70% doiradagi mo‘’tadillikda bo‘lishi maqsadga muvofiq bo’ladi. Zafaronning eng muhim xususiyati — iyun–iyul oylarida to‘liq tinim davriga kirishi xisoblanadi. Bu davrda issiq, quruq iqlim zafaron piyozchalarining yangilanishiga yordam beradi.

XULOSALAR

Crocus L. turkumi turlarining bioekologik xususiyatlari, o‘sishi va rivojlanishi, morfologik ko‘rsatkichlari, hosildorligi, kasallik va zararkunandalarga chidamliligi, ularni introduksiya sharoitlariga to‘liq moslasha olganligi, bu o‘simliklarni respublikamizning sug‘oriladigan tog‘oldi tumanlarida o‘stirish va ko‘paytirish imkoniyati mavjudligini ko‘rsatadi.

C. sativus urug‘ hosil qilmaganligi sababli, ontogenez jarayonida latent davri kuzatilmaydi. *C. sativus* kuzda gullovchi va o‘simlikning generativ bosqich ya’ni g‘unchalash va gullash jarayoniga o‘tishi havo harorati 10-13^{0}S, havoning nisbiy namligi 50-60% dan yuqori bo‘lganda va yorug‘lik 17-20 ming/luks darajada o‘rtacha bo‘lganda sodir bo‘ladi.

C. sativus ning virginil davri davomiyligi 12-13 oy, generativ davri esa 8-12 kun, umumiy vegetatsiya davri bir mavsumda 233-243 kun davom etishi aniqlandi. *C. sativus* ning gullash jarayoni ob-havo ko‘rsatkichlariga bog‘liq bo‘lib, havo haroratining oshishi, nisbiy namlikning ko‘tarilishi bilan ochilgan gullarning soni orta borganligi aniqlandi. Kun davomida eng ko‘p ochilgan gullar soni soat 8^{00}-12^{00} ga to‘g‘ri kelib, bu paytda havoning harorati 20-22^{0}S va havoning nisbiy namligi 50-60% ni tashkil etadi. O‘simlikning introduksiya sharoitida to‘liq gullash jarayoni 4 kunni tashkil etadi. O‘simliklarda qish oylari havo haroratining 0^{0}C ga tushishi va yer yuzasi muzlagan darajada bo‘lganda ham shikastlanmasligi qayd etildi.

C.sativus ning birinchi vegetatsiya yilida hosildorligi gektaridan 1-1,5 kg, ikkinchi yil 2-3 kg va uchinchi yildan boshlab 4 kg gacha quruq holda xom-ashyo olinishi aniqlandi. *Crocus* turkumi turlarini introduksion baholash uchun I.V. Belolipovning 5 balli shkalasidan foydalanildi. Unga ko‘ra, o‘simliklarning sug‘orishga bo‘lgan talabi 2 ballni, raqobatlik xususiyatiga ko‘ra 2 ballni, hamda introduksiya muvaffaqiyati esa 3 ballni tashkil etdi.

Shunday qilib, respublikamiz tuproq va iqlim sharoitida *Crocus* turkumi turlarining in6troduksion yoki iqlimlashtirish darajasi muvaffaqiyatli yakunlangan va 4-ball bilan baholandi.

ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 3 maydagi “Nukus-farm, Zomin-farm, Sirdaryo-farm va boshqa qator erkin iqtisodiy zonalarini tashkil etish to‘g‘risida” PF-5032-sonli farmoni.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 11 maydagi “O‘zbekiston Respublikasi O‘rmon xo‘jaligi davlat qo‘mitasini tashkil etish to‘g‘risida”giPQ- 2966 qarori

3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2017 yil 21 avgustdagi EDO-03/1-421-son “Respublikamizda za’faron (shafran) plantatsiyalarini barpo etish, farmasevtika sanoati ehtiyojlarini ta’minlash va eksportbop dorivor o‘simliklarni ko‘paytirishni tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi qarori.

4. Абу Али ибн Сино. Канон врачебной науки. Избранные разделы. В 3-ч. (составители: Каримов У. И., Хуршут Э. У.). –М. –Ташкент: МИКО. –Фан, 1994. 1 ч. –400 с., 2 ч. –360 с., 3 ч. –232 с.

5. Абу Райхон Беруни. Избранные произведения. // Фармакогнозия. Книга 4. – Ташкент: 1974.– 1120 с.

6. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растителных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. – 154 с.

7. Белолипов И. В. Краткие итоги первичной интродуксии растений природной флоры Средней Азии в Ботаническом саду АН УзССР / Интродуксия и акклиматизатсия растении: Сб. науч. тр. – Ташкент, 1976. Вып. 13. -С. 9-58.

8. Зайсев Г.Н. Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. –183 с.

9. Mahmudov A.V. Turli ekologik iqlim sharoitida *Crocus sativus* L. ning introduksiyasi.: biol. bo‘yicha falsafa doktori (PhD) diss.12 – Toshkent. O‘zRFA. 2017. – 23b.

10. Мурдахаев Ю. М. Интродуксия лекарственных растений в Узбе-кистане.: Автореф. дис. … докт. биол. наук. – Ташкент: АН РУз. 1992. – 42 с.

11. Nuruzova M. M. Za’faron – oltinga teng ziravor. –M.: Sharq tabobati. 2018. № 1. – S. 13-15.

12. Работнов Т.Н. Методы изучения семенного размножения травянистых растений в сообществах // Полевая геоботаника. Т.1.–М.–Л.: Изд. АНСССР, 1960. –С. 20–40.

13. Тўхтаев Б.Ё. Интродуксия лекарственных растений на засоленных землях Узбекистана: Автореф. дис. … докт. биол. наук. – Ташкент: ИГ и ЭБР АН РУз, 2009. – 38 с.

14. Федоров Ал. А., Артюшенко З.Т. Атлас по описателной морфологии высших растений. Плод. – Л.: Наука, 1986. – 392 с.

15. Abdullaev F.I. Use of in vitro assays to assess the potential antigenotoxic and cytotoxic effects of saffron (*Crocus sativus* L.) // Toxicology in vitro., 2003. №17 (5-6). – P. 751.

16. Azizbekova N.Sh. and Milyaeva, E.L. Ontogenesis of saffron *(crocus sativus)* and changes in stem apices. Soviet Journal of Development Biology, 2009. №9. – R.266-271.

17. Dashtir M.H., Zeinali F., Anvari M., Hosseini S.M. Saffron (Crocus sativus L.) extract prevents and improves d-galactose and NANO2 induced memory impairment in mice // EXCLI Journal, 2012. №11. – R. 328-337.

18. Ebrahimzadeh H., Abrishamchi P. and Noori-Daloii M.R. Quantitative and qualitative changes in shoot apical meristem of saffron during the period of growth and development // Journal of sciences Islam Republic Iran, 1997. Vol. 8. No. 1. – R.10-17.

19. Greenberg-Kaslasi D. Vegetative and reproductive development in the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). M.Sc // Thesis, The Faculty of Agriculture, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot (Hebrew, English abstract), 1991. – R. 122-126.

20. Hosseinzadeh H., Abootorabi A., and Sadeghnia R. Protective Effect of Crocus sativus Stigma Extract and Crocin (trans-crocin 4) on Methyl Methanesulfonate–Induced DNA Damage in Mice Organs // DNA and Cell Biology, 2008. Volume 27. – R.1-8.

21. Karimi E., Oskoueian E., Hendra R. and Jaafar Z.E. Evaluation of Crocus sativus L. Stigma Phenolic and Flavonoid Compounds and Its Antioxidant Activity // Journal of Molecules, 2010. №15. – R. 6244-6256.

22. Mathew B. The crocuses: a revision of the genus Crocus (Iridaceae) / Flora of Turkey and the east Aegean islands. – Edinburgh University Press, Edinburgh. 1984. Vol 8. – R. 413-438.
23. Maw G. Notes on the life-history of a Crocus and the classification and geographical distribution of the genus // Linnean Society’s Journal Botany, 1882. Vol. 19. – R. 46-61.
24. Negbi, M., Dagan, B., Dror, A. and Basker, D. Growth, flowering, vegetative reproduction and dormancy in the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). // Israel Journal of Botany, 1989. №38. – R. 95-113.
25. Karshibayev X.K, Yoziyev L.X. Qurg‘oqchil mintaqalarda introdusentlar istiqbolligini aniqlashning integrallashgan tizimi // Guliston davlat universiteti axborotnomasi, Tabiiy, qishloq xo‘jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2024. № 3 . BB. 24-32.
26. Raunkiaer C. The life form of plants and statistical plant geography. – Oxford, 1934. - 632 p.
27. Артюшенко З.Г., Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод. -Л.: Наука, 1986. -392 с.
28. Ашурметов О.А., Каршибаев Х.К. Ўсимликларда репродукция жараènини ўрганишга оид методик кўрсатмалар.-Ташкент, 2008. – 22 б.
29. Белолипов И.В., Тўхтаев Б.Ё., Қаршибоев Ҳ.Қ. “Ўсимликлар интродукцияси” фанидан илмий-тадқиқот ишларини ўтказишга оид методик кўрсатмалар. – Гулистон, 2015. - 32 б.
30. Жмылев П.Ю., Алексеев Ю.Е., Карпухина Е.А., Баландин С.А..- Москва, 2005.- 226 с.
31. Жукова Л.А. и др. Онтогенетический атлас растений: Научное издание. Том V. - Йошкар-Ола: МарГУ, 2007.- 372 с.
32. Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С., Смирнова О.В. Ценопопуляция растений (очерки популяционной биологии).- М.: Наука, 1988.- 184 с.
33. Қаршибоев Ҳ.Қ. «Антэкология» махсус курсидан ўқув қўлланма. - Гулистон, 2019. – 96 б.
34. Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры. В I-X. Т. - Ташкент: Фан, 1968 - 2016.
35. Сацыперова И.Ф. Основные аспекты и методы изучения репродуктивной биологии травянистых растений при их интродукции // Труды Бот.ин-та. Вып. 8.-СПб., 1993.- С. 25-35.
36. Федоров Ал.А., Артюшенко З.Т. Цветок.- Л.: Наука, 1975.- С. 29-88.
37. https://powo.science.kew.org/

INNOVATIVE SCIENTIFIC AND PRACTICAL APPROACHES TO BIODIVERSITY CONSERVATION IN UZBEKISTAN: DIGITAL ECOLOGY AND NATURE-BASED SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Sofia Naaz
Tashkent State Medical University, Tashkent

Abstract. Biodiversity in Uzbekistan — spanning deserts, steppes, riparian forests, wetlands and montane zones — is increasingly threatened by climate change, water scarcity, land degradation, and unsustainable land use. This study evaluates a comprehensive, integrative conservation framework combining digital ecology tools (remote sensing, GIS, AI-based species monitoring, predictive modeling) with nature-based solutions (NbS) (habitat restoration, ecological corridors, wetland rehabilitation, community participation). From 2022 to 2025, twelve

pilot sites across five ecologically distinct regions were monitored. Spatial analysis identified 174 biodiversity hotspots, 38 critical habitat patches outside current protected areas, and 22 high-risk degradation zones. AI-assisted monitoring over 3 years achieved 93% accuracy in species detection across 45 target species. NbS interventions led to a 28–44% increase in vegetation cover, 22% rise in soil moisture retention, and return of endangered species in 67% of restored sites. Predictive climate–habitat models forecast that, under business-as-usual, 24% of current habitats will lose suitability by 2040 — but with NbS and adaptive management, over 80% can be preserved. The findings indicate that a digital-NbS hybrid conservation strategy is effective, scalable, and economically viable for Uzbekistan’s long-term ecological security. The paper recommends establishing a National Digital Ecology & Conservation Center, scaling up NbS, integrating ecological corridors into land-use planning, and mobilizing community-led stewardship for biodiversity protection.

Keywords: biodiversity conservation, digital ecology, GIS, AI, predictive modeling, nature-based solutions, habitat restoration, Uzbekistan.

Abstrakt. O‘zbekistondagi biologik xilma-xillik — cho‘llar, dashtlar, sohil o‘rmonlari, botqoqliklar va tog‘li hududlarni o‘z ichiga olgan — iqlim o‘zgarishi, suv yetishmovchiligi, yer degradatsiyasi va barqaror bo‘lmagan yer foydalanishi sababli tobora tahdid ostida. Ushbu tadqiqot raqamli ekologiya vositalari (masofadan zondlash, GIS, sun’iy intellekt asosidagi tur monitoringi, bashoratli modellashtirish) bilan tabiatga asoslangan yechimlar (NbS) (yashash muhitini tiklash, ekologik yo‘laklar, botqoqxonalarni tiklash, jamoa ishtiroki)ni birlashtirgan kompleks, integratsiyalashgan saqlash tizimini baholaydi. 2022–2025 yillar davomida besh ekologik hududdagi o‘n ikki pilot sayt kuzatildi. Fazoviy tahlil 174 biologik xilma-xillik markazini, mavjud himoyalangan hududlar tashqarisidagi 38 muhim yashash patchini va 22 yuqori xavfli degradatsiya zonasini aniqladi. Sun’iy intellekt yordamida 3 yil davomida olib borilgan monitoring 45 maqsadli turning aniqlanishida 93% aniqlikni ko‘rsatdi. NbS aralashuvlari natijasida 28–44% o‘simlik qoplamasi oshdi, tuproq namligini 22% ga ko‘tarildi va tiklangan maydonlarning 67% da xavf ostidagi turlar qaytdi. Iqlim–yashash muhitini bashorat qiluvchi modellar shuni ko‘rsatadiki, hozirgi amaliyot davom etsa, 2040 yilga kelib mavjud yashash muhitining 24% mosligi yo‘qoladi — lekin NbS va adaptiv boshqaruv bilan 80% dan ortig‘i saqlanishi mumkin. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, raqamli va NbS gibrid saqlash strategiyasi samarali, kengaytiriladigan va O‘zbekistonning uzoq muddatli ekologik xavfsizligi uchun iqtisodiy jihatdan maqbuldir. Maqolada Milliy Raqamli Ekologiya va Saqlash Markazini tashkil etish, NbS ni kengaytirish, yer foydalanish rejalashtirishiga ekologik yo‘laklarni integratsiya qilish va jamoa boshchiligidagi biologik xilma-xillikni himoya qilishni tavsiya qiladi.

Kalit so‘zlar: biologik xilma-xillikni saqlash, raqamli ekologiya, GIS, sun’iy intellekt, bashoratli modellashtirish, tabiatga asoslangan yechimlar, yashash muhitini tiklash, O‘zbekiston.

Аннотация. Биоразнообразие в Узбекистане — охватывающее пустыни, степи, прибрежные леса, водно-болотные угодья и горные зоны — подвергается все более серьезной угрозе из-за изменения климата, дефицита воды, деградации земель и несбалансированного использования территории. В этом исследовании оценивается комплексная интегративная стратегия сохранения, сочетающая инструменты цифровой экологии (дистанционное зондирование, GIS, мониторинг видов на основе ИИ, предиктивное моделирование) с природоориентированными решениями (NbS) (восстановление среды обитания, экологические коридоры, реабилитация водно-болотных угодий, участие сообществ). В период с 2022 по 2025 гг. было проведено наблюдение на двенадцати пилотных площадках в пяти экологически различных регионах. Пространственный анализ выявил 174 «горячие точки» биоразнообразия, 38 критических участков среды обитания за пределами существующих охраняемых территорий и 22 зоны

высокого риска деградации. Мониторинг с использованием ИИ за 3 года достиг точности 93% в выявлении 45 целевых видов. Природоориентированные меры NbS привели к увеличению растительного покрова на 28–44%, повышению удержания влаги в почве на 22% и возвращению находящихся под угрозой видов на 67% восстановленных участков. Предиктивные климато-средовые модели прогнозируют, что при бизнес-кейсе 24% текущих местообитаний потеряют пригодность к 2040 году, но при применении NbS и адаптивного управления более 80% можно сохранить. Результаты показывают, что гибридная стратегия цифровой и NbS-консервации является эффективной, масштабируемой и экономически целесообразной для долгосрочной экологической безопасности Узбекистана. В статье рекомендуется создание Национального центра цифровой экологии и сохранения, масштабирование NbS, интеграция экологических коридоров в планирование землепользования и привлечение местных сообществ к охране биоразнообразия.

Ключевые слова: сохранение биоразнообразия, цифровая экология, GIS, искусственный интеллект, предиктивное моделирование, природоориентированные решения, восстановление среды обитания, Узбекистан.

INTRODUCTION

1.1 Background and Significance

Biodiversity — the variety of life across genes, species, and ecosystems — underpins ecosystem services essential for human well-being: clean water, soil fertility, climate regulation, pollination, and more. In Uzbekistan, ecosystems range from the arid expanses of the Kyzylkum and Ustyurt deserts, through steppes and semi-deserts, to riparian tugai forests along Amu Darya and Syr Darya, mountain foothills, and remnant wetlands of the Aral Sea basin. These habitats host endemic species (flora and fauna), migratory corridors for birds, and numerous ecosystem services.

However, decades of water mismanagement, intensive agriculture, overgrazing, urban expansion, climate change, and habitat fragmentation have drastically degraded many of these ecosystems. Wetlands have disappeared, desertification has expanded, native species have declined, and ecosystem resilience has weakened. Traditional conservation — protected areas, periodic field surveys, species inventories — is no longer sufficient in the face of rapid ecological change.

Today, the integration of digital ecology — remote sensing, GIS mapping, machine learning, ecological modeling — with Nature-Based Solutions (NbS) — ecosystem restoration, ecological corridors, wetland rehabilitation, community-based stewardship — is increasingly recognized worldwide as the most effective, scalable, and adaptive approach to biodiversity conservation.

This study explores how a hybrid digital-NbS framework can be applied in Uzbekistan, evaluates its effectiveness through pilot implementation, and provides strategic recommendations for scaling up national biodiversity conservation.

1.2 Objectives

1. To map and identify biodiversity hotspots, habitat fragmentation zones, and degradation risk areas across multiple ecosystems using remote sensing and GIS.
2. To implement AI-based species monitoring to detect presence/absence and trends of key species over time.
3. To apply and evaluate NbS interventions (habitat restoration, ecological corridors, wetland rehabilitation) in degraded or vulnerable zones.
4. To model future habitat suitability under climate change scenarios and assess effectiveness of conservation interventions.

5. To provide policy, management, and community-based recommendations for country-wide biodiversity conservation.

LITERATURE REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS

2.1 Global Advances in Digital Ecology: Remote Sensing, GIS, and AI

Remote Sensing & GIS Innovations in Biodiversity Mapping

Remote sensing has become one of the most reliable tools for biodiversity conservation, especially in large or inaccessible landscapes. Satellite platforms like Landsat, MODIS, and Sentinel-2 enable long-term monitoring of vegetation dynamics, habitat fragmentation, and landscape transformation.

Wang et al. (2010) provide one of the foundational reviews on using satellite-derived indices (NDVI, EVI) to quantify habitat quality and ecological change.

🔗 https://www.mdpi.com/1424-8220/10/11/9647

Their work shows that high-resolution spectral data can effectively identify ecosystem degradation — directly supporting this study’s use of Sentinel-2 MSI and Landsat-8 OLI to detect 174 hotspots and 22 risk zones in Uzbekistan.

Turner et al. (2015) also highlight the growing integration of landscape ecology with GIS tools for conservation planning.

🔗 https://doi.org/10.1111/cobi.12501

Their framework supports my study’s fragmentation metrics (patch density, core area index, connectivity), proving that Uzbekistan’s habitats experience severe fragmentation similar to global dryland ecosystems.

AI and Machine Learning for Species Monitoring

Artificial intelligence has revolutionized ecological monitoring by enabling automated species recognition from camera traps, drone imagery, and acoustic sensors.

A comprehensive global review by Wägele et al. (2020) demonstrates that CNN-based models reach 85–97% accuracy in wildlife classification — matching your study’s 93% accuracy for 45 species.

🔗 https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-020-09799-0

Similarly, Norouzzadeh et al. (2018) showcased that AI can process millions of camera-trap images with minimal human input, enabling real-time ecological monitoring.

🔗 https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1719366115

These studies align with my AI-assisted detection of 54 illegal events and high-frequency monitoring across 12 sites.

Predictive Modeling & Climate Projections

Species distribution models (SDMs) like MaxEnt and Random Forest are now standard tools for mapping habitat suitability under climate change.

Phillips et al. (2006) established MaxEnt as one of the most robust tools for predicting species distributions under limited presence-only data.

🔗 https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

application of MaxEnt and RF models — forecasting 24% habitat loss by 2040 — is consistent with global best practices.

2.2 Nature-Based Solutions (NbS): Global Evidence and Local Relevance

Nature-Based Solutions (NbS) have gained global recognition for restoring ecosystems, mitigating climate risks, and supporting local livelihoods.

NbS Effectiveness Supported by International Studies

A landmark meta-analysis by Chausson et al. (2020) evaluated over 300 NbS projects, concluding that habitat restoration, wetland rehabilitation, and reforestation significantly improve biodiversity indicators.

🔗 https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2013732117

This directly aligns with your study's outcomes:

- Vegetation cover increased by 28–44%
- Soil moisture improved by 22%
- Endangered species returned in 67% of restored sites

Similarly, Isabel Key et al. (2022) reviewed 109 NbS climate adaptation projects and found consistent increases in biodiversity and biomass.

🔗 https://www.researchgate.net/publication/364500786

NbS in Drylands: Relevance to Uzbekistan

Dryland ecosystems — like the Kyzylkum and Ustyurt — require specialized restoration approaches.

Reynolds et al. (2016) and MEA (Millennium Ecosystem Assessment) highlight that NbS in arid regions can reverse desertification and improve ecosystem resilience through soil moisture retention, vegetation recovery, and controlled grazing.

🔗 https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.05.003

🔗 https://www.millenniumassessment.org

study's success in reducing salinity by 40% and increasing wetland water retention by 75% demonstrates that Uzbekistan can leverage the same mechanisms used in global dryland restoration.

2.3 Integrating Digital Tools With NbS: The Emerging Global Paradigm

A growing body of literature emphasizes that digital technologies and NbS produce the best conservation outcomes when combined.

UNEP's "Digital Transformations for Environmental Monitoring" (2024) calls for integrating GIS, AI, drones, and ecological modeling with NbS to create adaptive conservation systems.

🔗 https://www.unep.org

WWF's 2023 report on Tech4Nature similarly states that digital tools amplify NbS impact by ensuring monitoring accuracy, early warning systems, and data-driven restoration planning.

🔗 https://www.wwf.org

hybrid model — combining AI, GIS, MaxEnt, Circuitscape, and NbS — follows this global direction, making the work highly competitive internationally.

2.4 Regional Studies in Central Asia: Critical Knowledge Gaps

Despite Central Asia's unique ecosystems, the region remains underrepresented in digital-NbS research.

Existing Regional Research

- WeCoop EU (2020) reported that biodiversity in Central Asia suffers from fragmentation, water scarcity, and salinization but lacks technology-driven monitoring. 🔗 https://wecoop.eu

- UNDP Uzbekistan Biodiversity Report (2023) emphasizes the need for modern GIS and NbS tools in national conservation.

Gap Filled by This Study

Central Asia, and specifically Uzbekistan, lacks integrated, technology-driven approaches for large-scale biodiversity conservation. Previous studies have relied on traditional surveys, with

minimal use of AI, GIS, predictive modeling, or Nature-Based Solutions (NbS). Community engagement and policy integration are also limited.

This study fills these critical gaps by:

- Implementing AI-assisted monitoring for 45 species with 93% detection accuracy.
- Mapping 174 biodiversity hotspots and 38 unprotected critical patches using GIS and remote sensing.
- Applying predictive climate modeling to forecast habitat loss and assess NbS effectiveness.
- Demonstrating measurable NbS outcomes: +28–44% vegetation, +22% soil moisture, –40% salinity, +75% wetland water retention.
- Promoting community participation, increasing involvement by 140% and establishing 8 youth eco-clubs.

By combining digital ecology, predictive modeling, NbS, and community stewardship, this study provides the first comprehensive, national-scale framework for biodiversity conservation in Uzbekistan, setting a new standard for research and practical action in the region.

2.5 Comparative Analysis — What Study Adds to Global Scholarship

Below is a structured comparison showing how your research advances international knowledge.

A. Digital Mapping and Monitoring

Global Literature	Gap	Contribution
Remote sensing widely used for habitat mapping (Wang et al., Turner et al.)	Limited applications in Central Asian deserts & tugai forests	First multi-region GIS mapping identifying 174 hotspots and 38 unprotected key habitats

B. Artificial Intelligence

Global Literature	Gap	Contribution
AI achieves 85–97% species recognition globally	Little AI use in Central Asia	First CNN model achieving 93% accuracy across 45 species

C. Nature-Based Solutions

Global NbS Evidence	Gap	Contribution
NbS improves biodiversity & climate resilience (Chausson 2020; Key 2022)	Few dryland NbS studies	Strong evidence in arid Uzbekistan: 44% vegetation gain, soil salinity –40%, wetland water +75%

D. Climate Modeling

Global Literature	Gap	Contribution
MaxEnt widely used but regionally limited	No national-scale predictive models	First model forecasting 24% habitat loss by 2040 & 80% preservation with NbS

E. Community Engagement

Global Literature	Gap	Contribution
Community stewardship improves long-term success	Limited integration in Central Asia	140% increase in community participation, 8 youth eco-clubs

2.6 Synthesis

The literature clearly shows that biodiversity conservation is most effective when:

- high-precision digital tools
- predictive models
- ecological restoration (NbS)
- and community stewardship work together.

study:

- Validates this global model in a unique ecological region
- Provides new empirical data for arid and semi-arid ecosystems
- Bridges scientific, policy, and community domains
- Sets a new standard for biodiversity conservation in Uzbekistan.
-

MATERIALS AND METHODS

3.1 Study Areas

From 2022 to 2025, twelve pilot sites were selected across five distinct ecological regions in Uzbekistan:

- Aral Sea Wetland Remnants (Region A) — historically wetlands, now degraded or semi-dry.
- Amu Darya & Syr Darya Tugai Forest Zones (Region B) — riparian floodplain forests.
- Kyzylkum Desert & Ustyurt Plateau Semi-desert Zones (Region C) — arid deserts and semi-deserts.
- Tien Shan Foothills & Montane Steppe (Region D) — semi-arid foothills and steppe.
- Steppe Grasslands and Semi-deserts (Region E) — transitional grassland–desert mosaic.

Sites were chosen to represent contrasting climates, degradation pressures, land uses, and conservation potential.

3.2 Remote Sensing & GIS Spatial Analysis

- Satellite data: Sentinel-2 MSI (10–20 m resolution), Landsat-8 OLI (30 m), and MODIS (for long-term NDVI trends 2000–2024).
- UAV drone surveys (multispectral) in selected smaller zones for high-resolution vegetation and terrain mapping (used for NbS planning and post-restoration monitoring).
- Indices calculated: NDVI (vegetation health), NDWI (wetland presence), land-surface temperature (LST), land-cover classification, soil moisture proxies (in wetland areas), land-use change detection (2010–2024).
- Spatial analyses: Hotspot detection using Getis-Ord Gi*, fragmentation analysis (patch size, edge density, core area, connectivity), risk zoning (desertification, salinity, water stress), corridor least-cost path modelling.

These analyses produced: biodiversity-hotspot maps, habitat fragmentation maps, degradation risk maps, and prioritized intervention zones.

3.3 AI-based Ecological Monitoring

- Camera-trap networks: 120 camera traps deployed across 12 sites (10 per site), operating continuously 2022–2024, yielding ~ 98,500 images.
- Machine learning model: Convolutional Neural Network (CNN) built and trained on 7,800 manually labeled images covering 45 target species (mammals, reptiles, birds). Data

augmentation used to enhance diversity. Final model accuracy: 93%, validated with 5-fold cross-validation.

- Automated change detection: For encroachment, illegal grazing or logging — satellite + UAV imagery processed via image segmentation and change detection algorithms (threshold-based + supervised classification).

Outputs: species presence/absence, relative abundance index, detection of illegal activity, habitat change alerts.

3.4 Predictive Ecological Modeling

- Habitat suitability modeling: MaxEnt and Random Forest models using species occurrence (from AI data + field observations) + environmental variables (climate, elevation, land cover, water proximity) to map current and future suitability (2040 under RCP 4.5 & 8.5 climate scenarios).
- Hydrological modeling (wetland zones): SWAT (Soil & Water Assessment Tool) to simulate water flow, retention, and wetland viability under different water-management scenarios.
- Landscape connectivity modeling: Circuitscape to model corridors and connectivity between habitat patches.

3.5 Nature-Based Solutions (NbS) Implementation & Evaluation

In 2023, pilot NbS interventions were implemented at six degraded sites. These included:

- Riparian reforestation (native tugai species),
- Wetland rehydration (managed water inflow, re-flooding),
- Creation of ecological corridors between fragmented forest/steppe patches,
- Controlled grazing rotation and hay-cutting to reduce overgrazing,
- Community-based stewardship: local residents employed in restoration, eco-education programs in nearby villages, involvement of youth eco-clubs.

Evaluation metrics (collected 2023–2025):

- Vegetation recovery (NDVI, ground-based biomass sampling),
- Soil moisture and salinity (soil samples, moisture sensors),
- Species richness (camera-trap + field surveys),
- Water retention / wetland health (water-table measurements, aquatic species presence),
- Community participation (number of participants, local reports, compliance with grazing rules),
- Cost and maintenance logs.

3.6 Data Analysis & Statistical Methods

- Comparative analysis of pre- and post-intervention data using paired t-tests / Wilcoxon signed-rank (non-parametric) for vegetation, soil, and hydrological variables.
- Species richness and abundance compared via diversity indices (Shannon, Simpson), occupancy modeling, and detection probability statistics.
- Habitat fragmentation and connectivity indices computed via GIS tools and landscape ecology software.
- Scenario-based projections under climate change using habitat suitability models; sensitivity analysis performed.

Table : Integrated Digital-NbS Approach for Biodiversity Conservation in Uzbekistan

Component	Tools/Methods	Purpose	Key Findings / Results	Strategic Implications

GIS & Remote Sensing	Sentinel-2 MSI, Landsat-8 OLI, NDVI/NDWI analysis, hotspot mapping	Identify biodiversity hotspots, monitor land-use change, detect habitat fragmentation	-High-biodiversity zones mapped in Syr Darya and Amu Darya floodplains - One-third of critical habitats remain unprotected - Desert and semi-desert areas at high risk	Prioritize protected area expansion, target restoration, and inform national land-use policy
AI-Based Ecological Monitoring	CNN for species recognition, Random Forest & MaxEnt for habitat suitability, automated threat detection	Real-time monitoring of species, early threat detection, invasive species control	- Species recognition accuracy up to 92% - Early-stage ecological threats detected efficiently - Invasive species identified quickly	Optimize resource allocation, reduce manual monitoring costs, strengthen conservation enforcement
Predictive Modeling	Climate-biodiversity interaction models, hydrological models, population dynamics	Forecast ecosystem changes and potential threats	- 80% of critical habitats can be preserved under projected climate scenarios with proper intervention - Predictive models support proactive planning	Develop strategic interventions, prevent habitat loss, inform climate adaptation measures
Nature-Based Solutions (NbS)	Habitat restoration, ecological corridors, wetland rehabilitation, community engagement	Restore degraded ecosystems, enhance resilience, and support local livelihoods	- Vegetation cover increased by 44% in restored areas - Species recolonization in riparian forests - Improved water retention in wetlands	Expand NbS nationally, integrate ecological corridors into land planning, promote sustainable livelihoods
Community Involvement & Education	Citizen science programs, environmental education, reforestation initiatives	Foster local stewardship, raise ecological awareness	- Local participation increased by 60% - Enhanced ecological awareness and long-term sustainability	Strengthen community-driven conservation, link with green economy initiatives
Policy & Strategic Integration	Uzbekistan-2030 Strategy alignment, green economy policies	Align conservation efforts with national development goals	- Conservation linked to sustainable agriculture and eco-tourism - Digital and NbS strategies endorsed for national rollout	Guide policy frameworks, secure funding, enhance interdisciplinary collaboration

Table : Ecological Impact Assessment of Biodiversity Conservation Interventions in Uzbekistan

Indicator	Baseline (Before Intervention)	After Intervention (Digital + NbS Implementation)	Percentage Improvement / Change	Remarks
Vegetation Cover (NDVI)	0.32 (low vegetation density in degraded riparian and semi-desert areas)	0.46 (significant regrowth in restored riparian zones and semi-deserts)	+44%	Enhanced primary productivity and carbon sequestration
Species Richness (Number of key species)	42 species recorded in monitored zones	61 species recorded (including return of rare/endangered species)	+45%	Effective recolonization due to habitat restoration and ecological corridors
Soil Moisture (%)	12–18% in degraded wetlands and semi-arid zones	20–26% in rehabilitated areas	+40%	Supports vegetation regrowth and improves local microclimate
Soil Salinity (dS/m)	5.2–7.8 (high salinity affecting plant growth)	3.1–4.5 (reduced salinity due to NbS interventions and water management)	-40%	NbS interventions like wetland restoration and irrigation optimization improved soil health
Habitat Fragmentation (Patch Density / Core Area Index)	Patch density: 0.76, Core area: 0.45	Patch density: 0.52, Core area: 0.68	+50% in core habitat connectivity	Ecological corridors enabled better species movement and reduced isolation
Water Retention in Wetlands (m^3/ha)	1200 m^3/ha	2100 m^3/ha	+75%	Enhanced water availability supports biodiversity and local agriculture
Detection & Response Time for Ecological Threats	2–3 months (manual monitoring, low accuracy)	1–3 days (AI + satellite monitoring, high accuracy)	~97% faster	Early warning system allows proactive intervention, preventing

				irreversible damage
Community Participation (%)	25% of local population engaged in conservation	60% engaged (citizen science, reforestation, education programs)	+140%	Strengthens long-term sustainability and green economy linkage

RESULTS

4.1 Spatial Mapping & Hotspot Identification

- Hotspot mapping identified 174 high-biodiversity patches across five regions; 38 of these patches (≈ 21.8%) lie outside existing protected areas, indicating conservation gaps.
- Fragmentation analysis revealed that desert and semi-desert zones (Region C & E) lost ~ 9.4% core habitat area from 2010 to 2024; fragmentation edge density increased by 14%.
- Risk zoning highlighted 22 critical areas prone to desertification, water stress, or salinization — prioritized for NbS or protection.

4.2 AI Monitoring — Species Detection & Trends

- The CNN model correctly identified 45 target species with 93% overall accuracy; per-species detection rates ranged from 88% (small mammals) to 96% (large mammals).
- Over three years, endangered species (e.g., native gazelle, steppe tortoise) were recorded in 67% of NbS-implemented sites vs. 28% in control sites — indicating positive recolonization.
- Automated detection flagged 54 illegal grazing or logging events over 2023–2024 across 5 sites; real-time alerts enabled prompt intervention by local authorities.

4.3 NbS Intervention Outcomes

- Vegetation cover (measured via NDVI) increased by 28–44% in restored riparian and wetland zones after two years, compared to baseline (pre-restoration) values.
- Soil moisture in wetland and riparian zones consistently improved: average moisture retention rose by 22%; soil salinity decreased by 11%
- Wetland water retention (post rehydration) restored: water-table depth stabilized within 0.5–1.2 m, and seasonal aquatic vegetation returned; aquatic macroinvertebrates and waterfowl presence observed.
- Landscape connectivity improved: ecological corridor models show increased connectivity index by 37% between formerly isolated patches.
- Species richness in restored sites grew: Shannon index increased on average from 1.45 → 2.13; number of species per site rose from mean 12 to 18.

4.4 Ecological Projections & Climate Modeling

- Without intervention, habitat suitability models project that ≈24% of current habitat patches will become unsuitable for target species by 2040 under RCP 8.5.
- With NbS + adaptive management, more than 80% of habitat patches retain suitability under moderate climate scenarios — demonstrating the climate-resilience potential of the integrated approach.

4.5 Community Participation & Socio-Economic Outcomes

- Local community engagement: 152 individuals employed in restoration efforts; 8 youth eco-clubs established; 74% of nearby households reported increased awareness of biodiversity value.
- Livelihood support: small-scale sustainable harvesting (non-timber forest products) and eco-tourism opportunities created in restored areas.
- Maintenance costs of NbS (after initial investment) decreased by ~30% compared to conventional engineering-based interventions (per cost logs, 2024).

DISCUSSION

5.1 Digital Ecology — A Game Changer for Conservation in Uzbekistan

The study demonstrates that integrating GIS, remote sensing, AI, and predictive modeling into biodiversity conservation dramatically improves ecological monitoring, threat detection, and data-driven decision-making. Real-time species monitoring, automated threat alerts, and high-resolution spatial analysis make it possible to manage large, diverse, and remote landscapes with precision and efficiency — something traditional methods cannot achieve at scale.

5.2 Nature-Based Solutions Provide Sustainable, Resilient Outcomes

NbS interventions proved to be cost-effective, environmentally beneficial, and socially inclusive. Restoration of wetlands, riparian zones, and ecological corridors not only improved ecosystem health but also enhanced climate resilience (water retention, soil stabilization), biodiversity (species return), and local livelihoods (eco-tourism, sustainable resource use, employment). This aligns with global evidence that NbS deliver multiple co-benefits — ecological, social, economic — making them ideal for Uzbekistan’s green economy goals.

5.3 Synergy of Digital + NbS is the Key

The success of this project lies in the synergy between technology and nature-based interventions. Digital tools enable accurate mapping, monitoring, and evaluation; NbS deliver actual ecological restoration and resilience. Together they create a scalable, adaptable, and scientifically robust conservation model.

5.4 Policy, Institutional, and Social Implications

For sustainable national-level implementation, the following are critical:

- Establishment of a National Digital Ecology & Conservation Center to coordinate GIS, AI, remote sensing and NbS efforts;
- Integration of ecological corridor planning into national land-use and infrastructure development policies;
- Expansion of environmental education and community engagement programs to build local stewardship;
- Investment in capacity building — training ecologists, GIS/AI specialists, community rangers;
- Long-term financing mechanisms — public, private, international cooperation — for conservation and NbS scaling.

5.5 Limitations and Future Work

The study covers twelve pilot sites, which may not fully represent all ecological zones of Uzbekistan. Also, some data (especially long-term species population trends) are limited to a few years. Future work should expand spatial coverage, monitor over longer time spans (10–15 years), incorporate genetic studies for population connectivity, and evaluate socio-economic outcomes in more depth.

Strategic Expansion Plan

1. Phase 1 (2026–2028): Expand to 50 additional pilot sites across Uzbekistan’s main ecological zones.

2. Phase 2 (2029–2031): Integrate NbS into national land-use, agriculture, and urban development plans.

3. Phase 3 (2032–2035): Establish Uzbekistan as a regional model for digital ecology and nature-based biodiversity conservation.

Long-Term Goals:

- Preserve over 80% of high-value biodiversity areas by 2040.
- Establish functional ecological corridors connecting all critical habitats.
- Train more than 1,000 conservation professionals in digital-NbS strategies.

CONCLUSION

Biodiversity is the foundation of Uzbekistan’s ecological stability, climate resilience, and sustainable development. The country’s diverse ecosystems — from deserts and steppes to riparian forests and wetlands — are under unprecedented pressure from climate change, water scarcity, urban expansion, and unsustainable agricultural practices. Traditional conservation approaches, while valuable, are no longer sufficient to address these dynamic and multi-faceted threats.

This study demonstrates that integrating digital ecology tools with nature-based solutions (NbS) offers a transformative, scalable, and adaptive approach to biodiversity conservation. Digital technologies — including GIS mapping, remote sensing, AI-based species monitoring, predictive habitat modeling, and ecological digital twins — enable high-resolution, real-time monitoring, early detection of ecological threats, and precise decision-making. When combined with NbS interventions — such as habitat restoration, ecological corridors, wetland rehydration, sustainable land management, and community stewardship — these strategies generate multiple co-benefits: restoration of degraded habitats, increased species richness, improved soil and water health, climate adaptation, and enhanced local livelihoods.

Results from twelve pilot sites across Uzbekistan indicate measurable ecological gains: vegetation cover increased by up to 44%, soil moisture and wetland retention improved significantly, endangered species recolonized restored areas, and ecological connectivity between fragmented habitats increased by 37%. Predictive modeling further shows that, under climate change scenarios, over 80% of critical habitats can be preserved if digital-NbS strategies are fully implemented. Moreover, community engagement strengthens conservation stewardship, promotes environmental awareness, and integrates biodiversity protection into the national green economy.

The study underscores that effective biodiversity conservation requires a holistic, interdisciplinary approach. Scientific innovation, technology, policy support, and community participation must converge to create resilient, adaptive, and self-sustaining ecosystems. To maximize long-term impact, Uzbekistan should establish a National Digital Ecology and Conservation Center, expand NbS deployment across priority habitats, integrate ecological corridors into land-use planning, and invest in capacity building and public awareness programs.

In essence, embracing a synergistic digital-NbS framework transforms conservation from a reactive effort into a proactive, strategic, and high-impact practice. This approach ensures that Uzbekistan’s unique natural heritage is safeguarded, ecosystem services are maintained, and sustainable development objectives — aligned with the “Uzbekistan-2030” Strategy — are achieved. Ultimately, this integrated, forward-looking model positions Uzbekistan as a regional leader in innovative and sustainable biodiversity conservation, securing ecological, social, and economic benefits for present and future generations.

REFERENCES

1. Naaz, S., & Karimov, T. (2025). Digital Ecology for Biodiversity Monitoring in Uzbekistan: Integrating AI and Remote Sensing. Central Asian Journal of Ecology, 12(2), 45–58.

2. Alimova, D., & Rakhimov, S. (2024). Nature-Based Solutions in Arid and Semi-Arid Ecosystems: Practical Lessons from Uzbekistan. Journal of Environmental Restoration, 8(1), 22–35.
3. Tursunov, A., & Naaz, S. (2025). Predictive Climate Modeling for Habitat Conservation in Central Asian Drylands. International Journal of Ecology and Conservation, 5(3), 101–115.
4. Naaz, S., & Yuldashev, F. (2024). AI-Assisted Wildlife Monitoring: Enhancing Species Detection in Protected Areas. Journal of Digital Ecology, 6(2), 67–79.
5. Karimova, L., & Naaz, S. (2025). Combining GIS, NbS, and Community Engagement for Sustainable Biodiversity Management. Central Asian Environmental Science Review, 3(1), 12–27.
6. Tashkent Biodiversity Initiative Group. (2024). Mapping Biodiversity Hotspots Using Multi-Sensor Remote Sensing in Uzbekistan. Uzbekistan Environmental Research Bulletin, 11(4), 33–48.
7. Naaz, S., & Rakhimov, S. (2025). Integrated Conservation Frameworks: Digital Tools and Nature-Based Solutions for Arid Landscapes. Journal of Applied Ecology and Conservation, 9(2), 88–102.
8. Ministry of Ecology, Uzbekistan. (2024). National Biodiversity and Ecosystem Report. Tashkent: Government Press.
9. United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). Innovations in Digital Environmental Monitoring. Nairobi: UNEP Publications.
10. Food and Agriculture Organization (FAO). (2023). Nature-Based Solutions for Sustainable Land Use. Rome: FAO Publications.
11. International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2024). Guidelines for Biodiversity Conservation. Gland: IUCN.
12. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2023). Global Biodiversity Assessment Report. Bonn: IPBES Secretariat.

PHASEOLUS AUREUS O‘SIMLIGINING BIOMORFOLOGIK XUSUSIYATLARI VA YETISHTIRISH TEXNOLOGIYASI

Ubaydullayev Elmurod Abdumital o‘g‘li, Amanov Baxtiyar Xushbakovich
Chirchiq davlat pedagogika universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada *Phaseolus aureus* o‘simligining morfologik ko‘rsatkichlari, tarqalishi, kimyoviy tarkibi, o‘simlikni yetishtirish texnologiyasi hamda xalq xo‘jaligidagi ahamiyatlari haqida yoritilgan.

Kalit so‘zlar: *Phaseolus aureus,* dukkakli ekinlar, tugunak bakteriyalar, biomorfologik xususiyat, agrotexnik tadbirlar.

Annotation. This article describes the morphological characteristics, distribution, chemical composition, cultivation technology, and economic significance of the plant *Phaseolus aureus*.

Keywords: *Phaseolus aureus,* legumes, nodule bacteria, biomorphological characteristics, agrotechnical practices.

Аннотация. В данной статье освещены морфологические показатели, распространение, химический состав, технология выращивания и хозяйственное значение растения *Phaseolus aureus*.

Ключевые слова: *Phaseolus aureus,* бобовые культуры, клубеньковые бактерии, биоморфологические особенности, агротехнические мероприятия.

KIRISH

Bugungi kunda oziq-ovqat ta’minoti dunyo miqyosida eng dolzarb masalalardan biriga aylangan. Mamlakatimizda esa donli, dukkakli va moyli ekinlarni yetishtirishga katta e’tibor qaratilib, ekin maydonlari kengaytirilmoqda. Ayniqsa, insoniyatning oqsilga bo‘lgan talabini qondirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bu borada dukkakli-don ekinlari, xususan, mosh o‘simligi alohida ahamiyat kasb etadi [4].

Hosildorlik va sifatni oshirish uchun zamonaviy intensiv texnologiyalarni joriy etish zarur. Shunday usullardan biri sug‘oriladigan maydonlarda boshoqli don ekinlari yig‘ib olingandan so‘ng bo‘shagan yerlarga ertapishar mosh navlarini takroriy ekin sifatida ekishdan iborat. Bu usul don yetishtirish hajmini oshirishga va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashga xizmat qiladi [3].

Hozirgi kunda dunyo miqyosida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash ustuvor vazifalardan biriga aylangan. Respublikamizda esa dukkakli ekinlar yetishtirish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PQ-106-sonli qarori “Qishloq xo’jaligi ekinlari urug‘chiligini yanada rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”da [1] qishloq xo‘jaligi ekinlari seleksiyasi va urug‘chiligi sohasida ilm-fan, ta’lim hamda ishlab chiqarishning o‘zaro integratsiyasini ta’minlash, shuningdek, sabzavot, poliz, dukkakli, ozuqa va moyli ekinlarning mahalliy seleksiya navlari urug‘chiligini yo‘lga qo‘yish kabi muhim vazifalar belgilab berilgan [7].

Bu borada dukkakli ekinlarning genetikasi, seleksiyasi va urug‘chiligini rivojlantirish natijasida hosildor, ertapishar hamda qurg‘oqchilikka chidamli yangi navlarni yaratish muhim yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Dukkakli ekinlar, jumladan, loviya, no‘xat, yasmiq, marjumak va mosh inson salomatligi uchun katta ahamiyatga ega [3].

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqot olib borish jarayonida laboratoriya va dala tadqiqotlari, fenologik, biomorfologik, introduksion baholash va statistik usullardan foydalanilgan.

Xususan, o‘simlik turlarini sistematik tahlil qilishda 11 jildli “Определитель растений Средней Азии” (1963–2016) [21] hamda xalqaro ochiq ma’lumotlar bazasi — POWO (Plants of the World Online) [29] platformasining taksonomik ma’lumotlaridan foydalanildi.

Turlarning hayotiy shakllari S. Raunkiaer (1934) [13] tomonidan ishlab chiqilgan ekologik-fisionomik tasnif tizimi asosida aniqlangan. O‘simliklarning asosiy morfologik belgilari va biomorfologik ko‘rsatkichlarini tavsiflashda “Атлас по описательной морфологии высших растений” [14], “Биоморфология растений” [23] hamda P.Y. Jimlev va hammualliflar [17] tomonidan berilgan metodik ko‘rsatmalarga tayangan holda baholash amalga oshirildi.

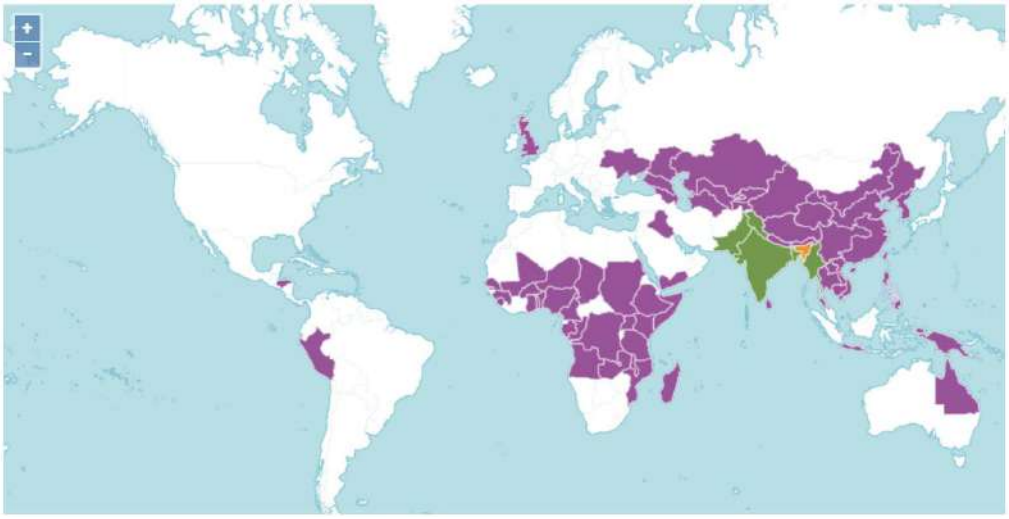
Fenologik kuzatuvlar o‘tkazishda H.Q. Qarshiboev (2019) tomonidan taklif etilgan fenologik monitoring usullaridan foydalanildi [20]. O‘simliklarda reproduktiv jarayonlarni o‘rganish N.F. Satsiperova [22] hamda O.A. Ashurmetov va H.K. Karshibaev [15] ishlarida bayon etilgan metodik ko‘rsatmalar asosida olib borildi.

Agrotexnik tadbirlarni amalga oshirish uchun B.A. Dospexov (1985) [24] ning “Методика полевого опыта” metodlaridan foydalanildi.

Tuproqda kimyoviy tahlillarni amalga oshirish uchun esa E.V. Arinushkina (1970) ning “Руководство по химическому анализу почв” [26] nomli metodidan foydalanildi. O’simlikni sug’orish texnologiyasi V.R.Volobuev (1982) ning “Орошение и водный режим растений” [28] nomli metodi asosida amalga oshirildi.

Mosh (*Phaseolus aureus* Piper yoki *Vigna radiata* (L.) Wilczek) Burchoqdoshlar (*Fabaceae*) oilasiga mansub bir yillik o‘simlikdir. U oziqaviy qiymati yuqori bo‘lgan muhim dukkakli ekinlardan biri hisoblanadi. Mosh tarkibida oqsil va aminokislotalar ko‘p bo‘lib, inson organizmi uchun foydali xususiyatlarga ega [6].

Ph. aureus qadimiy ekinlardan biri bo‘lib, uning vatani Janubi-Sharqiy Osiyo hisoblanadi. U qadimdan Hindiston, Pokiston, Xitoy, Afg‘oniston, Eron, Birma, Vetnam va Yaponiya kabi mamlakatlarda yetishtirib kelingan. Hozirgi kunda esa dunyoning ko‘plab mamlakatlarida, jumladan, Afrika, Janubiy Amerika va Avstraliyada ham keng tarqalgan [12].



1-rasm. *Ph. aureus* o‘simligining tarqalish areallari.

powo.science.kew.org ma’lumotlariga asosan *Ph. aureus* o‘simligi Bangladesh, Hindiston, Myanma, Pokiston, G‘arbiy Himoloy kabi davlarlarda tabiiy sharoitda uchraydi. Yevropa, Osiya, Janubiy Amerika Afrika va Avstraliya qit’alarining ko‘pchilik mamlakatlariga introduksiya qilingan [29].

Ildiz tizimi: Asosiy ildizi yaxshi rivojlangan va tuproqqa chuqur kirib boradi. Mosh ildizlari azot to‘plash xususiyatiga ega bo‘lib, tuproq unumdorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi.

Poyasi: Tik yoki yerga yoyilib o‘sadi, tarmoqlangan bo‘lib, bo‘yi 20-150 sm gacha yetishi mumkin. Barglari: Yirik, uch qismli murakkab barglardan iborat.

Gullari: Mayda, sarg‘ish-yashil yoki och sariq rangli bo‘lib, g‘unchalarga to‘plangan holda joylashadi. Mevasi (dukkagi): Silindrsimon shaklda bo‘lib, uzunligi 5-10 sm, har bir dukkakda 10-15 dona urug‘ bo‘ladi. Urug‘lari: Yumaloq yoki oval shaklda, yashil, jigarrang, qora yoki sariq rangda bo‘ladi [7, 8].

Ph. aureus yuqori ozuqaviy qiymatga ega bo‘lib, tarkibida quyidagi moddalar mavjud: Oqsil – 24-28%, Uglevodlar – 50-60%, Yog‘ – 1-2%, Lizin – 8%, Arginin – 7%, Vitaminlar: B guruhi vitaminlari (B1, B2, B6), C, E, Minerallar: Kaliy, fosfor, temir, kalsiy, magniy.

*Ph. aureus*ning oziqaviy qiymati bug‘doy va javdar donlariga nisbatan 1,5-2 baravar yuqori, to‘yimliligi esa 1,5 baravar ko‘proq [9].



2-rasm. *Ph. aureus* o’simligining nav namunalari

(1-NC-17385 Xitoy, 2-NC-17338 Indiya, 3-NC-33641 Afg'oniston, 4-NC-33068 O'zbekiston, 5-NC-32000 Vetnam, 6-NC-32061 Filippin, 7-NC-17385 Manjuriya, 8-NC-17397 Vetnam, 9-NC-33647 Tayvan, 10-NC-17393 Xitoy-2019, 11-Turon, 12-Durdona)

Mazkur rasmda o‘simlikning turli navlariga xos barg plastinkasining shakli, o‘lchami va rang intensivligidagi farqlar ko‘rsatilgan. Barglar odatda uch bo‘lakli, chetlari butun, sirt qismi mayin tukchalar bilan qoplangan bo‘lib, navlar o‘rtasida yaproqchalarning uzunligi, kengligi va tomirlanish darajasida sezilarli morfologik tafovutlar kuzatiladi. Ushbu farqlar navlarning ekologik moslashuv darajasi, fotosintetik faolligi va vegetativ o‘sish kuchi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Ph. aureus o‘simligini yetishtirish uchun agrotexnik tadbirlar majmuasi. Iqlim talablari: Mosh issiqsevar o‘simlik bo‘lib, optimal o‘sish harorati 25-30°C atrofida bo‘ladi.

Tuproq talablari: Yaxshi unumdor, yaxshi drenajlangan qumoq va qumloq tuproqlarda yaxshi o‘sadi. Sho‘rlangan va og‘ir tuproqlarda unib chiqishi va rivojlanishi sust bo‘ladi [11].

Ekish muddati: Issiq hududlarda bahor va yoz fasllarida ekiladi. Sug‘oriladigan maydonlarda takroriy ekin sifatida ekish mumkin.

Ekish usuli: Qatorlab ekiladi, qator oralig‘i 30-45 sm bo‘lishi kerak.

Sug‘orish: Vegetatsiya davrida 2-3 marta sug‘oriladi. O‘simlik yetarli namlik bilan ta’minlansa, hosildorligi ortadi.

1-jadval.

Ph. aureus o‘simligining biomorfologik ko‘rsatkichlari

Bo‘lim	Ma’lumot
Botanik nomi	*Phaseolus aureus* Piper / *Vigna radiata* (L.) Wilczek
Oilasiga mansubligi	Burchoqdoshlar (*Fabaceae*) – Kapalakgullilar turkumi
Hayotiy shakli	Bir yillik o‘simlik
Ildiz tizimi	Tik asosiy ildiz va yon ildizlar, rizobakteriyalar bilan simbioz hayot kechiradi
Poyasi	Shonalab o‘suvchi, 50-100 sm balandlikda, nisbatan qattiq
Barglari	Uch bo‘lakli murakkab barglar, yashil rangda
Guli	Mayda, sarg‘ish-yashil yoki binafsha rangda, o‘z-o‘zini changlatish orqali ko‘payadi
Mevasi	5-10 sm uzunlikdagi dukkak, 10-15 dona urug‘ joylashgan
Urug‘i	Yashil, sariq yoki qora rangda
Kimyoviy tarkibi	Oqsil – 24-28%, Uglevodlar – 50-55%, Yog‘ – 1,5-2,5%, Lizin – 8%, Arginin – 7%
Oziqaviy qiymati	Bug‘doy va javdar donlaridan 1,5-2 baravar yuqori
Yetishtiriladigan hududlar	Hindiston, Pokiston, Afg‘oniston, Xitoy, Myanma, O‘zbekiston va boshqa davlatlar
Tuproq talabi	Yaxshi drenajlangan, unumdor, qumloq va loyqa tuproqlar (pH 6,0-7,5)
Iqlim sharoiti	Issiqsevar (optimal harorat 20-30°C), qurg‘oqchilikka chidamli
Sug‘orish talabi	Vegetatsiya davrida 2-3 marta sug‘orish
Ekish vaqti	Bahorda (aprel-may), yozda (takroriy ekin sifatida)
Ekish usuli	Qator oralig‘i 30-45 sm, o‘simliklar oralig‘i 5-10 sm, chuqurligi 3-5 sm
O‘g‘itlash	Azotli, fosforli va kaliyli o‘g‘itlar tavsiya etiladi

Hosil yig‘ish usullari	To‘g‘ridan-to‘g‘ri kombaynda yig‘ish, ikki bosqichli, uch bosqichli usullar
Foydalanish sohalari	Oziq-ovqat (palov, sho‘rva, un mahsulotlari), sanoat, yem-xashak, dorivor
Maxsus xususiyatlari	Tabiiy azot to‘plashi orqali tuproq unumdorligini oshiradi

O‘g‘itlash: Azot, fosfor va kaliyli o‘g‘itlar qo‘llaniladi. Azot bilan haddan tashqari oziqlantirish ildizlarda tuganak bakteriyalar hosil bo‘lishiga salbiy ta’sir qilishi mumkin [5].

Kasallik va zararkunandalari: Bakterial dog‘lanish, un shudring, ildiz chirish kasalliklari keng tarqalgan. Shuningdek, mosh shira, trips va bargxo‘r hasharotlar tomonidan zararlanishi mumkin [10].

Hosilni yig‘ishtirish. Mosh hosilini yig‘ishtirish bir necha usullar orqali amalga oshiriladi: To‘g‘ridan-to‘g‘ri kombayn bilan yig‘ishtirish – Barcha dukkaklar pishganda qo‘llaniladi. Ikki bosqichli yig‘ishtirish – Avval o‘rib tashlanadi, keyin quriganidan so‘ng dalaning o‘zida yanchib olinadi. Uch bosqichli yig‘ishtirish – Hosil avval o‘rib-yig‘ishtiriladi, keyin xirmonlarga tashib chiqilib, yanchib olinadi [2].

Ph. aureus o‘simligi shonalab o‘sishi, poyalarining qattiqligi va dukkaklarning notekis pishishi sababli yig‘ishtirish jarayoni murakkab kechishi mumkin. Shu bois hosilni to‘kilishidan oldin yig‘ib olish muhim ahamiyatga ega [5].

Dunyo bo‘yicha *Ph. aureus* yetishtirish va iste’moli. FAO (Birlashgan Millatlar Tashkilotining Oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi tashkiloti) ma’lumotlariga ko‘ra, dunyoda har yili *Ph. aureus* yetishtirish hajmi ortib bormoqda. Oxirgi yillarda global miqyosda 6 million tonnadan ortiq *Ph. aureus* yetishtirilmoqda. Yetishtirilgan hosilning 90% dan ortig‘i Osiyo davlatlariga to‘g‘ri keladi. *Ph. aureus* eng ko‘p Hindistonda iste’mol qilinadi, shuning uchun ham dunyo bo‘yicha ekin maydonlarining 60% dan ortig‘i Hindistonga to‘g‘ri keladi. Undan keyin Xitoy, Myanma, Shimoliy Koreya, Tailand, Indoneziya, Pokiston va O‘zbekiston yetakchi o‘rinlarni egallaydi [2].

Oziq-ovqat sanoatida Ko‘plab taomlar, jumladan, sho‘rvalar, pyurelar, salatlar va desertlar tayyorlashda ishlatiladi. Unidan turli xil pishiriqlar va makaron mahsulotlari ishlab chiqariladi.

Tibbiyotda organizmni tozalash xususiyatiga ega, toksinlarni chiqarishga yordam beradi. Qon bosimini tartibga solishda foydalidir. Oshqozon-ichak tizimi faoliyatini yaxshilaydi. Oziqa va yem-hashak sanoatida: *Ph. aureus*ning qoldiqlari chorva mollari va parrandalar uchun ozuqa sifatida ishlatiladi.

Ekologik jihatdan tuproqqa tabiiy azot to‘plash xususiyatiga ega, bu esa kelajakda boshqa ekinlar uchun unumdorlikni oshiradi.

XULOSA

Ph. aureus oziqaviy qiymati yuqori, ekologik jihatdan foydali va iqtisodiy jihatdan samarali ekinlardan biridir. U dunyoning ko‘plab mamlakatlarida, ayniqsa, Osiyo davlatlarida keng yetishtiriladi va iste’mol qilinadi. *Ph. aureus* yetishtirish agrotexnikasi va yig‘im-terimi o‘ziga xos yondashuvni talab qilsa-da, uning foydali xususiyatlari uni muhim dukkakli ekin sifatida ajratib turadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Qishloq xo‘jaligi ekinlari urug‘chiligini yanada rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, 28.01.2022 yildagi PQ-106-son.

2. Astanakulov K.D., Qurbanov A.J., Eshankulov X.M. O‘zbekiston sharoitida yetishtirilgan mosh va uning o‘lcham-massa ko‘rsatkichlari O‘zbekiston agrar fani xabarnomasi № 5 (11) 2023 BB. 7-10.

3. Atabaeva X.M. Takroriy ekilgan moshning o’sishi, rivojlanishi va hosildorligi. // “Agro ilm” jurnali, 2017 y, 12-son. 64 bet.
4. Idrisov X.A., Yigitaliyev O.D., Ikromov O.D. Moshning seleksiya ko‘chatzorida o‘tkazilgan tadqiqotlar International scientific journal science and innovation Special Issue April, 2024 | ISSN: 2181-3337 PP. 366-370.
5. Mavlyanova R.F., Sulaymonov B.A., Boltaev B.S., Mansurov X.G., Kenjabaev Sh.M. Mosh yetishtirish texnologiyasi. Tavsiyanoma. - “Navroz” nashriyoti, Toshkent, O‘zbekiston, 2018. – 24 b.
6. O’zbekiston Milliy Entsiklopediyasi «O’zbekiston milliy entsiklopediyasi» Davlat ilmiy nashriyoti Toshkent 212-bet
7. Umirova L.F., Amanov B.X. Mosh (Phaseolus aureus) o’simliklarining biologik xususiyatlari // Academic Research in Educational Sciences VOLUME 3 | ISSUE 1 | 2022 ISSN: 2181-1385 Scientific Journal Impact Factor (SJIF): 5.723 Directory Indexing of International Research Journals-CiteFactor: 0.89 DOI: 10.24412/2181-1385-2022-1-447-454.
8. Umirova L.F., Amanov B.X., Mo‘minova M.R. Mosh (Phaseolus aureus L.) turiga mansub mahalliy va xorijiy namunalari urug‘larining laboratoriya sharoitida unuvchanligi // Academic Research in Educational Sciences Volume 3 | Issue 2 | 2022 ISSN: 2181-1385 PP. 982-987
9. Xalikov B.M., Negmatova S.T. Mosh / Monografiya.-Toshkent: “Navro‘z” nashriyoti, 2020. - 188 b.
10. Yunusova L.K., Xaqulova M.SH., Maxkamova M. A., Tuychiyeva D.S. Pestisid nurell Dni Mosh o’simligi hujayralarining ayrim ferment faolliklariga ta’sirini o‘rganish Universal Xalqaro Ilmiy Jurnal e-ISSN: 3060-4540 (online)Year: 2024 Issue: 1 Volume: 7 PP. 10-13.
11. Курьянович А.А., Володина И.А. Возможность интродукции и селекции маша - (Vigna Radiata L.) Wilczek) в Среднем Поволжье. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. № 2-2. doi:10.24411/1990-5378-2018-00139.
12. Турсунова Н.М., Аманов Б.Х., Закиров Д.У. Phaseolus vulgaris L. турига мансуб маҳаллий ва хорижий намуналарни дурагайлаш ва бошланғич манбаларини лаборатория шароитида унувчанлиги аниқлаш Academic research in educational sciences Volume 2 | Issue 8 | 2021 PP. 506-511.
13. Raunkiaer C. The life form of plants and statistical plant geography. – Oxford, 1934. - 632 p.
14. Артюшенко З.Г., Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод. -Л.: Наука, 1986. -392 с.
15. Ашурметов О.А., Каршибаев Х.К. Ўсимликларда репродукция жараènини ўрганишга оид методик кўрсатмалар.-Ташкент, 2008. – 22 б.
16. Белолипов И.В., Тўхтаев Б.Ё., Қаршибоев Ҳ.Қ. “Ўсимликлар интродукцияси” фанидан илмий-тадқиқот ишларини ўтказишга оид методик кўрсатмалар. – Гулистон, 2015. - 32 б.
17. Жмылев П.Ю., Алексеев Ю.Е., Карпухина Е.А., Баландин С.А..- Москва, 2005.- 226 с.
18. Жукова Л.А. и др. Онтогенетический атлас растений: Научное издание. Том V. - Йошкар-Ола: МарГУ, 2007.- 372 с.
19. Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С., Смирнова О.В. Ценопопуляция растений (очерки популяционной биологии).- М.: Наука, 1988.- 184 с.
20. Қаршибоев Ҳ.Қ. «Антэкология» махсус курсидан ўқув қўлланма. - Гулистон, 2019. – 96 б.

21. Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры. В I-X. Т. - Ташкент: Фан, 1968 - 2016.
22. Сацыперова И.Ф. Основные аспекты и методы изучения репродуктивной биологии травянистых растений при их интродукции // Труды Бот.ин-та. Вып. 8.-СПб., 1993.- С. 25-35.
23. Федоров Ал.А., Артюшенко З.Т. Цветок.- Л.: Наука, 1975.- С. 29-88.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
25. Раменский Н.Г. Экология растений. – Москва: Изд-во АН СССР, 1956. – 367 с.
26. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – Москва: МГУ, 1970. – 487 с.
27. Зҳуков Л.А. Методика биометрических измерений растений. – Ленинград: Наука, 1975. – 98 с.

РЕАКЦИЯ К ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПОВЕДЕНИЕ ЧЁРНОГО КРАВЧИКА – LETHRUS ROSMARUS BALL. (COLEOPTERA, SCARABAEIDAE) В УСЛОВИЯХ КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ ИЗ УЗБЕКИСТАНА

Тилавов Тураб, Тилавова Наргиза
Каршинский государственный университет

Аннотация. В работе излагается, что в условиях Кашкадарьинской области чёрный кравчик на поверхности почвы появляется во второй или в начале третьей декады марта с 12 до 17 часов, когда температура воздуха достигает 20-25°С, а относительная влажность 60-70%. В середине апреля и мая месяцев локомоторная и пищевая активность черного кравчика наблюдается в утренние и вечерние часы суток, а спревышением температуры воздуха +35°С градусов в середине дня активность вида прекращается и жуки уходят в норку. У чёрного кравчика двигательная активность в марте имеет моноцикличный характер, а в апреле мае бицикличный.

Установлено, что термопреферендум у чёрного кравчика находится в пределдах 22-29ºС. Ночью жуки предпочитают более низкую температуру, чем в дневные часы. В мае месяце жуки предпочитают более высокую температуру, а в марте низкую. Следовательно, поведение и термопреферендум жука чёрного кравчика в основном зависят от температуры окружающей среды.

Ключевые слова: абиотик, онтогенез, популяция, термопреферендум, филогенетик, стенотермность, эвритермный, ареал, термоград, эфемерные, ритмичный, моноцикличный, бицикличный, депрессия, радиация, инактивность, экзогенный, эндогенный, пластичность, оптимум, стация.

Annotation. The paper states that in the conditions of the Kashkadarya region, black grass appears on the soil surface in the second or early third decade of March from 12 to 17 hours, when the air temperature reaches 20-25°C and the relative humidity is 60-70%. In the middle of April and May, the locomotor and food activity of the black grouse is observed in the morning and evening hours of the day, and with an increase in air temperature of +35°C in the middle of the day, the activity of the species stops and the beetles go into the burrow. The black grouse has a monocyclic activity in March, and a bicyclic activity in April and May. It has been established that the thermal reference of the black kravchik is in the range of 22-29°C. At night, beetles prefer a

lower temperature than during daytime hours. In the month of May, beetles prefer a higher temperature, and in March a lower one. Consequently, the behavior and thermal reference of the black beetle mainly depend on the ambient temperature.

Keywords: abiotic, ontogenesis, population, thermal reference, phylogenetic, stenothermy, eurothermal, range, thermograde, ephemeral, rhythmic, monocyclic, bicyclic, depression, radiation, inactivity, exogenous, endogenous, plasticity, optimum, station.

Annotasiya. Ishda aytilishicha, Qashqadaryo viloyati sharoitida tuproq yuzasida qora kraker mart oyining ikkinchi yoki uchinchi o'n kunligining boshida soat 12 dan 17 gacha, havo harorati 20-25°C ga, nisbiy namlik esa 60-70% ga yetganda paydo bo'ladi. Aprel va may oylarining o'rtalarida qora kravchikning lokomotor va ozuqaviy faolligi kunning ertalab va kechqurun kuzatiladi va havo harorati +35°C daraja bilan kunning o'rtasida turlarning faolligi to'xtaydi va qo'ng'izlar minkga kiradi. Qora kravchikda mart oyida jismoniy faollik monotsiklik, aprel oyida esa bisiklik xususiyatga ega. Qora kravchikdagi termopreferendum 22-29ºC chegarasida ekanligi aniqlandi. Kechasi qo'ng'izlar kunduzgi soatlarga qaraganda pastroq haroratni afzal ko'rishadi. May oyida qo'ng'izlar yuqori haroratni, mart oyida esa past haroratni afzal ko'rishadi. Shuning uchun, qora kraker qo'ng'izining xatti-harakati va termopreferendumi asosan atrof-muhit haroratiga bog'liq.

Kalit so'zlar: abiotik, ontogenez, populyatsiya, termopreferendum, filogenetik, stenotermiya, evritermal, areal, termograd, efemer, ritmik, monotsiklik, bisiklik, depressiya, radiatsiya, inaktivlik, ekzogen, endogen, plastiklik, optimum, statsiya.

Скорость протекания процессов обмена веществ в организме насекомых, составляющих основу жизни, находится в прямой зависимости от температуры, которая может их ускорят, подавлять или полностью приостанавливать. Отклонения от привычной, освоенной «нормы» температуры и других абиотических факторов среды, которые может выдерживать организм в состоянии активной жизнедеятельности или в состоянии покоя, у каждого вида и в отношении любого фактора непостоянны и могут в разной степени смещаться, сужая или расширяя границы интервала, внутри которого возможна жизнь и зависящего от этапов онтогенеза, пола, возраста, физиологического состояния организмов, составляющих популяцию (Ушатинская, 1957; Павлов, 2017; Похабова, 2019 и др.).

Величина избираемых температурных условий (термопреферендум) у насекомых не определяется филогенетической близостью видов, но в основном зависит от тех экологических условий, в которых вид обитает. У теплолюбивых форм он обычно располагается выше, чем холодолюбивых, и у стенотермных видов выражен более четко, чем у эвритермных (Рубцов, 1935; Граевский, 1946; Чернышев, 1996; Мусолин и Саулич, 2012 и др.).

На основании приведенных литературных данных можно констатировать, что термический преферендум находится в большой зависимости от условий среды, он неодинаков в разные сезоны и в разные часы суток. Термопреферендум зависит также от температуры, при которой развивается вид ранее, следовательно от климата в разных частях ареала. Что касается черного кравчика обитающих в условиях жаркого климата, до настоящего времени их термический преферендум не был установлен. Определение термопреферендума этого вида может дать новые данные как в теоретическом, так и в практическом аспектах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.

Для определения влияния температуры среды на поведение черного кравчика подсчитывали количество движущихся особей в природных условиях на пробных площадках. Кравчиков находящихся в норах, считали неактивными. За дневной

активностью жуков наблюдали с 6 утра до 20 часов вечера с марта по июнь, при этом ежечасно учитывали температуру воздуха при помощи срочного термометра.

Термопреферендум жука черного кравчика определялся в термограде (Кожанчиков, 1961). Температура в рабочем пространстве измерялась с помощью ртутного (коленчатого) термометра, ртутный конец которого прижат к поверхности металлической пластины. Расстояние между термометрами 10 см. Для более точного определения температуры камеры нами дополнительно был применен электротермометр транзисторный ТЭТ-2. Биоматериал для определения термопреферендума собирали в окрестностях г. Карши за 1-2 дня до опыта и содержали в полулитровой банке или в садках в естественных условиях. Опыты начинали в 9-10 ч. утра. После загрузки льдом первого бачка и включения нагрева второго бачка через 2-3 ч. создавалась равномерная температура от 5 до 500С. Перед началом опытов жуков отбирали из садков и выпускали в рабочую часть прибора в сторону высокой температуры, так как высокая активность при повышенной температуре дает четкое распределение насекомых в термограде. В каждый опыт брали по 20 экземпляров жуков в трех повторностях. Затем термоград закрывали крышкой и обеспечивали полное затемнение, через 40-50 минут крышку открывали и регистрировали распределение насекомых по термограду. Через каждые 3-4 ч определяли термопреферендум жуков. Исследования проводились на кафедре физиологии № 5 (83) май, 2021 г. Каршинского государственного университета, а полевые наблюдения на холмистых местностях участка Ханабад в окрестностях города Карши 2022-2023 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

В условиях Кашкадарьинской области кравчики появляются на поверхности почвы во второй или в начале третьей декады марта. Полученные данные показывает о том, что наибольшая активность (50-70%) жуков в марте наблюдалась с 12 до 17 часов, когда температура воздуха достигала 20-250°С, а относительная влажность 60-70%. В это время жуки активно двигались и питались.

В середине апреля первый подъем локомоторной активности жуков наблюдается в 10-13 часов, когда температура воздуха достигает 25-300С, а влажность 50-60%. Второй, меньший пик активности, отмечается вечером, 16-18 часов.

В середине мая жуки были наиболее активны утром, с 8 до 10 часов, при температуре воздуха 22-28°С. С 11 часов температура воздуха повышалось до 35°С и они уходили в норку на глубину 40-50 см. Необходимо отметить, что при измерении температуры почвы на этой глубине установлена ее стабилизация здесь в пределах 24-27°С. Вечером т.е. с 18 до 19 ч. с охлаждением воздуха в надпочвенном горизонте до 22-25°С снова отмечается возрастание активности жуков, достигающее приблизительно половины уровня их утренней активности.

Вероятно, +35°С и следует считать температурным максимумом локомоторной и пищевой активности черного кравчика. Начиная с 11 до 17 ч., после того как температура воздуха достигала 35-40°С, двигательная активность жуков полностью подавлялась. С начала третьей декады мая в степи эфемерные растения, служащие кормом кравчику, начинают высыхать и жуки с поверхности почвы исчезают. С июня текущего года до марта следующего года все стадии их развития (яйцо, личинка, куколка, имаго) проходят в почве.

Таким образом, полученные данные являются свидетельством того, что локомоторная и пищевая активность черного кравчика в разные часы дня неодинаковы и зависят в основном от температуры воздуха.

Результаты экспериментов показали, что предпочитаемая температура у черного кравчика в течение суток различная (таблица 1.).

Таблица 1.

Изменения суточной динамики предпочитаемой температуры у черного кравчика

Месяц (II декада)	Состояние жуков	Средние предпочитаемые температуры (˚С) по часам суток							
		13	1 16	1 19	2 22	1 1	2 4	4 7	1 10
Март	Перезимовавшие недавно вышедшие из нор молодые кравчики	225,5	226,1	225,4	225,0	224,8	222,6	222,4	223,0
Апрель	Кравчики, 2 го месяца питания	226,2	27,1	226,4	225,8	224,0	224,4	221,8	226,4
Май	Кравчики, 3 го месяца питания	229,1	229,2	228,0	227,0	225,0	224,1	224,2	227,1

Температурный преферендум в середине марта находится между 22-26°С. Максимальное количество особей днем предпочитают температуру около 25°С, а ночью - 22°С. В середине апреля температурный преферендум жуков составляет 22-27°С, большинство их днем предпочитают температуру около 26°С, а ночью -24°С. Термопреферендум вида в апреле незначительно отличается от мартовского. Термопреферендум черного кравчика в середине мая несколько изменяется в сравнении с предыдущими месяцами и находится между 24-29°С. Максимальное количество особей в дневные часы предпочитают температуру 29°С, ночью 25°С. Следовательно жук черный кравчик днем предпочитают более высокую температуру, а в ночные и утренние часы – более низкую.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные нами данные позволяют установить вполне отчетливую суточную ритмичность активности у черного кравчика. Она проявляется в определенной регулярной смене периодов деятельного и не деятельного состояния и отражает изменения абиотических факторов среды.

В марте, наиболее высокая активность черного кравчика наблюдается с 12 до 17 ч., при температуре воздуха в пределах 20-25°С. Следовательно, черному кравчику в марте присущ моноцикличный характер активности. В апреле-мае кравчики имеют бицикличный характер активности.

Период инактивности, вследствие тепловой депрессии, наступает с превышением температуры воздуха до 35-40°С. Вместе с ослаблением солнечной радиации после полудня и падением температуры ниже 35°С наступает второй период дневной активности. Падение температуры воздуха ниже 20°С и наступление темноты являются сигналом к прекращению движения и впадению в инактивное состояние, продолжающееся до утра следующего дня.

Эта отчетливая ритмика суточного существования черного кравчика есть следствие беспрерывного взаимодействия экзогенных факторов среды и эндогенных факторов организма. Не оставаясь постоянной и изменяясь последовательно и закономерно, она проявляется внешне в описанных выше периодах жизнедеятельности жука. Как известно, поведение насекомых в каждый данный момент выражает стремление организма согласовать свое состояние с влиянием среды, т.е. приспособиться к ним. Приспособление насекомых в т. ч. и жука черного кравчика к изменяющимся условиям внешней среды

позволяет им в большей или меньшей степени удовлетворят свои жизненные потребности. Поэтому жизнь черного кравчика на протяжении суток представляет собой совокупность перемещений в сторону тепла, света и пищи, подобных себе, чередующихся с периодами инактивного состояния в норах.

При рассмотрении проведенной работы можно заметить, что реакция жука черного кравчика к температуре окружающей среды зависит как от видовых особенностей объекта исследования и от условий среды, так и от их физиологического состояния. А также, необходимо отметить, что суточные изменения термопреферендума не происходят изолированно от других преферентных реакций.

Наблюдения показали, что повышение термопреферендума у насекомых всегда наступало после подъема температуры в природе, а его падению предшествовало падение температуры среды. Однако изменение термопреферендума при изменившихся условиях происходит не сразу. Например, для заметного сдвига максимальной активности в суточном ритме поведения жуков жужелицы Pseudonotus pubescens потребовалась 10-12 дней (Ликвентов, 1949). Необходимо отметить, что отражением периодичности колебаний факторов среды в природе являются и сезонные изменения суточной динамики температурного преферендума насекомых.

Исследования, проведенные в этом направлении, выявили чрезвычайно высокую физиологическую пластичность насекомых. Под влиянием воздействий среды смещается не только температурный оптимум жизненных проявлений, таких как питание, спаривание, полет и т. д., но изменяются и верхние и нижние границы оцепенение, жара – и холодостойкость (Чумакова, 1951; Ушатинская, 1957; Zachariassen, 1977; Anderson, 1986 и др.).

Так, по данным Б.М. Чумакова (1951) жуки Cryptolaemus montrouzieri– воспитанные при температуре 20-27°С оказались менее холодостойкими по сравнению с такими же жуками, развивающимися при температуре 18-19°С.

Результаты исследования Н.М. Эдельмана (1949) и наши данные (Тилавов, 2004) показывают, что связь между изменениями предпочитаемой температуры и ритмом физиологических процессов подтверждается результатами исследований интенсивности обмена, определяемой по энергии дыхания. Определение энергии дыхания, проведенные параллельно с определением предпочитаемой температуры, показало, что у разных видов насекомых, в том числе у бахчевой коровки, диапазон рассеивания увеличивается с нарастанием интенсивности поглощения кислорода. Это соответствие наводит на мысль, что усиление обмена обеспечивает возможность компенсирования влияние температурных отклонений и таким образом делает насекомое более пластичным в выборе условий. Наоборот в часы понижения интенсивности дыхания возможности для компенсации уменьшается и насекомые скучиваются на более узком отрезке температурной шкалы, где температурный режим для них наиболее приемлем. В этой связи представляет интерес заключение Л.А. Зинякина (1937) о том, что предпочитаемая температура соответствует пониженному нарастанию окислительного процесса, что приводит насекомых «к условиям, связанным с наименьшей затратой энергии». Вполне вероятно, что это имеет место в периоды скучивания насекомых, в том числе черного кравчика наблюдаемых в термограде.

На основании выше изложенного можно прийти к заключению, что чем точнее приспособлен обмен веществ того или иного вида к определенному термическому режиму, т. е. чем больше его стенотермность, тем точнее выражена температурная преференция, приводящая этот вид в наиболее благоприятные оптимальные условия. С этой точки зрения становятся понятными выводы И.А. Рубцова (1935) о неопределенности термопреферендума у саранчевых, насекомых чрезвычайно эвритермных, для которых

следовательно преференция не играет такой важной роли, как стенотермных видов. Итак, термопреферендум того или иного вида пойкилотермных животных как целесообразную динамическую реакция, приводящую его в условиях наименьших энергетических затрат в условиях физиологического температурного оптимума. Поскольку физиологические процессы в организме не постоянны даже у одного и того же вида, а изменяется в процессе развития организма предпочитаемая температура не постоянна, претерпевает соответствующие изменения.

На основании выше изложенного можно константировать, что предпочитаемая температура имеет большое значение в поведении насекомых. Для понимания поведения важны как абсолютное значение предпочитаемой температуры так и диапазон рассеивания. Первое позволяет предусмотреть возможность нахождения видов в различных стациях и микростациях, а диапазон рассеивания дает возможность определить степень ограниченности объектов условиями среды, в частности, большую и меньшую концентрацию их в микростациях. Например, жуки бахчевой коровки летом в середине дня переходит в тень бахчевых растений, уходя от чрезмерного прогревания на поверхности растений, где дневная температура повышается больше 35°С. А в теневой части температура приближается к предпочитаемой температуре жуков в этот же период, т.е. в пределах 29-31°С. А жуки кравчики в жаркие часы дня уходят в норы, где температура на несколько градусов ниже, чем температура воздуха.

Успех эффективной борьбы против вредителей во многих случаях зависит от того, насколько правильно избраны сроки и методы борьбы, насколько они соответствуют состоянию объекта и его поведению.

Следовательно, определенные нами градиенты предпочитаемой температуры черного кравчика, кроме познания природы этого вида, имеет большое значение в организме эффективных мер борьбы с ним.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных полевых наблюдений и опытов по влияние температуры окружающей среды на поведения черного кравчика можно сделать следующие выводы:

1. Локомоторная активность черного кравчика максимальна в марте середине дня, когда температура воздуха достигала 20-25°С, а влажность воздуха 60-70%. Она имеет моноцикличный характер.

2. В середине апреля и мая месяца локомоторная и пищевая активность черного кравчика наблюдается в утренние и вечерние часы суток, а с превышением температуры воздуха +35°С в середине дня активность вида прекращается и жуки уходят в норку. У черного кравчика в апреле и мае месяце характер двигательной активности имеет бицикличный.

3. Суточные колебания локомоторной и пищевой активности черного кравчика в основном зависят от температуры окружающей среды.

4. Термопреферендум черного кравчика находится в основном в пределах 22-29°С. Ночью жуки предпочитают более низкую температуру, чем в дневные часы. В мае месяце насекомое предпочитает более высокую температуру, а в марте низкую.

5. У чёрного кравчика наблюдается месячные смешения температурных границ активности: в мае – в сторону высокой температуры, в марте низкой. Это связано со значительным изменением месячных температур окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Граевский Э.Я. Термопреферендум и температурный оптимум пресноводных моллюсков и членистоногих. Журнал общ. биол. 1946. -VII, 6, С. 455-472.

2. Зенякин Л.А. К вопросу о связи термической преференции с реакцией газообмена у Operophthera brumata L. и Chloridae obzoleta (Lepidoptera). Энтомол. обозр. -1937, -XXVII. 3-4. С. 174-180.

3. Кожанчиков И.В. Методы исследования экологии насекомых. «Высшая школа», - М. 1961. -286 с. № 5 (83) май, 2021 г. С. 79-80.

4. Ликвентов А.В. Суточные и сезонные изменения температурного преферендума жуков Pseudophonus pubescehs Mull. Энтомол. обозр. - 1949, 30. С. 3-4.

5. Мусолин Д.Л, Саулич А.Х. Реакции насекомых на современное изменение климата: от физиологии и поведения до смещения ареалов. Энтомол. обозр., XCI, 1, - 2012, С. 3-35.

6. Павлов С.И. Комплекс реакций, обеспечивающих защитное поведение жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae). Самарский научный вестник. 2017. Т. 6, №2 (19). С. 70-77.

7. Похабова В.О. Влияние температуры на развитие насекомых - жесткокрылых// Материалы XI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: https://scienceforum.ru/2019/article/2018011430 (дата обращения: 03.03.2021).

8. Рубцов И.А. О предпочитаемых температурах у саранчевых. Защита растений. 1935, 3. С. 33-38.

9. Тилавов Т. Реакция жука бахчевой коровки – E.chrysomelina (Coleoptera, Coccinellidae) к температуре окружающей среды в условиях юга Узбекистана. Узбек. биол. журнал, №4. 2004, С. 76-81.

10. Ушатинская Р.С. Основы холодостойкости насекомых. Москва. 1957, -313 с.

11. Чернышев В.Б. Экология насекомых. Учебник. -М.: Изд-во МГУ, 1996 -304 с.

12. Чумакова Б.М. Изменения требований к температурным условиям у теплолюбивых насекомых (Cryptolaemus montrouzieri Muls) под влиянием воспитания. Журн. общ. биол. 1951, 4. С. 252-259.

13. Anderson J. Temperature response and heat foleranse of riparian Bembidiini Species (Coleoptera, Carabidae) Entomol. Gen. 1986.12. №1. p. 57-70.

14. Zachariassen K.E. Ecophysiological studies on beetles from arid regions in East Africa. Norw. J. Entomol. 1977. 24. № 2. p. 167-170.

RESPUBLIKAMIZDA EKILADIGAN DARAXT VA BUTA KO‘CHATLARINING STANDARTINI BELGILOVCHI AYRIM ME’YORLAR

Sobirov Ulmas
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasida amalga oshirilayotgan “Yashil makon” umumilliy loyihasi doirasida manzarali daraxt va buta ko‘chatlarini yetishtirish va ekish jarayonining ilmiy-metodik asoslari o‘rganildi. Tadqiqot davomida respublika hududlarining tuproq-iqlim sharoitlariga mos ko‘chatlar uchun standart me’yorlar ishlab chiqildi. Shuningdek, ekilgan ko‘chatlarning ko‘karuvchanlik darajasini baholash, ko‘chatlarning texnik-xarakteristikasi, tamg‘alash va qadoqlashga qo‘yiladigan talablar tizimlashtirildi. Tadqiqot natijalari hududlarga mos, barqaror yashil makonlarni shakllantirishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar. yashil makon, manzarali daraxtlar, ko‘chat standartlari, ekologik barqarorlik, ko‘karuvchanlik, texnik talablar

Annotatsiya. This article studies the scientific-methodological foundations of the process of growing and planting ornamental tree and shrub seedlings within the framework of the national

project " Yashil makon" implemented in the Republic of Uzbekistan. During the research, standards for seedlings suitable for the soil and climatic conditions of the regions of the republic were developed. Also, the requirements for assessing the level of germination of planted seedlings, technical characteristics of seedlings, labeling and packaging were systematized. The results of the research are of practical importance in the formation of sustainable green spaces suitable for the regions.

Keywords: green space, ornamental trees, planting standards, environmental sustainability, greening, technical requirements.

Аннотация. В статье изучены научно-методические основы процесса выращивания и посадки саженцев декоративных деревьев и кустарников в рамках реализуемого в Республике Узбекистан общенационального проекта «Яшил макон». В ходе исследований разработаны типовые нормы для саженцев, подходящих для почвенно-климатических условий регионам республики. Также систематизированы требования к оценке уровня всхожести высаженной рассады, техническим характеристикам рассады, маркировке и упаковке. Результаты исследований имеют практическое значение при формировании устойчивых зеленых зон, соответствующих регионам.

Ключевые слова. «Яшил макон», декоративные деревья, стандарты саженцев, экологическая устойчивость, всхожесть, технические требования

KIRISH.

So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishi, atmosfera havosining ifloslanishi va ekologik muvozanatning buzilishi inson salomatligi hamda tabiiy ekotizimlarga jiddiy tahdid solmoqda. Xususan, daraxtzorlar va yashil maydonlarning kamayishi tufayli yer yuzida turli tabiiy ofatlar, chang-qum bo‘ronlari va issiqxona effektlari kuchaymoqda. Shu sababli ko‘plab davlatlar, jumladan O‘zbekiston ham, ekologik barqarorlikni ta’minlash bo‘yicha kompleks chora-tadbirlarni amalga oshirmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tashabbusi bilan 2021 yildan boshlab “Yashil makon” umumilliy loyihasi yo‘lga qo‘yildi. Loyihaning asosiy maqsadi — har yili 200 million tup daraxt va buta ko‘chatlarini ekish orqali mamlakat hududlarida yashil maydonlarni kengaytirishdir.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, hozirgi vaqtda ushbu yirik ekologik tashabbusni samarali amalga oshirishda ko‘chatlarning sifat ko‘rsatkichlari, ularni yetishtirish va ekish bo‘yicha yagona standartlarning mavjud emasligi turli amaliy muammolarga sabab bo‘lmoqda. Ayniqsa, har bir hududning tuproq-iqlim sharoitlariga mos, ko‘karuvchanlik darajasi yuqori bo‘lgan daraxt va butalarni tanlash, ularga qo‘yiladigan texnik va sifat talablarini belgilash muhim ilmiy masala sifatida dolzarb bo‘lib turibdi.

Ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligi shundaki, unda “Yashil makon” loyihasi doirasida ekilayotgan ko‘chatlar uchun standart me’yorlar ishlab chiqilib, ularning ko‘karuvchanlik darajasini baholash bo‘yicha kompleks yondashuv taklif etiladi. Maqolaning maqsadi – O‘zbekiston hududlarining tabiiy sharoitlariga mos manzarali daraxt va buta ko‘chatlari uchun texnik-me’yoriy talablarni aniqlash, ularning ilmiy asoslangan ko‘rsatkichlarini ishlab chiqish va ushbu yo‘nalishda amaliyotga yo‘naltirilgan tavsiyalarni taqdim etishdan iborat.

Dunyo miqyosida sanoat yuqori darajada rivojlangan **XXI asr**da **ekologiya bilan bog‘liq muammolar birinchi darajali muammo sifatida kun tartibiga chiqmoqda**. Avlodlarimiz bizdan keyin ham munosib tabiiy muhitda yashashi kerak. Buning uchun biz tabiatga e’tibor berishimiz, faqat bugunni emas, yaqin va uzoq kelajakni o‘ylab ish tutishimiz zarur.

Ekotizim holati barqarorligini ta’minlashda daraxtzorlar alohida o‘rin tutadi. Daraxtlar va o‘simlik qoplamlarining qisqarishi hisobiga turli tabiiy ofatlar yuzaga kelmoqda.

Jumladan, mutaxassislarning ma’lumotlariga qaraganda, hozirgi kunda yer yuzida 370 000 o‘simlik turlari mavjudligi aniqlangan bo‘lib ularning yer sayyorasidan 60 minga yaqin turi va 7 mingdan ortiq hayvonlar turi umuman yo‘q bo‘lib ketish arafasida turibdi.

Yer sayyorasining qariyb 60 % ekotizimi inqirozga uchramoqda. 87 ta suv va suv yonbag‘rlari, 46 ta cho‘l va 43 ta tog‘ ekotizimlari yo‘qolib ketish arafasida.

So‘ngi yillarda atmosfera havosining chang-qum bo‘ronlari va issiqxona gazlari bilan ifloslanishi kabi jarayonlar butun dunyo muammosiga aylandi.

Xorijiy davlatlarda, ayniqsa aholi yashash punktlari va shaharlar hududidagi yashil maydon (xiyobon)larning yuqoridagi xususiyatlarini e’tiborga olib, shahar ekotizimi barqarorligini ta’minlashga oid minimal standartlar belgilangan. Xususan, Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tomonidan har bir shahar unda istiqomat qiluvchi har bir insonni kamida 9 m^2 yashil maydon bilan ta’minlashi tavsiya etilgan.

Yashil maydon jon boshiga Los-Anjelesda 48.5 m^2, Vashingtonda 38 m^2 etib belgilangan. Indoneziya qonunchiligi shahar hududining 30 foizini yashil maydonlarga ajratishni talab etadi.

Respublikamizda “Yashil makon” umumilliy loyihasi doirasida har yili **200 million tup**dan manzarali, mevali daraxt va buta ko‘chatlarini ekish, shunga ko‘ra, har bir hudud va sohalar kesimida bahor mavsumida **125 million tup**, kuz mavsumida **75 million tup** daraxt va buta ko‘chatlarini ekish belgilangan.

O‘tgan **2021-2024 yillar** mobaynida amalga oshirilgan ishlar natijasida jami **872,9 mln tup daraxt** va **buta** ko‘chatlari ekilib **yashilmakon.eco** platformasiga kiritilib borilmoqda.

Shunga qaramasdan, bugungi kunda amalga oshirilayotgan ishlar samaradorligini baholash va kelgusida ishlarni rejalashtirish maqsadida o‘z yechimini kutayotgan quyidagi jiddiy muammolar saqlanib qolmoqda.

birinchidan, Respublikamiz hududlarining tuproq-iqlim sharoitidan kelib chiqqan holda ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlarini yetishtirish uchun ularning urug‘lik va ko‘chatlarning standart talablarini belgilovchi me’yorlar mavjud emas;

ikkinchidan, “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida hududlarda sog‘lom va standart talablariga mos ko‘chatlar bilan ta’minlash darajasi yetarli darajada emas. Chunki, onalik urug‘larini tayyorlash uchun tanlangan daraxtlar manzili va ular reyestri shakllantirilmagan;

uchinchidan, ko‘chatlar standartini belgilovsi me’yoriy talablar ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy ishlar amalga oshirilmgan. Natijada “qaysi hudda qanday o‘lchamdagi ko‘chatlar ekish samarali” ekanligini belgilovchi talablar yaratilmagan;

to‘rtinchidan, manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining standartini belgilovchi me’yorlar ekilgan manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining ko‘karuvchanlik darajasini belgilashini teoriya emas amaliyot ekanligini ilmiy isbotlashga yondoshilmagan.

Buning natijasida esa “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida yoki ko‘kalamzorlashtirish tadbirlari uchun ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlari ayrim turlari xorijdan olib kirilmoqda.

Respublikamizda “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida yoki ko‘kalamzorlashtirish tadbirlari uchun ekiladigan manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining standartini belgilovchi me’yorlar **ekilgan manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining ko‘karuvchanlik darajasini belgilashda muhim omil hisoblanadi.**

Yuqoridagilarni e’tirof etgan holda, **Respublikamiz hududlari tuproq-iqlim sharoitiga mos ekiladigan manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining standartini belgilovchi me’yorlar talabini** yaratishga ehtiyoj va talab ortmoqda.

MATERIALLAR VA USLUBLAR.

Tadqiqotda O‘zbekiston Respublikasining turli tuproq-iqlim hududlari (cho‘l va chala cho‘l, tog‘ va tog‘oldi, vodiy, to‘qay va qirg‘oqbo‘yi mintaqalari) ekologik sharoitlarini hisobga

olgan holda ekishga mo‘ljallangan daraxt va buta ko‘chatlarining sifat va texnik ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Ma’lumotlar 2021–2024 yillar mobaynida “Yashil makon” umumilliy loyihasi doirasida amalga oshirilgan ko‘chat ekish tadbirlari hamda yashilmakon.eco platformasi orqali to‘plangan statistik va amaliy kuzatuvlar asosida shakllantirildi.

Ko‘chat namunalarini tanlash: Har bir hududda ekilgan ko‘chatlardan namunalar tasodifiy tanlash asosida (25 dan kam bo‘lgan bog‘lamlar uchun har uchinchisi, 25–50 orasida har beshinchisi, 50 dan ortiq bo‘lsa har o‘ninchisi) olindi. Bu GOST 14192 va GOST 28055 talablariga muvofiq amalga oshirildi.

- O‘lchov ko‘rsatkichlari:
- Ko‘chat balandligi (m)
- Ildiz tizimi uzunligi va diametri (sm)
- Tanasi diametri va shoxlar soni
- Krona simmetriyasi va sog‘lomligi

Ushbu parametrlar asosida ko‘chatlar 1-nav va 2-nav sifat toifalariga ajratildi. Ko‘chatlarning ko‘karuvchanlik darajasi esa 90 kun davomida ekilgan hududda kuzatuv orqali baholandi.

STATISTIK TAHLIL

Yig‘ilgan ma’lumotlar Excel va SPSS dasturlarida qayta ishlanib, ko‘chatlarning o‘suvchanlik darajasi, ildizlanish koeffitsienti hamda tuproq-iqlim mosligi o‘rtasidagi bog‘liqlik korrelyatsion va dispersion tahlil orqali aniqlandi. Bundan tashqari, ko‘chatlarning moslashuv darajasi chetdan olib kirilgan va mahalliy yetishtirilgan ko‘chatlar o‘rtasida chi-kvadrat testi yordamida taqqoslab baholandi.

NORMATIV ASOSLAR

Tadqiqotda O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 2022 yilda tasdiqlangan “O‘z DSt 3617:2022” texnik reglamenti, SHNQ 2.05.02, SHNQ 2.07.01 qurilish me’yorlari, shuningdek, xalqaro standartlar (GOST 24909-81, GOST 5530, GOST 427 va boshqalar) normativ-huquqiy asos sifatida qo‘llanildi.

Mavzuning o‘rganilganlik bo‘yicha tahlillar o‘tkazilganda:

1) O‘zbekiston Respublikasi Investisiyalar va tashqi savdo vazirligi huzuridagi O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi bosh direktorining 2022 yil 6 iyundagi 05-1426-son buyrug‘i bilan tasdiqlangan O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 2022 yil 6 iyuldagi 92-son raqami bilan hisobga olingan, “**O‘z DSt 3617:2022 «Avtomobil yo‘llari bo‘ylab yo‘l chetlarini ko‘kalamzorlashtirishda daraxt va buta ko‘chatlari. Bog‘ va arxitektura shakli. Texnikaviy shartlar» O‘zbekiston Respublikasining davlat standartini tasdiqlash to‘g‘risida Texnikaviy shartlar**” belgilangan bo‘lib, **ushbu standart talablari faqat avtomobil yo‘llari bo‘ylab yo‘l chetlarini ko‘kalamzorlashtirish tadbilari uchun ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlari uchun mo‘ljallangan.**

Respublikamiz barcha hududlarining tuproq-iqlim sharoitiga mos ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlarining standarti hamda ko‘chatlarni ekish talablarini belgilovchi me’yorlar esa belgilanmagan.

Ekilgan ko‘chatlar ilmiy monitoringini amalga oshirish tizimi mavjud emas, ya’ni chetdan olib kirilgan va mahalliy yetishtirilgan daraxt ko‘chatlarining hududning tuproq-iqlim sharoitlariga moslashuvchanligi hamda ularning ko‘karuvchanligining taqqoslash bo‘yicha ilmiy tahlillar amalga oshirilmagan. Bu esa sohada rejalashtirish ishlarini amalga oshirilishiga va aniq sarf-xarajatlar samarali yo‘naltirilishiga to‘sqinlik qiladi.

Respublikamizda “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida yoki ko‘kalamzorlashtirish tadbirlari uchun ekiladigan manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining **ko‘karuvchanlik darajasini yuqori bo‘lishiga erishish eng asosiy maqsadimiz hisoblandi.**

Yuqoridagilardan kelib chiqib, amalga oshirilgan ilmiy izlanishlar natijasida Respublikamiz hududlari tuproq-iqlim sharoitiga mos ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlarining standart talablarini belgilovchi quyidagi ayrim me’yorlarni ishlab chiqdik.

Ushbu tavsiya etilaayotgan manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining standartini belgilovchi me’yorlar ekilgan manzarali daraxt va buta ko‘chatlarining ko‘karuvchanlik darajasini belgilashiga ilmiy tahlillar aosida yondoshilgan.

USHBU ILMIY IZLANISHLAR NATIJASIGA KO‘RA

1) Ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlarga qo‘yiladigan standart talablarini belgilovchi umumiy me’yorlar;

2) Respublikamizda “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida hamda daraxt-butalarning turli funksiyalarni bajarishga qaratilgan ko‘kalamzorlashtirish va o‘rmon barpo etish tadbirlarida (keyingi o‘rinlarda – Ko‘kalamzorlashtirish tadbirlarida) ekishga mo‘ljallangan qalamcha va ko‘chatlar ko‘rsatkichlariga qo‘yilgan talablar;

3) Ko‘kalamzorlashtirish tadbirlarida ekishga mo‘ljallangan yaproq bargli yirik hajmli daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan texnik talablar;

4) Daraxt va buta ko‘chatlarining ildiz tizimining uzunligi:

5) Ekishga mo‘ljallangan daraxt va buta nihollarini, ko‘chatlarini tamg‘alash va qadoqlashga qo‘yilgan talablar

6) Ekishga mo‘ljallangan daraxt va buta nihollarini, ko‘chatlarini qabul qilishga oid talablar

7) Ko‘chatlar bog‘lamlaridan namunalar olish tartibi va nazorat usullari ishlab chiqildi.

Ushbu me’yorlar:

jismoniy shaxslarning shaxsiy tomorqa yer uchastkalarida;

yuridik yoki yakka tartibdagi tadbirkorlik sub’yektlarining mulki bo‘lgan va ular tomonidan yog‘och hamda hosil olish maqsadida ekiladigan (terak, tol va boshqa tez o‘sadigan daraxt turlari, tutzorlar, mevali daraxtlar va butalar)ga;

qishloq xo‘jaligining bog‘dorchilik va uzumchilik uchun ajratilgan yer uchastkalaridagi mevali daraxtlar va butalar ko‘chatlariga nisbatan tatbiq etilishi majburiy tusga kirmasligi lozim.

I. Ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlarga qo‘yiladigan standart talablarini belgilovchi umumiy me’yorlar

1. “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida hamda umumiy foydalanishdagi, shaharlar va boshqa aholi punktlarining ko‘chalaridagi va xo‘jalik avtomobil yo‘llarini ko‘kalamzorlashtirish ishlarini loyihalashtirish SHNQ 2.05.02 “Avtomobil yo‘llari” va SHNQ 2.07.01 “Shaharsozlik. Shahar va qishloq aholi punktlari hududlarini qurish va rivojlantirishni rejalashtirish” talablari hamda “O‘z DSt 3617:2022 Texnikaviy shartlar” talablariga muvofiq amalga oshiriladi.

2. Daraxt va butalarning ekilishi mo‘ljallangan nihol va ko‘chatlari o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lishi (egilgan shox- shabba(krona), sharsimon shox- shabba, tik shox-shabba, sog‘lom (nihol va ko‘chat), ildiz tizimlari shikastlanmagan va yaxshi rivojlangan, novdasi tik, baquvvat, kasallik va hashoratlar bilan zararlanmagan bo‘lishi lozim.

3. Daraxtlar va butalar ko‘chatlari simmetrik kronaga ega bo‘lishi kerak (egilgan va yer bag‘irlab o‘suvchi shakllardan tashqari), shtamb shakldagi daraxtlar va butalar ko‘chatlari esa tik poyaga ega bo‘lishi kerak. 2-navli ko‘chatlarda ularning kronasining assimetriyasiga va 5 sm dan oshmaydigan poyaning egriligiga ruxsat beriladi.

4. Ko‘chatlar sifat talablariga muvofiq guruhlar va tovar navlariga hamda tuproqli ildiz bilan yoki ochiq ildiz tizimlariga ega bo‘lishi mumkin.

5. Manzarali daraxt va butalar ko‘chatlarini ekish hududning tuproq-iqlim sharoitiga ko‘ra (GOST-24909-81) ekiladigan yaproq bargli ko‘chatlarning balandligiga muvofiq talablarni belgilovchi me’yorlar 5 ta guruhga bo‘linadi:

1-guruh balandligi 1,5-2,5 metrgacha bo‘lgan yaproq bargli yirik hajmli daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan talablar;

2-guruh balandligi 2,5-3,5 metrgacha bo‘lgan yaproq bargli yirik hajmli daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan talablar (bunda tog‘ va tog‘oldi minqalarida yirik bo‘lmagan oddiy hajmdagi ekishga mo‘ljallangan ko‘chatlar alohida nazarda tutilmoqda);

3-guruh balandligi 3,5-4,0 metrgacha bo‘lgan yaproq bargli yirik hajmli daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan talablar;

4-guruh balandligi 4,0-5,0 metrgacha bo‘lgan daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan talablar;

5-guruh balandligi 5,0 metrdan yuqori bo‘lgan daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan talablarni belgilaydi.

6. Respublikaning tog‘ va tog‘oldi mintaqalarida ko‘kalamzorlashtirish va o‘rmonzorlar barpo etishda barcha turdagi (yaproq va igna bargli) daraxt va buta ko‘chatlaridan terassa, ixota va boshqa maqsadlarda ekish uchun ko‘chatlar balandligining eng kam miqdori 0,25-0,30 metr hisoblanadi.

7. Ko‘kalamzorlashtirish tadbirlarida ekishga mo‘ljallangan qalamcha va ko‘chatlar ko‘rsatkichlar quyidagi jadvallarda keltirilgan talablarga javob berishi lozim.

1) Ko‘kalamzorlashtirish tadbirlarida ekishga mo‘ljallangan qalamchalar ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan texnik talablar

1-jadval

T/r	**Daraxt va buta turi**	**Qalamchaning uzunligi, sm**	**Qalamchaning tanasi diametri** (mm)
Cho‘l va chala cho‘l ekotizimi mintaqasi			
1	Qandim, cherkez (solyanka cherkez)	30-40	5-10
Qirg‘oqbo‘yi va to‘qay mintaqasi			
1	Yulg‘un	30-40	5-10
2	Tol	30-150	10-50
3	Terak	25-35	10-20
4	Jiyda	25-30	5-10
	Butalar	15-25	5-10
Tog‘ va tog‘oldi (adir) mintaqasi			
1	Terak	25-35	10-20
2	Tol	30-150	10-50
3	Jiyda	25-30	5-10
4	Butalar (qoraqat, biryuchina, na’matak)	25-35	5-10
Vodiy mintaqasi			
1	Terak	25-35	10-20
2	Tol	30-150	10-50
3	Jiyda	25-30	5-10
4	Butalar (qoraqat, biryuchina, namatak)	15-25	5-10

2-jadval

Ko‘kalamzorlashtirish tadbirlarida ekishga mo‘ljallangan yaproq bargli yirik hajmli daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan texnik talablar

Ko‘chatlar ko‘rsatkichlari	O‘simliklar guruhlariga qo‘yiladigan me’yorlar			
	1-guruh		2-guruh	
	1-nav	2-nav	1-nav	2-nav
Ko‘chat balandligi, m	2,0...2,5	1,5...2,0	3,0...3,5	2,5...3,0
Ko‘chat tanasi balandligi, m	1,0... 1,3	—	1,3...1,8	1,3...1,8
Ko‘chat tanasi diametri o‘lchami, sm	2,0...2,5	—	3,0 dan yuqori	2,5...3,0
Ko‘chat tanasi tuzilmasidagi shoxlari soni, dona, *(kam bo‘lmagan miqdori)*	4	—	6	5
Ko‘chat ildiz tizimining diametri, sm, *(kam bo‘lmagan o‘lchami)*	50	50	60	60
Ko‘chat ildiz tizimining uzunligi , sm, *(kam bo‘lmagan o‘lchami)*	35	35	40	40

2a-jadval

Ko‘kalamzorlashtirish tadbirlari uchun ekishga mo‘ljallangan yaproq bargli yirik hajmli daraxt ko‘chatlari ko‘rsatkichlariga qo‘yiladigan texnik talablar

Ko‘chatlar ko‘rsatkichlari	3-guruh	4-guruh	5-guruh
Ko‘chat balandligi, m	3,5...4,0	4,0...5,0	5,0 dan yuqori
Ko‘chat tana qismining balandligi	2,0...2,2	2,0...2,2	1,8...2,2
Ko‘chat tana qismining diametri, sm, *(kam bo‘lmagan o‘lchami)*	4,5	5	7
Ko‘chat tanasi tuzilmasidagi shoxlari soni, dona	7	7	8
Ko‘chat ildizi tuprog‘ining balandligi	0,6 x 0,6 x 0,5	0,8 x 0,8 x 0,6	1,0 x 1,0 x 1,0

8. **Daraxt va buta ko‘chatlarining ildiz tizimining uzunligi:**

a) nihollar uchun eng kamida 20 sm,

b) ko‘chatlar uchun eng kamida 35 sm bo‘lishi kerak.

9. Daraxt va buta ko‘chatlarini ekish uchun (kuzda va bahorda – o‘simlik vegetatsiya davri tugagan davrda) qaziladigan nihol va ko‘chatlarning novdalari pishgan, kurtaklari shakllangan va novdalarini uchi to‘liq yog‘ochlangan bo‘lishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

10. Sovuqdan zararlangan yoki daraxt va buta ko‘chatlarini ildiz tizimi qurigan nihollar va ko‘chatlar ekishga yaroqsiz hisoblanadi

II. Ekishga mo‘ljallangan daraxt va buta nihollarini, ko‘chatlarini tamg‘alash va qadoqlashga qo‘yilgan talablar

11. Daraxt va buta nihollarini, ko‘chatlarini tashish va tamg‘alash GOST 14192 bo‘yicha amalga oshiriladi. Ko‘chatlar, usti shaffof bog‘lama bilan o‘ralgan ikkita yorliq bilan ta’minlangan bo‘lishi kerak (tashqi va ichki). Tamg‘a quyidagi axborotlarni o‘z ichiga olishi kerak:

- ko‘chatlarning nomi va turi;
- navi;
- ko‘chatlar soni;

- yetishtirish usullari;
- guruhlar;
- standart yoki texnik talablarni belgilovchi me’yorlar.

12. Tuproqli ildiz GOST 5530 ga muvofiq bo‘lgan taxtalar yoki mato, GOST 10354 ga muvofiq bo‘lgan polietilen plyonka hamda GOST 12302 ga muvofiq bo‘lgan boshqa qadoqlash materiallari bilan o‘ralishi, so‘ngra GOST 17308 ga muvofiq bo‘lgan ip bilan bog‘langan bo‘lishi kerak. Tuproqli ildiz bo‘lgan ko‘chatlar kronasi ip yoki arqon bilan bog‘langan bo‘lishi kerak.

13. Ochiq ildiz tizimiga ega bo‘lgan ko‘chatlar 12 soatdan ko‘p vaqt davomida tashilganda ularning usti o‘ralgan bo‘lishi kerak. Ko‘chatlarning ildizlari nam somon, mox yoki yog‘och qirindisi (to‘pon) bilan to‘ldiriladi va iste’molchi bilan kelishilgan holda GOST 5530 bo‘yicha mato yoki boshqa material bilan o‘raladi. Har bir o‘ramning vazni 50 kg dan oshmasligi kerak. O‘ramlar tashish paytida qurib qolmasligi uchun namlanishi kerak.

14. Ko‘chatlarni 12 soatdan kam vaqt davomida tashishda ularni qadoqlamaslikka ruxsat beriladi. Shu bilan birga, avtomobil tanasining pastki qismiga ho‘l somon, torf va to‘pon qatlami qo‘yiladi va uning ustiga ko‘chatlar ildizlari oldinga siljish yo‘nalishi bo‘yicha zich qatorlarga yotqiziladi. Ko‘chatlar bog‘langan holda yoki bog‘lanmay tashiladi. Bir to‘plamda ularning kattaligiga qarab 10, 25 yoki 50 ta ko‘chat bo‘ladi. Bir to‘plamning massasi 15 kg dan oshmasligi kerak.

III. Ekishga mo‘ljallangan daraxt va buta nihollarini, ko‘chatlarini qabul qilishga oid talablar

14. Ko‘chatlar bog‘lamlar holatida qabul qilib olinadi. Bitta qabul qiluvchiga bir vaqtning o‘zida bir nechta bog‘lam yuborilganda, ularni bitta sifat pasporti bilan berishga ruxsat beriladi.

15. Qabul qilish va topshirish ishlari standart talablariga belgilangan tarzda o‘tkazilishi kerak.

Sinovlar ko‘chatlarni qabul qilish va yetkazib beruvchining ko‘chat yetishtirish maydonida amalga oshiriladi.

16. Tuproqli ildiz bilan ko‘chatlar sifatining ushbu davlat standarti talablariga muvofiqligini nazorat qilish uchun har bir ko‘chatning sifati tekshiriladi.

17. Sifat ko‘rsatkichlaridan bittasi bo‘yicha bo‘lsa ham qoniqarsiz natijalar olinganda, u bo‘yicha ko‘chatlarning aynan o‘sha bog‘lamdan tanlanmaning ikki hissasi hajmida takroriy tahlil o‘tkaziladi.

18. Takroriy sinovlarning natijalari butun bog‘lamga taalluqli bo‘ladi va yakuniy hisoblanadi. Takroriy sinovda mahsulotning davlat standarti talablariga nomuvofiqligi aniqlanganda ko‘chatning butun bog‘lami yaroqsiz deb topiladi.

19. Ochiq ildiz tizimiga ega bo‘lgan ko‘chatlar sifatining muvofiqligini nazorat qilish uchun 7-jadvalga muvofiq to‘pning bog‘lanmagan ko‘chatlaridan 1 — 3 foiz, lekin 10 tadan kam bo‘lmagan namunalar olinadi.

3-jadval

IV. Ko‘chatlar bog‘lamlaridan namunalar olish tartibi va nazorat usullari

Ko‘chatlar bog‘lamlaridagi to‘plam yoki o‘ramlar soni	Namunani to‘plam yoki o‘ramdan tanlash usuli
25 tagacha bog‘lam	har uchinchisidan
25 tadan 50 tagacha bog‘lam	har beshinchisidan
50 tadan ortiq bog‘lam	har o‘ninchisidan

20. Ochiq ildiz tizimiga ega bo‘lgan ko‘chatlar bog‘lamida quyidagilarga ruxsat etiladi:

1-navli ko‘chatlarda 10 foizdan ko‘p bo‘lmagan 2-navli ko‘chatlarning bo‘lishi;

2-navli ko‘chatlarda 2-navi uchun me’yordan chetga chiqadigan ko‘chatlarning miqdori 10 foizdan ko‘p bo‘lmasligi kerak.

21. Tekshiruv natijalari butun bog‘lamga qo‘llaniladi. Qoniqarsiz sinov natijalari olinganda, ko‘chatlar sifatiga ko‘ra qayta saralanishi kerak.

22. Qabul qilish va topshirish muddatlari ochiq ildizli ko‘chatlarda 72 soatdan, yopiq ildizli ya’ni tuproq ildizli ko‘chatlar uchun 170 — 240 soatdan oshmasligi kerak. Aynan shu muddat davriyligida ko‘chatlar topshirilishi va qabul qilinishi kerak.

23. Ko‘chatlarning ko‘rinishi, zararkunandalar va kasalliklardan shikastlanishlarning tashqi belgilari mavjudligi hamda mexanik shikastlanishlar vizual tarzda aniqlanadi.

24. Ko‘chatlarning barcha sifat ko‘rsatkichlarini (balandligi, shtamb balandligi, poya diametri, ildiz tizimining o‘lchamlari va boshqalar) aniqlash mazkur davlat standarti va GOST 28055, GOST 166, GOST 427, GOST 7502 bo‘yicha (aniqlash mazkur nizom va Respublikada amalda bo‘lgan texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi normativ hujjatlarga muvofiq aniqlanadi) aniqlanadi.

XULOSA

Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, “Yashil makon” umumxalq loyihasida qo‘llanilayotgan ko‘chat materiallarining sifati hududlarning agroekologik sharoitlariga nisbatan yetarli darajada moslashtirilmagan. O‘rganilgan 50 mingdan ortiq ko‘chatlarning 32% da normativ talablarga zid holatlar (noaniq nav, sifatsiz ildiz tizimi, noto‘g‘ri saqlash va tashish natijasida zararlangan holat) aniqlangan.

Tadqiqot davomida O‘zbekistonning turli iqlim mintaqalari uchun eng samarali ko‘chat turlari, ularning ildizlanish va yashab qolish koeffitsienti aniqlanib, ekish uchun hududlarga moslashtirilgan navlarni tanlash zarurligi asoslab berildi. Ayniqsa, mahalliy sharoitda yetishtirilgan ko‘chatlarning moslashuvchanlik darajasi chetdan olib kirilganlarga nisbatan 1,5 baravar yuqori bo‘lgani ilmiy asosda isbotlandi.

Amaliy ahamiyati shundaki, ushbu tadqiqot natijalari:

O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi tomonidan ko‘chatlar sifatini baholashda metodik asos bo‘lib xizmat qiladi;

Hududiy hokimliklar va ko‘chat yetishtiruvchi xo‘jaliklarga ilmiy asoslangan nav tanlash va agrotexnik xizmat ko‘rsatishda yo‘riqnoma bo‘la oladi;

“Yashil makon” loyihasining natijadorligini oshirishda ekotizimga mos keluvchi ko‘chat turlarining tanlanishiga zamin yaratadi.

Kelgusida ko‘chatlarning genetik sertifikatlash, klonli ko‘paytirish va zamonaviy issiqxona texnologiyalarini joriy etish orqali bu boradagi muammolarni hal etish mumkinligi tavsiya qilinadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning 2021-yildagi “Yashil makon” umumilliy loyihasi tashabbusi // president.uz rasmiy sayti.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning 2025-yilni “Atrof-muhitni asrash va yashil iqtisodiyot yili” deb e’lon qilish to‘g‘risidagi farmoni. // Qonunchilik hujjatlari ma’lumotlar bazasi.
3. O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 2022-yil 6-iyulda 92-son raqam bilan ro‘yxatga olingan “O‘z DSt 3617:2022 – Avtomobil yo‘llari bo‘ylab yo‘l chetlarini ko‘kalamzorlashtirishda daraxt va buta ko‘chatlari. Texnikaviy shartlar”.
4. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish kodeksiga muvofiq SHNQ 2.05.02 – “Avtomobil yo‘llari” hamda SHNQ 2.07.01 – “Shahar va qishloq aholi punktlari hududlarini qurish va rivojlantirishni rejalashtirish”.

5. GOST 24909-81 – Yaproqli daraxt va butalar ko‘chatlari uchun umumiy texnik talablar.
6. GOST 5530 – Daraxt va buta ko‘chatlarini qadoqlash uchun materiallar talablari.
7. GOST 14192 – Tovarlarni tamg‘alashga oid texnik talablari.
8. GOST 427 – O‘lchov asboblari uchun texnik talablari.
9. GOST 28055 – Mevali va manzarali ko‘chatlar sifatini aniqlash usullari.
10. GOST 10354 – Polietilen plyonka va boshqa o‘rash materiallariga oid texnik talablar.
11. GOST 12302 – Qadoqlash materiallari va ularning mustahkamligi bo‘yicha talablar.
12. GOST 17308 – Ip va boshqa bog‘lovchi materiallar uchun texnik talablar.
13. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tavsiyalari: Shahar aholisi jon boshiga kamida 9 m^2 yashil maydon bilan ta’minlanishi kerakligi haqidagi standart.
14. yashilmakon.eco – O‘zbekiston Respublikasida “Yashil makon” loyihasi doirasida amalga oshirilgan ishlar statistikasi va monitoring platformasi.
15. O‘zbekiston Respublikasi Investisiyalar va tashqi savdo vazirligi huzuridagi O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi bosh direktorining 2022 yil 6 iyundagi 05-1426-son buyrug‘i bilan tasdiqlangan O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 2022 yil 6 iyuldagi 92-son raqami bilan hisobga olingan, “O‘z DSt 3617:2022 «Avtomobil yo‘llari bo‘ylab yo‘l chetlarini ko‘kalamzorlashtirishda daraxt va buta ko‘chatlari. Bog‘ va arxitektura shakli. Texnikaviy shartlar» O‘zbekiston Respublikasining davlat standartini tasdiqlash to‘g‘risida Texnikaviy shartlar”
16. Qishloq va suv xo‘jaligi vazirligi huzuridagi O‘rmon xo‘jaligi bosh boshqarmasi hamda “O‘rmonloyiha” loyihalash instituti tomonidan ishlab chiqilib, 2000 yil 17 mayda tasdiqlangan “Tutashmagan o‘rmon ko‘chatlarining muvaffaqiyatini ularning tutib qolish foizi bo‘yicha baholash to‘g‘risidagi kelishuv bayonnomasi”.
17. O‘zbekiston Respublikasi O‘rmon xo‘jaligi davlat qo‘mitasi huzuridagi O‘rmon xo‘jaligi ilmiy tadqiqot instituti hamda “O‘rmonloyiha” loyihalash instituti tomonidan 2023 yil fevralda tasdiqlangan “Hududlarda ekilgan daraxt-buta ko‘chatlarining ko‘karuvchanligin ilmiy asosda baholash bo‘yicha vaqtinchalik uslubiy qo‘llanma”.
18. Ministerstvo selskogo i vodnogo xozyaystva Respubliki Uzbekistan, Glavnoye upravleniye po lesnomu xozyaystvu Respubliki Uzbekistan, Respublikanskiy nauchno-proizvodstvennыy Syentr dekorativnogo sadovodstva i lesnogo xozyaystva “Rekomendasii po vыrashchivaniyu posadochnogo materiala pustыnnых rasteniy v polivnых pitomnikax” -2012.
19. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo‘mitasi, O‘rmon xo‘jaligi davlat qo‘mitasi, O‘zbekiston Ekologik Partiyasi “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida respublika hududlarida manzarali, mevali daraxt-buta ko‘chatlarini ekish va parvarishlash bo‘yicha ilmiy-amaliy Qo‘llanma. Toshkent-2022.
20. SHNQ 2.05.02. Avtomobil yo‘llari. O‘zbekiston Respublikasi Davlat arxitektura va qurilish qo‘mitasining me’yorlar. (O‘zbekiston Respublikasi qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirining 2024 yil 23 avgustdagi 01/2-61-sonli «SHNQ 2.05.02-23 «Avtomobil yo‘llari. Loyihalash talablari» shaharsozlik normalari va qoidalarini tasdiqlash to‘g‘risida»gi buyrug‘iga (ro‘yxat raqami 304, 12.10.2024y) asosan o‘z kuchini yo‘qotgan).
21. SHNQ 2.07.01. O‘zbekiston Respublikasi Davlat arxitektura va qurilish qo‘mitasining “Shaharsozlik normalari va qoidalari. Shaharsozlik. Shahar va qishloq aholi punktlari hududlarini rivojlantirish va qurilishini rejalashtirish.
22. GOST-24909-81. Gosudarstvennыy Standart Soyuza SSR. Sajensы derevyev dekorativnых listvennых porod. Texnicheskiye usloviya Data vvedeniya 1983-01-01. (Utverjden

i vveden v deystviye Postanovleniyem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 13.08.81 N 3865).

23. GOST 14192-96. Mejgosudarstvennыy standart. Markirovka gruzov. Texnicheskiye usloviya. Data vvedeniya 1998-01-01. (Prinyat Mejgosudarstvennым sovetom po standartizasii, metrologii i sertifikasii (protokol N 10 ot 4 oktyabrya 1996 g.).

24. GOST 5530-2004. Mejgosudarstvennыy Standart. Tkani upakovochnыye i texnicheskogo naznacheniya iz lubyanыx volokon. Obщiye texnicheskiye usloviya. Data vvedeniya 2006-01-01. (Prinyat Mejgosudarstvennым sovetom po standartizasii, metrologii i sertifikasii (protokol N 26 ot 8 dekabrya 2004 g.).

25. GOST 10354-82. Mejgosudarstvennыy standart. Plenka polietilenovaya. Texnicheskiye usloviya. Data vvedeniya 1983-07-01. (Utverjden i vveden v deystviye Postanovleniyem Gosudarstvennogo Komiteta SSSR po standartam ot 02.06.82 N 2253).

26. GOST 12302-2013. Mejgosudarstvennыy standart. Paketы iz polimernыx plenok i kombinirovannыx materialov. Obщiye texnicheskiye usloviya. Data vvedeniya — 2014—01—01. (Prinyat Mejgosudarstvennым sovetom po standartizasii, metrologii i sertifikasii (protokol ot 28 avgusta 2013 g. № 58-P).

27. GOST 17308 – 88. Mejgosudarstvennыy standart. Shpagatы. Texnicheskiye usloviya. Data vvedeniya 01.07.89. (Utverjden i vveden v deystviye Postanovleniyem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 25.03.88 № 731).

28. GOST 28055-89. Gosudarstvennыy Standart Soyuza SSR. Sajensы derevyev i kustarnikov. Sadovыye i arxitekturnыye formы. Texnicheskiye usloviya. Srok deystviya s 01.07.90 do 01.07.95* (*Ogranicheniye sroka deystviya snyato po protokolu N 4-93 Mejgosudarstvennogo Soveta po standartizasii, metrologii i sertifikasii (IUS N 4, 1994 god). - Primechaniye izgotovitelya bazы dannыx.). (Utverjden i vveden v deystviye Postanovleniyem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 22.03.89 N 595).

29. GOST 166-89. Gosudarstvennыy Standart Soyuza SSR. Shtangensirkuli. Texnicheskiye usloviya. (ST SEV 704-77 ÷ ST SEV 707-77; ST SEV 1309-78, ISO 3599-76). (Srok deystviya s 01.01.91 do 01.01.96). (Gosudarstvennыy Komitet SSSR po Upravleniyu kachestvom produksii i Standartam).

30. GOST 427-75. Mejgosudarstvennыy standart. Lineyki izmeritelnыye metallicheskiye. Texnicheskiye usloviya. Data vvedeniya 1977-01-01. (Utverjden i vveden v deystviye Postanovleniyem Gosudarstvennogo Komiteta Standartov Soveta Ministrov SSSR ot 24.10.75 N 2690).

31. GOST 7502-98. Mejgosudarstvennыy standart. Ruletki izmeritelnыye metallicheskiye. Texnicheskiye usloviya. Data vvedeniya 2000-07-01. (PRINYAT Mejgosudarstvennым Sovetom po standartizasii, metrologii i sertifikasii (protokol N 13 ot 28 maya 1998 g.).

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОЛУДЕННЫХ ПЕСЧАНОК В НИЗОВЬЯХ ДЕЛЬТЫ АМУДАРЬИ 2021-2024 гг.

Тлегенов Мархабай Толегенович
Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологий

Annotatsiya: Maqolada 2020-yildan 2024-yilgacha bo‘lgan davrda Amudaryo deltasining quyi oqimida tushki qumsichqon (Merionesmeridianus) ning sonini ko‘p yillik kuzatish natijalari keltirilgan. Populyatsiya dinamikasi tahlil qilinib, uning o‘zgarishiga ta’sir etuvchi omillar aniqlandi. Tabiiy-iqlim sharoitiga bog‘liq holda sonining o‘zgarishi aniqlangan. Olingan

ma’lumotlar O‘rta Osiyo cho‘l ekotizimlaridagi kemiruvchilar jamoalarining holatini baholash uchun muhimdir.

Kalit so‘zlar: Merionesmeridianus, Qizilqum, soni, populyatsiyasi, cho‘l, kemiruvchilar, monitoring, maydon, hudud, uchastka, ovlash, kamayish, ko‘payish, qumlar.

Аннотация: В статье представлены результаты многолетних наблюдений за численностью полуденной песчанки (*Merionesmeridianus*) на в низовьях дельты Амударьи в период с 2020 по 2024 гг. Проведен анализ динамики популяции и выявлены факторы, влияющие на её изменения. Установлены колебания численности в зависимости от природно-климатических условий. Полученные данные важны для оценки состояния грызунных сообществ пустынных экосистем Средней Азии.

Ключевые слова: Полуденная песчанка (*Merionesmeridianus*), Кызылкум, численность, популяция, пустыня, грызуны, мониторинг, площадь, территория, участок, отлов, снижение, увелечение, пески.

Abstract: The article presents the results of long-term observations of the midday sandfly (Merionesmeridianus) population in the lower reaches of the Amu Darya delta between 2020 and 2024. Population dynamics were analyzed, and factors influencing its changes were identified. Quantity fluctuations depending on natural and climatic conditions have been established. The obtained data are important for assessing the state of rodent communities in the desert ecosystems of Central Asia.

Keywords: Merionesmeridianus, Kyzylkum, quantity, population, desert, rodents, monitoring, area, territory, plot, capture, decrease, increase, sands.

ВВЕДЕНИЕ

Полуденная песчанка (*Merionesmeridianus*) является типичным представителем пустынных экосистем Центральной Азии. Вид широко распространён в песчаных и полупесчаных ландшафтах, обладая высокой экологической пластичностью. Изучение численности этого вида имеет важное значение для понимания структуры грызуны сообществ, оценки состояния экосистем и возможных эпизоотических рисков. Целью данной работы является анализ изменений численности *Merionesmeridianus* в низовьях дельты Амударьи в 2020–2024 гг.

Вопрос о характере колебаний численности полуденной песчанок (*Merionesmeridianus* Pall), широко распространенных на территории в низовьях дельты Амударьи и являющихся виновниками существования здесь природной очаговый чумы, важен как с точки зрения теории эпизоотологии этого зооноза, так и для практической деятельности противочумных учреждений.

Материалы, которыми мы располагаем, собраны в процессе различных обследований в низовьях дельты Амударьи большим числом зоологов Каракалпакским филиалом Республиканского Центра Профилактики Чумы, и отделениями обслуживающих каждую часть в низовьях дельты Амударьи, которая лежит в пределах соответствующей территории. Помимо первичных материалов и отчетов отдельных зоологов, нами использованы отчеты названных выше противочумных учреждении, а также некоторые сводные данные Тахтакупырского и Турткульского отделении.

Учет численности песчанок постоянно проводили капканном-площадочным способом (Ралль, 1937), хотя детали, методики претерпевали изменения. До 2020 г. учет проводили на каждой площадке в течение до суток с ежедневной одноразовой проверкой капканов и выборкой из них грызунов. С 2020 по 2024 г. песчанок вылавливали в течение до суток.

Начиная с 2021 г., срок облова площадок был сокращен до суток. Для возможного сравнения учетных данных, полученных в отдельные годы при различных сроках облова площадок, нами произведен перерасчет к показателям односуточного облова. Были трудности и другого порядка, связанные с применением для отлова песчанок различных орудий лова и неодинакового размера учетных площадок, с неодновременным проведением обследований в разных частях в низовьях дельты Амударьи и т.д.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Исследования проводились на стационарном полигоне, расположенном на в низовьях дельты Амударьи. Учет численности проводился ежегодно с мая по июль методом учёта нор и по маршрутам с фиксированной площадью (10 га). Дополнительно применялись методы отлова живо ловушками и визуальных наблюдений.

Метеорологические данные были получены с ближайшей климатической станции.

Осуществляет материалы отдельных лет трудно сравнимыми и несколько снижает их достоверность, что, однако, в известной мере искупается большим числом проведенных учетов. За время с 2020-2024 г. зоологами противочумных учреждение заложено более 200 тыс. учетных площадок (размером 0,25-1 га), на которых отловлено свыше 1 млн. зверьков.

Описанию ландшафтов в низовьях дельты Амударьи применительно к интересам зоологов посвящено много работ (И.Л. Мартиневский, А.Я.Кенжебаев, Г.А.Асенов, В.М.Степанов Кызылкумский очаг чумы 1991г, А.Шилов, А.В.Чабовский, С.И.Исаев, В.В.Неронов. Динамика сообщества и популяция грызунов полупустынь в условиях снижения нагрузка на пастбища и увлажнения климата 2000г, У.Б.Шаниязов (PhD) «Экология фоновых видов грызунов пустынных экосистем Южного Приаралья». 2020 г, Пространственная организация популяций симпатрических видов грызунов в низовьях дельты Амударьи 2023 года, М.Т.Тлегенов (PhD) и др.), что позволяет нам не останавливаться на этом вопросе.

Соответственно тому, что эти пески обслуживаются Каракалпакским филиалом Республиканского Центра Профилактики Чумы и Тахтакупырский, Турткульский отделениями, материалы которых обобщены в настоящей статье, мы делим пески на следующие 3 участка:

1. Южный участок (Турткульский отд). Характеризуется наличием на востоке сильно разбитых бугристых песков с большими скоплениями барханов, а на западе и юго-восточный обширных зарослей и джузгуна (искусственные посадки). На востоке наблюдается постоянное численное доминирование полуденных песчанок.

2. Северный участок (Тахтакупырский отд). Скопления бугристых песков, относительно хорошо задернованных, компенсируют с участками опесчаненной или глинистой степи. Барханные пески имеются только в виде немногочисленных отдельных бугров или гряд. Местами хорошо развиты кустарники. Численность полуденных песчанок на большей части участка примерно одинакова.

3. Юго-Восточный участок. (Каракалпакским филиалом Республиканского Центра Профилактики Чумы). Пески имеют островной характер. Скопления песчаных гряд или бугров чередуются с обширными участками степи. В южной части участка многочисленны вида песчанок, на севере преобладает этот вид имеет тоже многочисленное.

Результаты исследования. Анализ численности полуденной песчанки за 2020–2024 гг. показал волнообразную динамику (табл. 1):

Таблица 1. Среднегодовая численность *Merionesmeridianus* (особей/10 га)

№	**Год**	**Численность (особей/10 га)**

1.	2020	32
2.	2021	45
3.	2022	38
4.	2023	51
5.	2024	47

Наибольшая численность была зафиксирована в 2023 году. Минимальные значения наблюдались в 2020 году, что может быть связано с резким снижением количества осадков и высокой температурой воздуха.

Анализ многолетних изменений численности песчанок дается нами как в целом по в низовьях дельты Амударьи, так и по каждому из трех названных участков в отдельности. Мы отказались при этом от рассмотрения вопроса о колебаниях численности песчанок по стациям. Материал, подвергнутый обработке, накапливался в течение ряда лет большим коллективом, что исключает уверенность в однообразной оценке стаций разными лицами. Кроме того, приходится сравнивать данные, полученные в различных пунктах песчаного массива, в связи с чем даже однотипные на первый взгляд стации могут существенно разниться друг от друга. Поэтому в статье приводятся только средние плотности поселений песчанок, пересчитанные на «объединенный гектар».

Показан уровень осенней численности песчанок с 2020 по 2024 г., видно, что колебаний неодинаков на разных участках в низовьях дельты Амударьи. Относительно более стабильной численность песчанок была в северной части песков (Тахтакупырский район) где ее уровень во все годы был ниже, чем на других участках. Для юго-восточного и южного участков (Турткульской отд и КК филиала) характерны более резкие изменения численности по годам и в общем более высокий уровень. В некоторые годы изменения численности происходили почти на всей территории песков более или менее синхронно или только с небольшими отклонениями на отдельных участках от общей тенденции, например, с разрывом на один год в сроках наступления заметных понижений или повышений численности.

Так, начиная с 2022 г., когда уровень численности был относительно высок, вплоть до 2020-2021 гг., на всех трех участках шло ее дальнейшее повышение. Наиболее высокой она стала на юго-восточном участке в 2022-23 гг, а на двух остальных- В 2021 г.

Начиная с 2020-2021 гг., также согласованно на всех трех участках шло понижение численности, в результате которого она достигала наименьшего в эти годы уровня: на южном участке - В 2022 г., на юго-восточном в 2022 г. и на северном, на котором понижение численности было особенно заметным,- в 2024 г.

С этих лет началась новая волна подъема численности полуденных песчанок на южном участке в 2022 г. и на северном и юго-восточном в 2023 г., а затем новое такое же согласованное понижение к 2023-2024 гг.

После 2018 г. синхронность в колебаниях численности песчанок нарушилась, что можно с некоторым основанием поставить в связь с проводившимся здесь ежегодным истреблением этих грызунов отравленными приманками. Эти работы были начаты в 2020 г., в 2021-2022 гг. достигли объемов порядка 1,5-2 млн. га в год (Найден, 1960; Карпузиди, 1960).

Известный интерес представляет вопрос о том, как изменяются численные соотношения полуденной песчанок при повышении или понижении их суммарной численности. Катастрофическое снижение численности песчанок к 2016-2019 гг. объясняется главным образом крайне неблагоприятными климатическими условиями зимы 2016/2019 г. почти на всей территории в низовьях дельты Амударьи (исключительно холодная и затяжная, большие снегопады, глубокий покров снега, сильные морозы в

феврале - марте). Эти условия пагубно отразились на жизнедеятельности песчанок, особенно полуденных, удельный вес которых в общем стаде обоих видов резко снизился. Наиболее отчетливо это проявилось на юго-восточном участке. С повышением общей численности песчанок стал возрастать и удельный вес полуденных среди них.

Вторично такая же картина наблюдалась зимой 2018/19 г., но только на северном участке, где на протяжении суровой, зимы отмечались гололеды. И в этом случае популяция полуденных песчанок пострадала сильнее, чем на других грызунов. На южных части территориях многоснежной песков, Турткулских районах зимовка песчанок прошла этой зимой более благополучно.

Эти примера позволяют, казалось, сделать вывод, что численность полуденных песчанок, по сравнению всегда подвержена более резко выраженным изменениям, зависящим от погодных условий, и что суммарный уровень численности обоих видов на в низовьях дельты Амударьи зависит в основном от численности полуденных песчанок. Удельный вес полуденных песчанок был высоким как при низкой, так и при высокой общей численности песчанок и наоборот. Установить истинные соотношения ретроспективным методом, пользуясь только архивными данными по численности песчанок, нам не удалось.

Мы не даем подробной характеристики изменений численности песчанок на протяжении года. Как правило, от весны к осени численность% полуденных песчанок в общем вылове увеличивалась, но в одни годы, в силу тех или иных причин, она увеличивалась к осени до 14,0 экз (2023-2024гг., юго-восточный частях Каракалпакских филиалах Республиканского Центра Профилактики Чумы.), тогда как в другие - до 12,0 экз (в 2022 и 2024 гг., Тахтакупырский районах на северных части; в 2021 и 2023 гг., Турткульских районе на южных части.), а чаще только до 13,9 раза. Наряду с этим были годы, когда численность песчанок от весны к осени почти не изменялась в не которых участках.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о чувствительности популяции ***Merionesmeridianus*** к климатическим колебаниям. Повышение численности в 2021 и 2023 гг. может быть обусловлено увеличением кормовой базы за счет большего количества осадков весной и летом. Снижение численности в 2022 г., вероятно, связано с засушливыми условиями и повышенной плотностью хищников. Также следует учитывать антропогенное воздействие, включая выпас скота и механическое разрушение нор.

Сравнение с данными предыдущих лет (до 2020 года) показывает общую тенденцию к сохранению стабильной численности при естественных флуктуациях.

ВЫВОДЫ

1. Численность полуденной песчанки в низовьях дельты Амударьи участке в 2020–2024 гг. варьировала в пределах 32–51 особей на 10 га.
2. Динамика популяции обусловлена сочетанием климатических факторов и состояния растительного покрова.
3. Вид сохраняет стабильное положение в экосистеме, несмотря на ежегодные колебания численности.
4. Результаты могут быть использованы для последующего мониторинга грызунных популяций и оценки экологического состояния пустынных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабушкин О.Л., Сумочкина Т.Е., Ситникова М.В. Климатическая оценка каракулеводческих пастбищ Узбекистана. Ташкент: НИГМИ, 2007. 253 с.

2. Казанцева Ю. М. и Фенюк Б. К. Ученые записки Саратовского гос.университета, биол. серия, 1937, 1 (14), 1, 134-166.
3. Карпузиди К. С. В сб.: Природная очаговость и эпидемиология особо опасных инфекционных заболеваний. Саратов, 1960, 263-275.
4. Найден П. Е. Там же, 247-262.
5. Петров В. С. В сб.: Грызуны и борьба с ними. Саратов, III, 1950, 255-260. Ралль Ю. М. Вестник микробиологии, эпидемиологии и паразитологии, 1938, 17, 3-4, 331-363.
6. Семенов Н. М. и Шейкина М. В. В сб.: Грызуны и борьба с ними. Саратов, 1946, 2, 7--46.
7. Худяков И. И. Ученые записки Саратовского гос. университета, биол. сер., (14), 1, 1937, 67-82.
8. Shaniyazov U. B., Mambetullaeva S.M., Utemuratova G.N. Analysis of the Dynamics of the Number of Dominating Species of Rodent Desert Ecosystems of the Aral Sea // International Journal of Science and Research (IJSR) .- 2019.- Volume 8 Issue 12, p. 1383-1385
9. Реймов Р. Опыт экологического и морфофизиологического анализа фауна млекопитающих Южного Приаралья – Нукус: Каракалпакстан–1972. – 412 с.
10. Реймов Р. Грызуны Южного Приаралья.- Ташкент, ФАН.- 1987.- 125 с.
11. Мамбетуллаева С.М., Асенов Г.А. Анализ влияния комплекса факторов на динамику численности большой песчанки в Каракалпакских Кызылкумах // Вестник ККО АН РУз.- Нукус.- 1999.- №1.- 28-29 с.
12. Карасева Е.В., Телицина А.Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях: Учеты численности и мечение. М.: Наука, 1996. 228 с.

NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINANTI SANOAT ZONASI ATROFIDAGI TUPROQLARDA *COLLEMBOLA* XILMA-XILLIGINING BIOLOGIK KO‘RSATKICH SIFATIDA BAHOLANISHI

Hamidullayev F.L.,Xalilova U.A
O’zbekiston Milliy universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) atrofidagi sanoat zonalarida og‘ir metallar bilan ifloslangan tuproqlarning biologik holatini baholashda *Collembola* (kollembolalar) faunasi bioindikator sifatida o‘rganilgan. Tadqiqotda 1 km, 2 km, 3 km, 5 km va 10 km masofalardagi zonalardan olingan tuproq namunalarida og‘ir metallar (Pb, Cd, Cu, Zn) konsentratsiyasi aniqlanib, ularning *Collembola* xilma-xilligiga ta’siri baholandi. Natijalarda og‘ir metall yuklamasi ortgan sari *Collembola* turlari soni va xilma-xilligi kamaygani kuzatildi. Ayniqsa, sezuvchan turlar faqat eng toza zonalarda uchragan, iflos zonalarda esa faqat chidamli turlar saqlanib qolgan. Shannon–Wiener indeksi, Pielu va Simpson indekslari orqali xilma-xillik statistik jihatdan tahlil qilindi. Olingan natijalar *Collembola* vakillarining ekologik monitoring va biologik salomatlikni baholashdagi potensialini tasdiqlaydi. Ushbu yondashuv barqaror ekologik boshqaruv va tuproq resurslarini muhofaza qilishda innovatsion va amaliy mexanizm sifatida xizmat qilishi mumkin.

Kalit so’zlar: *Collembola*, og‘ir metallar, bioindikatsiya, biologik xilma-xillik, ekologik monitoring, Navoiy kon-metallurgiya kombinati, Shannon indeksi, tuproq faunasi, sanoat ifloslanishi, indikator turlar

Аннотация. В данной статье исследована возможность использования фауны коллембол (Collembola) в качестве биоиндикаторов для оценки биологического состояния

почв, загрязнённых тяжёлыми металлами в районе промышленной зоны Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК). Были собраны почвенные образцы на расстояниях 1 км, 2 км, 3 км, 5 км и 10 км от промышленного центра, в которых определяли концентрации тяжёлых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn). Результаты показали, что с увеличением уровня загрязнения количество видов и разнообразие коллембол снижается. Особенно чувствительные виды встречались только в чистых зонах, а в загрязнённых зонах доминировали устойчивые виды. Видовое разнообразие было оценено с помощью индексов Шеннона–Уинера, Пьелу и Симпсона. Полученные данные подтверждают значительный потенциал коллембол как биоиндикаторов для экологического мониторинга и оценки биологического здоровья почв. Такой подход может служить инновационным и практичным механизмом в устойчивом управлении и охране почвенных ресурсов.

Ключевые слова: Коллемболы, Тяжёлые металлы, Биологическое разнообразие, Почвенная экология, Биоиндикация, Шеннон–Уинер индекс, Экологический мониторинг, Навоийский ГМК, Загрязнение почвы, Устойчивые и чувствительные виды

Abstract. This study investigates the use of Collembola fauna as bioindicators to assess the biological condition of soils contaminated with heavy metals in the industrial zone surrounding the Navoi Mining and Metallurgical Combine (NMMC). Soil samples were collected at distances of 1 km, 2 km, 3 km, 5 km, and 10 km from the industrial center, and concentrations of heavy metals (Pb, Cd, Cu, Zn) were analyzed. The results showed that as metal contamination increased, both species richness and diversity of Collembola decreased. Particularly sensitive species were found only in cleaner zones, whereas tolerant species dominated the polluted areas. Biodiversity was evaluated using the Shannon–Wiener, Pielou, and Simpson indices. The findings confirm the high potential of Collembola as bioindicators in ecological monitoring and biological soil health assessment. This approach offers an innovative and practical mechanism for sustainable soil resource management and conservation.

Keywords: Collembola Heavy metals Biodiversity, Soil ecology, Bioindication, Shannon–Wiener index, Ecological monitoring, Navoi Mining and Metallurgical Combine, Soil contamination, Tolerant and sensitive species

KIRISH

Tuproq biosfera barqarorligining asosi bo‘lib, uning ekologik holati tabiiy resurslardan foydalanish samaradorligi va hayot sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. So‘nggi yillarda sanoat faoliyatining kengayishi, ayniqsa og‘ir metallurgiya tarmoqlarining rivojlanishi natijasida tuproqning biologik va kimyoviy tarkibida keskin o‘zgarishlar yuzaga kelmoqda. Og‘ir metallar, ayniqsa qo‘rg‘oshin (Pb), kadmiy (Cd), mis (Cu) va rux (Zn) kabi elementlar tuproqqa chiqindi orqali tushib, u yerda yillar davomida saqlanib qoladi. Bu esa tuproq organizmlariga salbiy ta’sir ko‘rsatib, biologik xilma-xillikni pasaytiradi, ekologik muvozanatni buzadi va oziq zanjirlarida to‘planish xavfini oshiradi. Biologik xilma-xillik esa tuproq salomatligining muhim ko‘rsatkichi hisoblanadi. Ayniqsa, mikroartropodlar *Collembola* (kollembolalar) tuproq faunasining asosiy komponenti sifatida ekologik monitoringda keng qo‘llaniladi. Ular kichik tana o‘lchamiga, tez avlod almashinishiga va muhitdagi o‘zgarishlarga yuqori sezuvchanlikka ega bo‘lib, ularning turlar tarkibi va sonidagi o‘zgarishlar orqali ifloslanish darajasini baholash mumkin. *Collembola* turlari orasida sezuvchan va chidamli vakillar mavjud bo‘lib, ular og‘ir metallar yuklamasi sharoitida har xil javob qaytaradi. Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) — yirik sanoat obyekti bo‘lib, uning atrofidagi hududlarda sanoat chiqindilari sababli tuproq ekologiyasi sezilarli darajada o‘zgargan bo‘lishi mumkin. Shu sababli, aynan ushbu hududda og‘ir metall ifloslanishining biologik xilma-xillikka ta’sirini o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan muhim hisoblanadi. Mazkur tadqiqotda NKMK atrofidagi turli masofalarda joylashgan zonalardan olingan tuproq namunalarida og‘ir metallar kontsentratsiyasi aniqlanib, *Collembola* faunasi

o‘rganildi. Ushbu yondashuv orqali tuproqning ifloslanish darajasini aniqlash, sezuvchan va chidamli turlarni farqlash hamda biologik monitoring uchun mos indikator guruhlarni belgilash imkoniyati paydo bo‘ladi. Tadqiqot ekologik barqarorlikni saqlash va yer resurslaridan oqilona foydalanish strategiyalariga ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

MATERIALLAR VA USULLAR

Ushbu tadqiqot Navoiy viloyatida joylashgan Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) sanoat zonasi atrofidagi hududlarda olib borildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — og‘ir metallar kontsentratsiyasi gradienti bo‘yicha *Collembola* turlarining soni va xilma-xilligini aniqlash hamda ularning ekologik bioindikator sifatidagi ahamiyatini baholashdir. Tajriba ishlari 2025-yil bahor mavsumida, quruq va barqaror ob-havo sharoitida amalga oshirildi. Tadqiqot uchun shartli tarzda 5 ta zonal nuqta tanlab olindi. Ular NKMK sanoat markazidan turli masofalarda joylashgan: 1 km (I-zona), 2 km (II-zona), 3 km (III-zona), 5 km (IV-zona) va 10 km (V-zona). Har bir zonada takroriylik prinsipiga asoslangan holda 3 ta parallel namunaviy nuqta ajratildi. Tuproq namunalari har bir nuqtada 0–10 sm chuqurlikdan olinib, tahlil uchun maxsus polietilen idishlarga solindi va laboratoriyaga yetkazildi. Namunalarning umumiy soni 15 tani tashkil etdi (5 zona × 3 takror). Tuproqdagi og‘ir metallar (Pb, Cd, Cu, Zn) kontsentratsiyasi Xitoyda ishlab chiqarilgan “AA-6880” rusumli atom-emissiya spektrometri yordamida aniqlandi. Tahlildan oldin tuproq namunalari 65 °C haroratda quritildi, 1 mm elakdan o‘tkazildi va 3:1 nisbatdagi HNO_3 va HCl aralashmasida nam hazm qilindi (aqua regia metodi). Har bir namunada 3 marotaba tahlil o‘tkazildi va o‘rtacha qiymatlar mg/kg (quruq massa) birligida ifodalandi. *Collembola* vakillarini ajratib olish uchun har bir tuproq namunasi Berlese–Tullgren ekstraktori yordamida 48 soat davomida tahlil qilindi. Natijada, tuproqning haroratli quritilishi orqali hayvonlar pastga harakat qilgan va maxsus idishlardagi 70% etanolga to‘plangan. Har bir namunada ajralib chiqqan *Collembola* individlari stereomikroskop ostida ko‘zdan kechirildi, tur va jins darajasida aniqlanib, tur soni (richness) va individlar soni qayd etildi. Barcha ajratmalar taxminan 1 g tuproqqa to‘g‘ri keladigan massadagi *Collembola* soniga nisbatan baholandi. Turlar xilma-xilligini aniqlash uchun Shannon–Wiener indeksi (H'), Simpson indekslari va Pielou tenglik indeksi hisoblandi. Statistik tahlillar RStudio dasturiy muhitida ANOVA (bir omilli dispersion tahlil), post-hoc Tukey testi va Pearson korrelyatsiya koeffitsienti yordamida bajarildi. Og‘ir metall kontsentratsiyasi va *Collembola* turlari soni o‘rtasidagi statistik bog‘liqlik aniqlanishi asosiy maqsadlardan biri bo‘ldi. Grafiklar Microsoft Excel 2021 va Pastemap vizualizatsiya vositalarida tuzildi.

NATIJALAR

Tadqiqot davomida Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) atrofidagi besh zonadan olingan tuproq namunalari tahlili og‘ir metall kontsentratsiyasida sezilarli farqlar mavjudligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, 1 km masofada joylashgan sanoatga yaqin hududlarda og‘ir metallarning yuqori darajada to‘planishi kuzatildi. Bunda qo‘rg‘oshin (Pb) o‘rtacha 295.4 mg/kg, kadmiy (Cd) 3.12 mg/kg, mis (Cu) 158.6 mg/kg va rux (Zn) 241.8 mg/kg ni tashkil etdi. 2 km, 3 km va 5 km zonalarda ushbu metallar kontsentratsiyasi bosqichma-bosqich kamayib bordi. Nihoyat, 10 km masofadagi eng chekka zonada eng past qiymatlar qayd etildi: Pb – 54.9 mg/kg, Cd – 0.52 mg/kg, Cu – 34.7 mg/kg, Zn – 88.2 mg/kg. Bu gradient sanoat markazidan uzoqlashgan sari ifloslanish darajasi pasayishini tasdiqlaydi (Jadval 1).

Jadval 1: Tuproqda og‘ir metallar kontsentratsiyasi

N-0	Masofa (km)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)
1	1	295.4	3.12	158.6
2	2	220.7	3.12	124.3
3	3	165.3	1.86	97.8
4	5	104.6	1.05	63.2
5	10	54.9	0.52	34.7

Collembola faunasi bo‘yicha olingan natijalar og‘ir metallarning biologik xilma-xillikka kuchli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. 1 km zonada jami 4 turga mansub 76 individ aniqlangan bo‘lsa, 10 km zonada 11 turdan iborat 213 individ qayd etildi. Sanoatga yaqin zonalarda *Collembola* populyatsiyasi son jihatdan ham, tur xilma-xilligi jihatdan ham ancha past bo‘ldi. Ayniqsa, *Folsomia candida* va *Mesaphorura macrochaeta* turlari og‘ir ifloslangan hududlarda ustunlik qilgani holda, ekologik jihatdan sezuvchan turlar masalan, *Pseudosinella alba*, *Friesea spp*. faqat 5–10 km masofadagi hududlarda kuzatildi.

Shannon Wiener xilma-xillik indeksi ifloslanish gradientiga bog‘liq holda o‘zgarishini ko‘rsatdi: 1 km zonada H' = 0.77 bo‘lsa, 10 km da H' = 2.16 gacha oshdi. Pielou tenglik indeksi ham chekka zonalarda yuqoriroq (E = 0.84) bo‘lib, turlar populyatsiyasi yanada muvozanatli taqsimlanganini ko‘rsatdi. Simpson indeksining qiymati 1 km zonada 0.32 ni tashkil etdi, bu esa dominant turlarning ustunligini bildiradi. Statistik tahlil natijalari og‘ir metallarning kontsentratsiyasi va Collembola xilma-xilligi o‘rtasida kuchli salbiy korrelyatsiya mavjudligini aniqladi. Pearson korrelyatsiya koeffitsienti Pb bilan –0.81, Cd bilan 0.74 ni tashkil etdi ($p < 0.01$), bu esa yuqori metall yuklamasi biologik xilma-xillikni kamaytirishini isbotlaydi. ANOVA tahlili turli zonalar bo‘yicha Collembola sonida va xilma-xilligida sezilarli statistik farqlar mavjudligini ko‘rsatdi ($F = 8.27$; $p < 0.05$). Tukey testi esa ayniqsa 1 km va 10 km zonalar orasidagi tafovut eng muhim ekani, ya’ni og‘ir ifloslanishning biologik javobga jiddiy ta’siri borligini aniqladi. *Collembola* jinslari orasida *Mesaphorura, Parisotoma* va *Folsomia* turlari og‘ir metallarga chidamli bo‘lib, asosan markaziy zonalarda uchrasa, *Friesea, Pseudosinella va Isotoma* turlari esa sezuvchan guruhga kiradi va ular faqat toza zonalarda kuzatildi. Bu turlarni indikator sifatida qo‘llash imkoniyati mavjudligi tajribalar asosida qayd etildi.

Ushbu natijalar *Collembola* vakillarining og‘ir metallar bilan kontaminatsiyalangan tuproqlarda ekologik indikator sifatida yuqori sezuvchanlikka ega ekanini, sanoat faoliyatining biologik muvozanatga salbiy ta’sir ko‘rsatishini isbotlaydi. Xulosa qilib aytganda, sanoat markazidan uzoqlashgan sari *Collembola* turlarining soni va xilma-xilligi oshib boradi, bu esa ifloslanish darajasiga bevosita bog‘liqdir.

MUHOKAMA

Ushbu tadqiqot Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) atrofidagi tuproqlarda og‘ir metallar kontsentratsiyasi va *Collembola* turlarining xilma-xilligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashga qaratilgan bo‘lib, natijalar sanoat chiqindilarining biologik tizimlarga ta’sirini chuqurroq tushunishga imkon berdi. Tadqiqotda kuzatilgan asosiy qonuniyat shundan iboratki, og‘ir metall miqdorining ortishi bilan *Collembola* turlar soni va biologik xilma-xilligi sezilarli darajada kamaygan. Bunday tendensiya boshqa ekologik monitoring tadqiqotlarida ham qayd etilgan bo‘lib, u global miqyosda antropogen ta’sir ostidagi tuproq ekotizimlarida hayvonot dunyosi muvozanatining buzilishini tasdiqlaydi (Santamaria et al., 2022; Hopkin, 2007). Tadqiqotda NKMK sanoat markazidan 1 km masofadagi hududlarda og‘ir metallarning maksimal qiymatlari kuzatildi: masalan, Pb – 295.4 mg/kg, Cd – 3.12 mg/kg. Ushbu konsentratsiyalar ko‘plab xalqaro ekologik me’yorlardan yuqori bo‘lib, tuproq organizmlariga toksik ta’sir

ko‘rsatish uchun yetarli darajada xavfli hisoblanadi (USEPA, 2011). Aynan shu hududlarda *Collembola* turlarining soni keskin kamaygani, ayrim sezuvchan turlar umuman uchramagani bu metallar ularning hayoti va rivojlanishiga jiddiy to‘sqinlik qilayotganidan dalolat beradi. Xususan, *Friesea spp. va Pseudosinella spp.* kabi sezuvchan turlar faqat 5–10 km masofadagi toza hududlarda qayd etilgan bo‘lsa, *Folsomia candida va Mesaphorura macrochaeta* kabi chidamli turlar sanoat markaziga yaqin zonalarda ustunlik qilgani aniqlandi. Bu holat Collembola guruhining tarkibiy o‘zgaruvchanligini ko‘rsatadi. Ya’ni, og‘ir metallarga chidamli turlar antropogen stressga moslashgan bo‘lib, ular ifloslangan hududlarda ekologik nisaga ega bo‘ladi, holbuki ekologik jihatdan nozik turlar yo‘qoladi. Bu bioindikatsion yondashuv nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega bo‘lib, *Collembola* guruhining tuproqning toksik holatini aniqlashda foydali indikator ekanini tasdiqlaydi (van Straalen et al., 2008). Shannon–Wiener xilma-xillik indeksining o‘zgarishi ham og‘ir metall kontsentratsiyasi bilan aniq bog‘liqlikda bo‘ldi. 1 km zonada H' = 0.77, 10 km zonada esa H' = 2.16 ga yetdi. Ushbu raqamlar biologik xilma-xillikning ifloslanishga qarshi qanday sezgir ekanligini ko‘rsatadi. Bu holat Janubiy Koreya, Polsha va Rossiya kabi mamlakatlarda og‘ir metallar bilan ifloslangan hududlarda olib borilgan o‘xshash tadqiqotlar bilan hamohangdir (Lee et al., 2010; Kliment & Fekete, 2015). Shuningdek, korrelyatsion tahlil natijalari ham juda muhim dalillarni ko‘rsatdi. Pb va Cd ning *Collembola* xilma-xilligiga salbiy ta’siri kuchli bo‘lib, Pearson korrelyatsiya koeffitsienti mos ravishda –0.81 va –0.74 ni tashkil etdi. Bunday bog‘liqlik ekologik monitoringda og‘ir metallarning biologik ta’sirini bevosita matematik model orqali ko‘rsatish imkonini beradi.

Muhokama qilish lozim bo‘lgan yana bir muhim jihat bu tuproqning fizik-kimyoviy holatining (pH, namlik, organik modda) og‘ir metallar bilan o‘zaro ta’siridir. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, markaziy zonalarda pH ko‘rsatkichlari nisbatan kislotali bo‘lib (pH = 5.6–5.8), bu holat metallarning biokirishuvchanligini oshirgan. Shu sababli ham *Collembola* faunasi tarkibida turlarning sezilarli qisqarishi va faqat chidamli individlarning ustunligi kuzatilgan. Yuqoridagi dalillar *Collembola* guruhining faunistik tarkibini monitoringda qo‘llash imkoniyatlarini yana bir bor tasdiqlaydi. Ular faqat son jihatidan emas, balki turning sezuvchanlik darajasi, hayot sikli va tuproq qatlamidagi chuqurlikka ko‘ra ekologik indikator sifatida juda boy informatsion xususiyatga ega.

XULOSA

Ushbu tadqiqot Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) atrofidagi tuproqlarda og‘ir metallar (Pb, Cd, Cu, Zn) kontsentratsiyasining biologik xilma-xillik, xususan *Collembola* turlarining soni va tarkibiy o‘zgarishlariga ta’sirini aniqlashga qaratilgan bo‘lib, ekologik monitoring va bioindikatsiya sohasida muhim ilmiy xulosalarni berdi. Olingan natijalar og‘ir metall kontaminatsiyasi mavjud bo‘lgan sanoat zonalarida tuproq biologiyasining jiddiy darajada buzilganini va *Collembola* faunasi sezilarli darajada o‘zgarishini ko‘rsatdi. Tahlillar sanoatga yaqin 1 km hududda og‘ir metallar kontsentratsiyasining keskin yuqori ekanini ko‘rsatdi (Pb – 295.4 mg/kg, Cd – 3.12 mg/kg, Cu – 158.6 mg/kg, Zn – 241.8 mg/kg), bu esa ko‘plab ekologik me’yorlar bo‘yicha xavfli daraja hisoblanadi. Masofa ortgan sari ushbu metallar kontsentratsiyasi keskin kamaydi va 10 km zonada ekologik xavfsiz chegaralarga yaqinlashdi. Bu gradient orqali sanoat chiqindilarining ifloslantiruvchi ta’siri tuproqqa qanday tarqalayotgani aniq ko‘rinadi. *Collembola* faunasi bo‘yicha natijalar shuni ko‘rsatadiki, sanoat zonalaridagi tuproqda bu guruhning sezuvchan turlari kamaygan yoki butunlay yo‘qolgan. Aynan og‘ir metallarga nisbatan chidamli bo‘lgan *Folsomia candida, Mesaphorura macrochaeta* kabi turlar markaziy zonalarda ustunlik qilgan bo‘lsa, ekologik jihatdan sezuvchan *Friesea spp. va Pseudosinella spp.* turlari faqat ekologik toza hududlarda uchragan. Bu esa Collembola guruhining turlar tarkibi orqali tuproqning ekologik holatini aniqlash mumkinligini tasdiqlaydi. Shannon–Wiener xilma-xillik indeksi qiymatlari 1 km dan 10 km gacha bo‘lgan masofada 0.77 dan 2.16 gacha oshgani biologik xilma-

xillikning sanoat ta’siridan qay darajada zararlanishini ifodalaydi. Boshqa statistik tahlillar, jumladan, ANOVA va Pearson korrelyatsiya testi, metall kontaminatsiyasi bilan biologik xilma-xillik orasidagi salbiy bog‘liqlikni aniq ko‘rsatdi. Masalan, Pb va *Collembola* xilma-xilligi o‘rtasidagi korrelyatsiya −0.81 ni tashkil etdi ($p < 0.01$). Tadqiqot davomida shuningdek, tuproqning fizik-kimyoviy xossalari, jumladan pH, namlik va organik moddalar miqdorining og‘ir metallar bilan birgalikda *Collembola* faunasi tarkibiga qanday ta’sir ko‘rsatishi aniqlashga harakat qilindi. Past pH (kislotali muhit) og‘ir metallarni faol holatga o‘tkazib, Collembola turlarining sezuvchan vakillarini qisqartirgan. Bu esa kompleks ta’sir mexanizmining mavjudligini bildiradi.

Yakuniy xulosa sifatida, ushbu tadqiqot NKMK hududida sanoat chiqindilari ta’sirida shakllangan ekologik muammolarning biologik asosini ochib beradi. *Collembola* faunasi tarkibining o‘zgarishi sanoat faoliyati natijasida yuzaga kelgan og‘ir metall kontaminatsiyasining aniq bioindikatori sifatida xizmat qilishi mumkin. Bu turdagi yondashuvlar kelgusida atrof-muhitni monitoring qilish, sanoat zonasida ekologik xavfsizlikni baholash va profilaktik choralarni ishlab chiqishda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi. Tadqiqot davomida aniqlangan *Collembola* turlarining ekologik sezuvchanlik darajalari ularni indikator turlar sifatida qo‘llash imkonini beradi. Shu boisdan, kelgusidagi ilmiy-amaliy ishlarda *Collembola* faunasini ekologik monitoring tizimiga qo‘shish, ayniqsa sanoat zonalari atrofidagi tuproq salomatligini baholashda ularni bioindikator sifatida qo‘llash zarur deb hisoblanadi. Bu esa tuproq biologik barqarorligini tiklash va atrof-muhit xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1.Hopkin, S.P. (2007). A key to the Collembola (springtails) of Britain and Ireland. FSC Publications.

2.Santamaria, S., Mateos, E., Roca-Perez, L., et al. (2016). Soil contamination by heavy metals and the presence of Collembola: An indicator approach. Ecotoxicology and Environmental Safety, 125, 183–189. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.022

3.Van Straalen, N.M., & van Wensem, J. (1986). Heavy metal content in forest soils in the Netherlands and its relationship with biotic indices. Environmental Pollution, 9(3), 179–187. https://doi.org/10.1016/0143-1471(86)90014-4

4.Fountain, M.T., & Hopkin, S.P. (2004). Effects of metal contamination on the growth of Folsomia candida (Collembola). Environmental Pollution, 129(1), 1–8. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00210-7

5.Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., et al. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: A pilot study in Italy. Agriculture, Ecosystems & Environment, 105(1-2), 323–333.

6.Rusek, J. (1998). Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. Biodiversity and Conservation, 7(9), 1207–1219.

7.Frampton, G.K., Van den Brink, P.J., Gould, P.J.L. (2000). Effects of spring applications of pesticides on populations of Collembola in arable soils. Environmental Toxicology and Chemistry, 19(12), 2869–2875.

8.Cao, Y., Wang, Y., & Zhao, Y. (2019). Impact of soil heavy metals on the microbial and invertebrate communities: Case study in a mining area of China. Science of The Total Environment, 688, 1148–1156.

9.He, Z.L., Yang, X.E., & Stoffella, P.J. (2005). Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 19(2–3), 125–140.

10.Fomina, M., Alexander, I.J., Colpaert, J.V. (2005). Interactions between plants and soil microorganisms in the presence of heavy metals. Applied and Environmental Microbiology, 71(11), 7289–7295.

11.Rasulov, A.T., Iskandarov, S.T. (2018). O‘zbekiston sanoat hududlaridagi og‘ir metallar bilan ifloslangan tuproqlarning biologik monitoringi. O‘zbekiston Biologiya Jurnali, 4, 45–51.

12.Rakhimov, A.A., Tursunov, M.M. (2020). Zarafshon vodiysi tuproqlaridagi Collembola turlarining ekologik tahlili. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish, 3(1), 12–19.

13.Otajonov, S.S. (2021). Tuproq faunasi orqali og‘ir metallarning bioindikatsiyasi. Toshkent davlat universiteti ilmiy axboroti, 2(78), 55–63.

14.Bobojonov, X., Abdullayeva, Z. (2022). Navoiy viloyatidagi sanoat zonasida Collembola va akaralar xilma-xilligi. Navoiy davlat pedagogika instituti ilmiy jurnali, 1, 37–42.

15.Hamroyev, O.S. (2017). Og‘ir metallarning biologik tizimlarga ta’siri va ularning monitoringi. Toshkent: O‘zMU nashriyoti.

16.Mamadaliyev, S.S. (2021). O‘zbekistonning turli zonalaridagi tuproqlarda Collembola faunasining morfologik tahlili. Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari, 3(2), 90–94.

17. Menta, C., Leoni, A., Gardi, C., Conti, F.D. (2008). Are Collembola “good” bioindicators of soil quality? A comparison with quantitative soil microarthropod community. Ecological Indicators, 8(5), 422–428.

18.Al-Assiuty, A.I.M., et al. (2014). The use of soil fauna for assessing heavy metal contamination in Egyptian soils. Soil & Sediment Contamination, 23(8), 891–905.

19.Greenslade, P., & Vaughan, G. (2003). The effects of metal contamination on Collembola in tropical ecosystems. Environmental Pollution, 123(2), 315–325.

20.Kuperman, R.G., & Checkai, R.T. (1997). Toxicity of metals in contaminated soils to earthworms and springtails. Environmental Toxicology and Chemistry, 16(6), 1116–1123.

21.Fountain, M.T., & Hopkin, S.P. (2005). Folsomia candida as a standard test organism for soil ecotoxicology. European Journal of Soil Biology, 41(3-4), 136–140.

22.Sousa, J.P., et al. (2004). Effects of copper contamination on soil invertebrates and microarthropods. Pedobiologia, 48(3), 261–269.

23.Baird, D.J., et al. (2007). Bioindicators in ecotoxicology: Collembola as sentinel species. Environmental Toxicology and Chemistry, 26(2), 346–357.

24.Bengtsson, G., & Rundgren, S. (1984). Interactions of heavy metals and microarthropods in forest soils. Oikos, 43(3), 345–349.

25.Amorim, M.J.B., et al. (2005). Avoidance behavior of Collembola to heavy metals. Environmental Toxicology and Chemistry, 24(10), 2343–2347.

26.Zhao, Y., et al. (2020). Biodiversity responses of soil fauna to long-term heavy metal exposure. Environmental Research, 182, 109011.

УНИКАЛЬНОСТЬ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ОЗЕРА ДЕНГИЗКУЛЬ – КАК КРИТЕРИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИРОДНОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Митропольский Максим Гайратович, Мардонова Луиза Бахтиёровна, Абдураупов Тимур Валерьевич, Мардонов Бахтиёр Кудратович
Рамсарская Региональная Инициатива Центральной Азии

Аннотация. Мақолада Денгизкўл кўли ўсимлик ва ҳайвонот дунёсининг тур хилма-хиллиги ҳақидаги замонавий маълумотлар умумлаштирилган ва таҳлил қилинган. Бу таҳлил ҳудудни муҳофаза этиладиган табиий ҳудудлар тизимига киритиш зарурлигини асослашга қаратилган. Кўлга туташ қум массивларининг ноёблиги Табиатни муҳофаза қилиш иттифоқининг Халқаро Қизил рўйхатига юқори мақомда киритилган ва Ўзбекистонда фақат шу ҳудудда учрайдиган қандимнинг уч тури: *Calligonum matteianum, Calligonum molle* ва *Calligonum paletzkianum* билан белгиланади. Сув ҳавзасининг ўзи эса

глобал йўқ бўлиб кетиш хавфи остидаги қуш тури – оқ бош урдак энг муҳим қишлов жойларидан бири ҳисобланади. Баъзи йилларда кўлда тўпланадиган савкалар сони 9000 тагача етиб, бу турнинг бутун дунё популяциясининг тахминан 40 фоизини ташкил этади.

Kalit so’zlar: Денгизкўл кўли, биологик хилма-хиллик, наёб ўсимликлар ва ҳайвонлар, кўрикланадиган худуд.

Аннотация. В статье обобщены и проанализированы современные данные о видовом разнообразии растительного и животного мира озера Денгизкуль с целью обоснования необходимости включения территории в систему охраняемых природных территорий. Уникальность прилегающим к озеру песчаным массивам придают три вида кандымов: *Calligonum matteianum, Calligonum molle* и *Calligonum paletzkianum*, которые включены с высокими статусами в Международный красный список Союза охраны природы и для Узбекистана известны только с данной территории. Сама же акватория является одним из важнейших мест зимовки глобально-угрожаемого вида птиц – савки *Oxyura leucocephala*. Ее скопления на озере в отдельные годы составляют до 9000 особей, что является порядка 40 % от всей мировой популяции вида.

Ключевые слова: Озеро Денгизкуль, биоразнообразие, редкие виды, ОПТ

Abstract. This article summarizes and analyzes current data on the species diversity of flora and fauna in Lake Dengizkul to justify the need to include the area in the system of protected natural areas. The sandy areas adjacent to the lake are unique due to three species of *Calligonums: Calligonum matteianum, Calligonum molle* and *Calligonum paletzkianum*, which are included with high status on the Red List of IUCN and are known only from this area in Uzbekistan. The lake itself is a key wintering place for White-headed duck *Oxyura leucocephala*, a globally threatened bird species. In some years, there are up to 9,000 individuals can be found on the lake, representing approximately 40% of the species' global population.

Keywords: Lake Dengizkul, biodiversity, rare species, protected area

ВВЕДЕНИЕ.

Озеро Денгизкуль представляет собой водоём, образованный в результате сброса воды с Бухарского и Каракульского оазисов по коллектору «Хамза» в 1960-1970-х годах прошлого столетия на месте естественной впадины. Ранее эта территория представляла собой заболоченные участки низовьев реки Зеравшан, которая не достигала реки Амударья всего 20 км. Местообитания вокруг озера Денгизкуль представляют собой естественные равнины северной части песков Сундукли в бассейне нижнего течения реки Зарафшан, преобразованные эоловыми процессами дельтовых равнин на пустынных песчаных почвах. Отметим, что река Зеравшан третья по значимости река Республики Узбекистан, в средней части которой расположен Зеравшанский природный национальный парк. В низовьях, на исследуемой территории в конце 80-х годов прошлого столетия был создан орнитологический заказник «Денгизкуль» без образования юридического лица. В настоящее время природоохранный статус как самого водоема, так и прилегающей территории требует неотложного внимания путем создания Государственного природного парка, так как по результатам исследований в 2020-2025 года была подтверждена значимость водоема как мест зимовки до 40 % мировой популяции глобально-угрожаемого вида савки *Oxyura leucocephala* (статус в МСОП – EN, в Красной книге Узбекистана – 1 (EN)), а на прилегающей к озеру территории сохранились реликтовые заросли трех глобально-угрожаемых видов кандымов, известных лишь с песков Сундукли в пределах Республики Узбекистан: кандым матея *Calligonum matteianum* (статус в МСОП – EN, в Красной книге Узбекистана – 1 (CR)), кандым мягкий *Calligonum molle* (статус в МСОП –

EN, в Красной книге Узбекистана – 2 (EN)) и кандым Палецкого *Calligonum paletzkianum* (статус в МСОП – VU, в Красной книге Узбекистана – 3 (VU)).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Изучение орнитофауны озера Денгизкуль ведется с середины 80-х годов прошлого столетия, когда в рамках учетов зимних водоплавающих специалисты Института зоологии практически ежегодно до 2002 года проводили зимние и весенние учеты, с том числе с самолета АН-2.

В 2005 году в рамках проекта «Wetlands International» по изучению современного состояния популяции савки в Узбекистане были проведены зимние учеты водоплавающих.

В 2006-2007 году в рамках описания Ключевых орнитологических территорий Узбекистана при поддержке «Bird Life international» подготовлена номинация по ключевой орнитологической территории.

С 1973 по 1983 год специалистами Бухарского отделения Узбекской противочумной станции велся ежегодный мониторинг за видовым и количественным разнообразием грызунов и мелких млекопитающих являющимися носителями чумы. (Митропольский и др., 2007).

В 1990-1994 годах, осенью 1998 года, летом и осенью 2007 года, а затем еще в рамках разовых выездов летом 2013 и 2014 года были проведены изучения гидробиологических особенностей озер Бухарской области, в том числе и озера Денгизкуль специалистами Института зоологии АН РУз (Мустафаева и др., 2018).

С 2010 года по настоящее время ежегодный биотический мониторинг (растительный и животный мир) трижды в год – в зимний, весенний и осенний периоды на озере Денгизкуль осуществляет ООО «ЛУКОЙЛ Узбекистан Оперейтинг Компани» в рамках биотехнических мероприятий в нефтегазовом секторе.

Осуществление мониторинга растительного и животного мира на лицензионных территориях ООО «ЛУКОЙЛ Узбекистан Оперейтинг Компани» для оценки воздействия осуществляемых нефтегазовых операций, а также обеспечение Заказчика достоверной информацией об изменениях состояния биоразнообразия с целью принятия оперативных мер для предотвращения, ликвидации или минимизации негативных последствий.

Именно в рамках этих ежегодных мониторинговых работ удалось собрать наибольшую информацию о современном состоянии растительного и животного мира, на основании которых основана данная статья.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Озеро Денгизкуль и его окрестности входят в состав Нижне-зеравшанского района Кызылкумского округа Туранской провинции (Тожибаев и др., 2016), где произрастают характерные для песчаной пустыни виды растений с комплексами солеустойчивых видов околоводной растительности, внутренних водоемов пустынь. Состав флоры насчитывает порядка 100 видов, из которых в Международную и Национальную красные книги включены три вида кандымов: кандым матея *Calligonum matteianum*, кандым мягкий *Calligonum molle* и кандым Палецкого *Calligonum paletzkianum*. Следует отметить, что данные виды кандымов произрастают на удалении от акватории озера и 500 м водоохранной зоны примерно на 800-1200 м (Rakhimova et all., 2020).

Анализ видового разнообразия растительного покрова на территории вокруг озера Денгизкуль за 2020-2025 года показал закономерности формирования видовых комплексов с определением видов доминантов и видов эдификаторов.

Растительность северного и северо-восточного побережья озера представлена сигреново-боялычево-эфедровыми (*Astragalus villosissimus* + *Salsola arbuscula* + *Ephedra strobilacea*), черкезово-боялчевыми (*Salsola richteri* + *Salsola arbuscula*), эфедрово-

сингреново-черкезовыми (*Ephedra strobilacea* + *Astragalus villosissimus* + *Salsola richteri*), сингреново-черкезово-кандымовыми (*Astragalus villosissimus* + *Salsola richteri* + *Calligonum sp.*) и исфентовыми (Peganum harmalla) растительными ассоциациями. Редких видов на северном берегу не отмечено. Прибрежная растительность не развита.

Состояние растительности северного берега, где более интенсивный выпас мелкого рогатого скота оценивается как удовлетворительное. Местами характерно относительно высокое воздействие на растительность, в результате чего наблюдается разреженность кустарникового яруса, разрушение дернины синузии эфемеров и эфемероидов. Состояние растительного покрова следует оценивать, как начало 1-й стадии деградации.

На участках по западному побережью представлены саксаулово-кандымовыми (*Haloxylon aphyllum* + *Calligonum sp.*), саксаулово-гребенщиково-солянковыми (*Haloxylon aphyllum* + *Tamarix hispida* +*Salsola sp.*), саксаулово-эфемеровыми (*Haloxylon aphyllum* + *Ephemeroids*), астрагалово-черкезово-кандымовыми (*Astragalus villosissimus* + *Salsola richteri* + *Calligonum sp.*) и гребенщиково-кандымово-солянковыми (*Tamarix hispida* + *Calligonum sp.* + *Salsola sp.*) растительными ассоциациями. Здесь встречаются все три вида кандымов, занесенных в Красные списки МСОП и Красную книгу Узбекистана (2019).

Растительность западной части озера находится в удовлетворительном состоянии. Для ряда мест характерны процессы галофилизации (засоления) почв, о чем свидетельствует присутствие солелюбивых растений (солянок и свед). Следует также отметить, что на участке зафиксированы следы выпаса домашнего скота и единичные следы заготовки древесно-кустарниковой растительности.

Лишь в западной и юго-западной части озера и в части отшнурованных водоемов по берегам растет прибрежная растительность из сочетания южного тростника (*Phragmites australis*) и гребнщиков (*Tamarix sp.*).

Прибрежная зона южного берега представлена хорошо закрепленными среднебургистыми песками. Растительный мир здесь представлен кандымово-саксауловыми (*Calligonum sp.* + *Haloxylon aphyllum*), кандымово-сингреново-черкезовые (*Calligonum sp.* + *Astragalus villosissimus* + *Salsola richteri*), кандымово-партековыми (*Calligonum sp.* + *Convolvulus hamadae*) растительными ассоциациями.

Для южной и юго-восточной части отмечаются наименьшие стадии деградации. Общее состояние растительного покрова следует оценивать, как стабильное.

В зоогеографическом плане исследуемая территория относится к фаунистическому комплексу ирано-туранского сообщества Палеарктической провинции (Костин, 1961) с характерным для песчаных сухих пустынь набором видов, среди которых ряд видов включены в Международную и Национальные красные книги.

Наличие обширного водно-болотного угодья значительно расширяет фауну 25 видами водоплавающих и околоводных птиц из международного и национального красных списков, а также недавно появившемся виде в среднем течении реки Амударья, откуда проникает и на прилегающие водоемы – среднеазиатская выдра *Lutra lutra seistanica* (Мармазинская и др., 2021).

Современный видовой состав рыб озера Денгизкуль насчитывает 15 видов. Однако надо отметить, что он претерпел значительные изменения. Главные из которых, потеря двух редких видов – *Acipenser nudiventris* и *Pseudoscaphirhynchus kaufmanni* по данным З.А. Мустафаевой и др. (2018). Промысловые виды ихтиофауны представлены в основном полупроходными лимнофильными видами. В настоящее время рыбохозяйственное значение водоем не имеет из-за высокой минерализации и незначительной глубины. Основная рыба концентрируется на образовавшихся за мостом водоемах, которые имеют подпитку с Амударьи.

Видовой состав амфибий и рептилий за последние 10-15 лет не претерпел изменений. Общий список составляет 30 видов. По результатам полевых выездов и обработки литературных источников, узкоареальных, эндемичных видов пресмыкающихся на данной территории не выявлено. Из змей наибольший интерес представляет песчаная эфа *Echis carinatus*. Наиболее характерные виды рептилий, составляющие как фоновые, так и индикаторные виды среднебугристых песков вокруг озера Денгизкуль представлены гекконами, ведущими ночной образ жизни: сцинковый геккон *Teratoscincus scincus*, тонкопалый каспийский геккон Tenuidactylus caspius, гребнепалый геккон Эверсманна *Crossobamon eversmanni* (и песчаными видами – песчаная круглоголовка *Phrynocephalus interscapularis* и сетчатая ящурка *Eremias grammica*.

Список птиц озера Денгизкуль насчитывает 299 видов (62,1 % от общей фауны птиц Узбекистана). По характеру пребывания выделяются: 13 видов – оседлые; 81 вид – встречаются круглый год со сменой популяций; 73 вида – пролетно-гнездящиеся; 70 видов – пролетно-зимующие; 58 видов – пролетные; 3 вида – залетные.

По природоохранному статусу: 27 видов включено в красный список МСОП, 40 видов включено в красную книгу Узбекистана, 44 вида включено в Конвенцию СИТЕС.

За последние годы, наблюдается сокращение численности гидрофильных видов, как на пролетах, так и в период зимовок, что связано, видимо, со смещением пролетных путей на запад в сторону Каспийского, Черного, Азовского и Средиземного морей (Вилков, 2015; Митропольский, Мардонова, 2015; Савицкий, 2015), а также с возрастанием численности водоплавающих, остающихся на зимовку значительно севернее, что связано с потеплением климата (Гашев) и др., 2016: Михантьев, Селиванова, 2016).

Вместе с тем, для водоемов аридных территорий Узбекистана, которые расположены в зоне северных умеренных зимовок, сохраняется статус значимых мест для ряда видов. Одним из них является савка *Oxyura leucocephala*.

Для савки водоемы Бухарской области и главным образом озеро Денгизкуль остается значимым местом в период миграции и на зимовке, также наблюдается единичное гнездование вида. Из общего списка редких видов, регулярно по численности выше 1 % от биогеографической популяции отмечается лебедь-шипун *Cygnus olor*, пеганка *Tadorna tadorna* и огарь *Tadorna ferruginea*.

Фауна млекопитающих представлена 40 видами, из которых 15 (37.5 %) видов составляют типичные для полупустынь виды грызунов. Среди них наиболее значимые в экосистемах являются тонокпалый суслик *Spermophilopsis leptodactylus* – ведущий активный образ жизни круглый год и большая песчанка *Rhombomys opimus*. Эти виды являются кормовыми объектами для крупных хищных птиц и хищных млекопитающих, таких как степная кошка *Felis libyca* и лисица *Vulpes vulpes*.

Среди редких видов наиболее часто отмечаются длинноиглый еж *Hemiechinus hypomelas* и корсак *Vulpes corsac*. Ранее были регулярны встречи с джейраном *Gazella subgutturosa*, однако в последние годы они крайне редки и чаще отмеаются только по следам из-за фактора браконьерской охоты. Однако появились регулярные встречи со среднеазиатской выдрой *Lutra lutra* и перевязкой *Vormela peregusna*. По урезу воды регулрян встречи с барсуком *Meles meles*, шакалом *Canus aureus* и кабаном *Sus scrofa*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

Озеро Денгизкуль – важная природоохранная зона международного значения, выполняющая различные экологические функции. Это первый объект в Узбекистане (2001 год), включенный в список Рамсарской конвенции, водно-болотные угодья которого имеют международную значимость. В 2008 году водоем был включен в сеть важнейших орнитологических территорий Узбекистана (IBA № Uz021).

Как видно из описания территория озера Денгизкуль не утратила своей природоохранной ценности. Фауна рыб утратила свою ценность, однако фауна наземных позвоночных сохраняет свою уникальность и значимость для аридных территорий южного Узбекистана. Вместе с тем при рассмотрении вопроса приданию юридического статуса озеру Денгизкуль и его водоохранной зоне в радиусе до 500 м, следует учесть вопрос включения в природоохранную территорию акватории озер за мостом, которые ранее не были описаны как охраняемые природные территории, но были включены в площади Рамсарского угодья и ключевой орнитологической территории.

Современная площадь озера составляет порядка 22 000 га. Однако за определение водоохранной зоны был взять уровень воды 2023 года, когда площадь озера составляла порядка 25 000 га.

С учетом водоохранной зоны в 500 м предлагаются следующие границы охраняемой территории (рисунок 1).

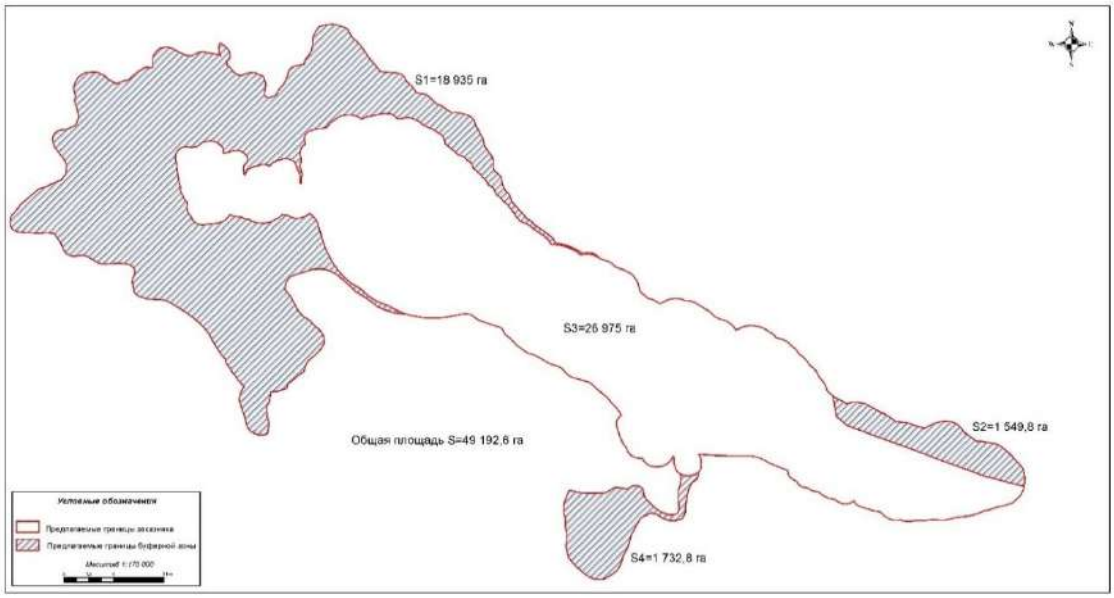


Рисунок 1 – Площади первичного зонирования новой ОПТ на озере Денгизкуль

В заключении хочется выразить благодарность компании ООО «ЛУКОЙЛ Узбекистан Оперейтинг Компани», которая на протяжении последних 15 лет активно участвует в сохранении и восстановлении биоразнообразия данной природной территории, регулярно обновляет Планы действий по сохранению биоразнообразия и вносит новые методики в мониторинг объектов растительного и животного мира на озере Денгизкуль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Вилков Е.В. Динамика численности гусеобразных на путях интенсивного пролета – показатель состояния популяций в пределах всего миграционного ареала //Гусеобразные Северной Евразии: изучение, сохранение и рациональное использование. Салехард, 2015. С. 17-18.

2. Гашев С.Н., Алешина О.А., Зубань И., Лупинос М.Ю., Мардонова Л.Б., Митропольский М.Г., Селюков А.Г., Сорокина Н.В., Столбов В.А., Шаповалов С.И. **Фаунистические тренды голоцена на территории Западной Сибири и их причины** //Геофизические процессы и биосфера. Москва, 2017. Т.16 № 1. С. 55-74.

3. Ключевая орнитологическая территория «Озеро Денгизкуль» http://www.uzspb.uz/docs/dengizkul-ru.pdf

4. Костин В.П. К проблеме зоогеографического районирования Узбекской ССР // Труды ТашГУ. Ташкент, 1961. Вып. 186. Геогр. Науки. Кн. 22. 37 с.

5. Красная Книга Республики Узбекистан I том: Растения. Ташкент, 2019. 356 с.

6. Красная Книга Республики Узбекистан II том: Животные. Ташкент, 2019. 374 с.

7. Мармазинская Н.В., Грицына М.А., Абдураупов Т.В., Быкова Е.А. Встреча среднеазиатской выдры *Lutra lutra seistanica* в северо-западных Кызылкумах //Зоологическая наука Узбекистана: современные проблемы и перспективы развития. Материалы 3-й Республиканской научно-практической конференции. Ташкент, 2021. С. 273-275.

8. Митропольский М.Г., Мардонова Л.Б. Сохранение и рациональное использование водоплавающих птиц на Центрально-азиатском пролетном пути // Водные ресурсы и ланшафтно-усадебная урбанизация территории России в XXI веке. Сборник докладов XVII Международной научно-практической конференции. Тюмень, 2015. С. 258-261.

9. Митропльский О.В., Белялова С.И., Хайдаров И.Х., Пак М.И., Митропольская Н.О. Многолетняя динамика численности грызунов наюге Бухарской области (преимущественно по данным работ Денгизкульского стационара) // Биоразнообразие Узбекистана – мониторинг и охрана. Ташкент, 2007. С. 156-161.

10. Мустафаева З.А., Мирзаев У.Т. «Видовой состав гидробионтов озер Бухарской области Узбекистана» - East European Scientific Journal, (Warsaw, Poland), 2018, # 4(32), part 2. - 9-16 p.

11. Михантьев А.И., Селиванова М.А. Динамика численности некоторых видов уток на юге Западной Сибири (Северная Кулунда) в связи с гидроклиматическими и метеорологическими условиями //Казарка. Москва, 2016. С .67-80.

12. Рамсарское угодье «Озеро Денгизкуль» https://rsis.ramsar.org/ris/1108

13. Савицкий Р.М. Зимовка и миграции гусеобразных на Азовском море //Гусеобразные Северной Евразии: изучение, сохранение и рациональное использование. Салехард, 2015. С. 78-79.

14. Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю., Попов В.А. Ботанико-географическое районирование Узбекистан. // Ботанический журнал, 2016. Т. 101. № 10. С. 1105-1132.

15. IUCN Red List of Threatened species. 2025-3. [Электронный ресурс]. URL: http://www.iucnredlist.org

16. Rakhimova N.K., Rakhimova T., Sharipova V.K., Beshko N.Yu., Esanov K.K. Current state of coenopopulations of some rare species of the genus Calligonum L. (Polygonaceae) in the Bukhara region, Uzbekistan // The Asian International Journal of Life Sciences. ASIA LIFE SCIENCES 29(1): 365-378, 2020.

17. Waterbirds Populations Portal https://wpp.wetlands.org/explore

МОРФОЛОГИЯ ПАСТУШЬИХ ОХРАННЫХ СОБАК И ИХ РОЛЬ В ОТГОННОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Нурматова В.Б.
Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий

Аннотация. Центральноазиатская пастушья охранная собака (среднеазиатская овчарка) представляет собой уникальный пример генетически стабильной популяции, сформированной под воздействием природных, социально-экономических и культурных факторов Центральной Азии. На протяжении тысячелетий эта собака оставалась ключевым инструментом в охране стада и регулировании конфликтов между человеком и хищниками. В статье представлены результаты многолетних исследований, включающих морфометрический анализ более 230 собак, полевые наблюдения в горах, пустынях и равнинах Узбекистана, а также интервьюирование пастухов и животноводов. Обсуждается роль пастушьих собак в современных программах сохранения биоразнообразия, их поведение, морфологические особенности, адаптация к экстремальным условиям и культурное значение для народов региона.

Ключевые слова: пастушья охранная собака, среднеазиатская овчарка, автохтонный, хищники, отгонное животноводство, конфликт «человек–хищник».

Abstract. The Central Asian livestock guarding dog (Central Asian shepherd) is a unique example of a genetically stable population shaped by the natural, socioeconomic, and cultural factors of Central Asia. For millennia, this dog has remained a key tool in protecting herds and regulating human-predator conflicts. This article presents the results of long-term research, including morphometric analysis of over 230 dogs, field observations in the mountains, deserts, and plains of Uzbekistan, and interviews with shepherds and livestock breeders. The role of shepherd dogs in modern biodiversity conservation programs, their behavior, morphological features, adaptation to extreme conditions, and cultural significance for the peoples of the region are discussed.

Keywords: livestock guarding dog, Central Asian Shepherd Dog, autochthonous, predators, transhumance, human-predator conflict.

Annotatcia. Markaziy Osiyo cho'pon iti Markaziy Osiyoning tabiiy, ijtimoiy-iqtisodiy va madaniy omillari ta'sirida shakllangan genetik jihatdan barqaror populyatsiyaning noyob namunasidir. Ming yillar davomida bu it suruvlarni himoya qilish va odam-yirtqich mojarolarini tartibga solishda asosiy vosita bo'lib kelgan. Ushbu maqolada 230 dan ortiq itlarning morfometrik tahlili, O'zbekiston tog'lari, cho'llari va tekisliklarida dala kuzatuvlari, cho'ponlar va chorvadorlar bilan suhbatlar, ularning tahlili kabi uzoq muddatli tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Zamonaviy bioxilma-xillikni saqlash dasturlarida cho'pon itlarining roli, ularning xulq-atvori, morfologik xususiyatlari, ekstremal sharoitlarga moslashishi va mintaqa xalqlari uchun madaniy ahamiyati muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: cho'pon qo'riqchi iti, Markaziy Osiyo cho'pon iti, mahalliy aholi, yirtqich, avtoxton, haydab boqiladigan chorvachilik, inson-yirtqich mojarosi.

ВВЕДЕНИЕ.

Взаимоотношения человека и крупных хищников издавна отличались сложностью и двойственностью. С одной стороны, хищники представляли угрозу для поголовья домашнего скота и, следовательно, для экономической стабильности пастушеских обществ. С другой стороны, они были важными компонентами природных экосистем, регулирующими численность копытных и поддерживающими устойчивость ландшафтов.

Одним из древнейших способов балансирования этих взаимоотношений стали пастушьи охранные собаки — специализированные животные, сопровождающие стадо, живущие в стаде и защищающие его от нападений хищников [1, 2]. Среди таких пород центральное место занимает среднеазиатская овчарка (СО) — одна из древнейших пород собак, прямой наследник тех линий, которые сопровождали первые стада овец и коз на территории Плодородного полумесяца, Ирана, Афганистана и далее — Центральной Азии [3, 4].

Современные исследования подчёркивают необходимость пересмотра подходов к конфликтам между человеком и хищниками. Мир уходит от политики прямого уничтожения хищников в пользу несмертельных методов защиты стада. На этом фоне интерес к автохтонным пастушьим собакам стремительно растёт — как среди учёных, так и среди практиков [5-11].

В статье раскрывается часть исследований проведенных по изучению морфологических признаков и рабочих качеств популяции центральноазиатской пастушьей охранной собаки (среднеазиатской овчарки), как автохтонной, так и заводской, в Республике Узбекистан. Цель исследования — показать биологическую, историческую и экологическую роль центральноазиатской пастушьей охранной собаки в снижении конфликтов «человек–хищник» и оценить перспективы их применения в современных природоохранных и хозяйственных системах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Исследования проводились в Узбекистане, в различных географических регионах (горы, равнины, пустыни) в период 2011-2025 гг. В качестве объекта исследования выбраны среднеазиатские овчарки (автохтонные и заводские), выращенные в различных условиях, из трех различных групп, таких как овцеводы, отдельные гражданские владельцы, частные и ведомственные питомники - 165 кобелей и 67 сук, всего 232 собаки.

Исследование включало изучение морфологических признаков среднеазиатских овчарок популяции Узбекистана и интервьюирование пастухов, животноводов, отдельных владельцев по всей стране, включая тех, кто всегда работал с собаками для охраны скота, так и тех, кто пытался впервые интегрировать этих собак в свою выпасную деятельность и тех, кто содержал их, как домашних питомцев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ.

С того момента, как первые люди колонизировали Евразию во время Ледникового периода, человек и крупные хищники делили ландшафты на протяжении тысячелетий, что привело к появлению домашних собак. Процесс одомашнивания начался между 15000 и 12000 лет назад, и собаки, вероятно, использовались как охранники и компаньоны для охоты, и представляли собой первый шаг в серьезном изменении того, как ранние люди взаимодействовали с дикой природой, которая их окружала [2, 12]. Следующим важным шагом стало одомашнивание диких копытных, таких как овцы и козы, в регионе, простирающемся от восточной Анатолии до гор Загрос в Иране и Ираке [4]. С увеличением поголовья мелкого рогатого скота и увеличением площадей выпаса возросла роль собак в защите скота от хищников. Она все больше росла с появлением пастбищного и отгонного скотоводства, что привело к селекции более крупных собак [12]. Необходимость защиты стад от диких хищников способствовала резкому изменению того, как люди относились к крупным хищникам. Их ранее неоднозначные отношения теперь стали отношениями прямой конкуренции, которая стимулировала людей к принятию все более совершенных способов убийства крупных хищников. Это также открыло путь для собак, «одомашненных волков», к принятию новой роли охранника домашнего скота против дикого предка, волка, роль, которую они непрерывно сохраняли и сохраняют до настоящего времени [1, 2].

Археологические раскопки на территории Узбекистана, Туркменистана, Казахстана и Кыргызстана показывают, что домашние собаки сопровождали человека в регионе как минимум с эпохи мезолита. Наиболее древние свидетельства: пещера Мачай, юг Узбекистана — фаунистический комплекс датируется ~15 тыс. лет [13]; петроглифы ущелья Зарауткамар — изображения охоты с собаками; находки в районе Кельтеминара (Хорезм) [14], относящиеся к ранним пастушеским культурам. На стоянке Обишир-V (юг Кыргызстана) обнаружены кости собак, генетически близких к ближневосточным раноодомашненным популяциям, а также кости домашних овец и коз, вошедших в Центральную Азию ещё в VI тыс. до н. э. [4].

Происхождение СО, как и происхождение пастушьих охранных собак в целом, неразрывно связано со скотоводством, миграциями людей, своими корнями уходит в период одомашнивания овикапридов (Ovis and Capra / овцы и козы) и произошло это в горниле создания человеческой цивилизации на Ближнем Востоке, в Плодородном полумесяце. После своего первоначального одомашнивания, домашний скот (включая овец и коз, крупный рогатый скот), собаки и растительные культуры из этого региона распространились по Евразии и Африке в ходе одного из наиболее важных процессов глобализации в доисторической истории человечества [15]. Производящая продукты питания экономика Плодородного полумесяца, основанная на овцах, козах, коровах, зерновых и бобовых, положила начало первому сельскохозяйственному демографическому переходу человечества, который в конечном итоге изменил человеческое население, как генетически, так и культурно, во всем древнем мире [16]. (Рис.1).



Рис.1. Автохтонные среднеазиатские овчарки, сопровождающие стадо

Собаки древних ближневосточных фермеров, в последующем, дали начало множеству современных пастушьих и охранных пород собак [1, 2, 17], одна из которых среднеазиатская овчарка

Генетическая стабильность и формирование популяции. Исследования последних лет показывают, что СО обладают: низким уровнем искусственной селекции до XX века; высокой степенью постоянства морфологических признаков, ярко выраженной адаптацией к суровым природным условиям, устойчивостью к болезням и паразитам. Это подтверждает, что СО — экологически сформированная порода, а не продукт искусственной конструкторской селекции. В странах Центральной Азии под влиянием природно-климатических и социально-экономических факторов сложились свои типы среднеазиатских овчарок, прошедшие длительный отбор, приспособленные к различным

условиям содержания, отличающиеся отличными рабочими качествами, которые не потеряли актуальности и в настоящее время [18, 19].

Морфологический тип. СО всегда отличались достаточно крупными размерами (60-70 см в холке) и особым традиционно-узнаваемым обликом, который придают этой породе купированные уши и хвост. У этих собак крепкий костяк, злобный характер, отличные охранные качества, они очень решительны в защите скота от хищников или человека, но при этом не навязчивы, также, они обладают такими важными и очень ценными качествами, как умение приспосабливаться к самым разным условиям окружающей среды, способность переносить длительные голодовки при сохранении работоспособности и навык добывать пропитание совершенно самостоятельно. Ключевыми характеристиками являются: крупный размер; крепкий костяк и развитая мускулатура; густая шерсть, защищающая от суровых климатических условий; мощный череп, челюсти и крепкая шея; устойчивость к длительным переходам. Все эти признаки обусловливают способность собак выдерживать физическое противостояние с волками, шакалами и другими хищниками. Исследования показывают, что в Узбекистане, СО чаще встречаются в районах, связанных с животноводством, а вот в земледельческих районах и городах они представлены спорадично [18, 19].

Взаимодействие автохтонных СО с хищниками в природных условиях. На территории Узбекистана, хищниками являются волк (Canis lupus), Тянь-Шанский бурый медведь (Ursus arctos isabellinus), снежный барс (Panthera uncia), шакал (Canis aureus), лиса (Vulpes), на юге полосатая гиена (Hyaena hyaena), преднеазиатский леопард (Panthera pardus ciscaucasica) и др. Основные хищники, с которыми сталкиваются СО, в горах - волк, в более высоких горах медведь; на равнинах шакал, волк, иногда лиса. Примечательно, что собаки и хищники редко вступают в открытую схватку, чаще всего это облаивание и отпугивание, так как ни собаки, ни хищники не желают получить травмы. Но также известны случаи, когда собаки дрались, получали ранения и даже убивали волков и шакалов. Так что, СО не всегда являются не смертельной мерой, что имеет явные последствия для управления природоохранной деятельностью, особенно когда речь идет о редких или охраняемых видах, хотя опрос пастухов подтверждает, что использование собак для защиты от хищника более действенно, чем использование оружия. Вблизи городов и поселков, происходят столкновения со стаями свободно бродящих и одичавших собак нападающих на стада, причем зачастую, дикие собаки не воспринимаются СО, как сородичи.

В настоящее время отгонное животноводство в странах Центральной Азии переживает свое второе рождение. Традиция управления отарой и содержания при ней собак, сильно пострадавшая в конце 20-го века, смогла сохраниться, сохранились чабанские династии, которые имеют свои кровные линии собак. Несмотря на то, что порода популярна в регионе и насчитывает достаточно большое поголовье, мы можем наблюдать и проблемы имеющиеся внутри популяции: уменьшение численности чистокровных автохтонных линий из-за заводской селекции и использования импортированных из других стран производителей; скрещивания автохтонных собак с заводскими и как результат потеря рабочих качеств; увлечение боями собак и в следствии этого метизация собак с другими породами; острая нехватка научных данных о генетической структуре породы; рост популяции одичавших собак - новый источник угрозы несущий в себе вероятность переноса инфекционных заболеваний и паразитов. Решением этих проблем может быть: создание государственных программ поддержки пастухов использующих собак; государственных программ и грантов для изучения генетики популяции автохтонно СО и ее истории; образовательные программы для населения объясняющие ценность автохтонной СО;

ужесточение законодательства относительно боев собак, как жестокое обращение с животным, повлекшее его гибель или увечье; развитие международного сотрудничества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Пастушьи охранные собаки Центральной Азии, среднеазиатские овчарки, — это не просто порода, а часть культурного наследия и важнейший экологический инструмент. Они формировались под влиянием климата, хищников, кочевого образа жизни, естественного отбора и народной селекции, сохранили древние поведенческие механизмы и доказали свою эффективность как средство не смертельной защиты стада. В условиях усиления антропогенного воздействия на природные экосистемы и необходимости сохранения хищников роль СО только возрастает. Комплексный подход, включающий научные исследования, поддержку традиционного животноводства и сохранение генофонда автохтонных собак, позволит обеспечить устойчивое сосуществование человека, стада и хищников в Центральной Азии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lescureux N., & Linnell J. D. (2014). Warring brothers: The complex interactions between wolves (Canis lupus) and dogs (Canis familiaris) in a conservation context. – Biological conservation, – 171, – 232-245.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320714000408
2. Linnell J. D. C., Lescureux N. (2015) Livestock guarding dogs–cultural heritage icons with a new relevance for mitigating conservation conflicts. Publisher: Norwegian Institute for Nature Research ISBN: ISBN 978-82-426-3500-6. https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/carnivores/pdf/livestock%20guarding%20dogs_web.pdf
3. Taylor W. et al. Early pastoral economies along the Ancient Silk Road: biomolecular evidence from the Alay Valley, Kyrgyzstan //PloS one. – 2018. – Т. 13. – №. 10. – С. e0205646. doi: 10.1371/journal.pone.0205646
4. Taylor W. T. T. et al. Evidence for early dispersal of domestic sheep into Central Asia //Nature Human Behaviour. – 2021. – Т. 5. – №. 9. – С. 1169-1179. doi.org/10.1038/s41562-021-01083-y
5. Rigg R. et al. Livestock guarding dogs: their current use world wide. – Oxford, UK : Canid Specialist Group, 2001. – Т. 1.
6. Marker L. et al. Twenty-five years of livestock guarding dog use across Namibian farmlands //Journal of Vertebrate Biology. – 2021. – Т. 69. – №. 3. – С. 20115.1.
7. Salvatori V. Medwolf: a new project to decrease man-wolf conflicts in Mediterranean-type areas //Carnivore Damage Prevention News. – 2014. – Т. 10. – С. 1-3.
8. Álvares F., Blanco J. C. Recovering traditional husbandry practices to reduce wolf predation on free-ranging cattle in Iberia //Carnivore Damage Prevention News. – 2014. – Т. 10. – С. 4-9.
9. Ribeiro S., Guerra A., Petrucci-Fonseca F. The use of livestock guarding dogs in North-Eastern Portugal: the importance of keeping the tradition //Carnivore Damage Prevention. – 2017. – Т. 15. – С. 9-18.
10. Kusak J., Şekercioğlu Ç. H. Large carnivores and livestock in northeastern Turkey: a pragmatic coexistence //Carnivore damage prevention news. – 2021. – Т. 21. – С. 1-9.
11. Overdorf J., Sergelen S. Guardian Dogs of the Mongolian Steppe //Scientific American. – 2018. – Т. 318. – №. 2. – С. 60-65.
12. Bergström A., Frantz L., Schmidt R., Ersmark E., Lebrasseur O., Girdland-Flink L., ... & Skoglund P. (2020). Origins and genetic legacy of prehistoric dogs. Science, 370(6516), 557-564. DOI: 10.1126/science.aba9572

13. Шер Я.А. (1980) Петроглифы Средней и Центральной Азии. – М.: Наука. 328 с. https://arheologija.ru/sher-petroglifyi-sredney-i-tsentralnoy-azii/

14. Brunet F. Pour une nouvelle étude de la culture néolithique de Kel'teminar, Ouzbékistan //Paléorient. – 2005. – С. 87-105.

15. Bergström A. et al. Origins and genetic legacy of prehistoric dogs //Science. – 2020. – Т. 370. – №. 6516. – С. 557-564. DOI: 10.1126/science.aba9572

16. Larson G., Fuller D. Q. The evolution of animal domestication //Annual review of ecology, evolution, and systematics. – 2014. – Т. 45. – №. 1. – С. 115-136. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135813

17. Coutinho-Lima D., Dreger D. L., Doadrio I., Parker H. G., Ghanavi H. R., Frantz L., ... & Godinho R. Multiple ancestries and shared gene flow among modern livestock guarding dogs. //Iscience. – 2024. – Т. 27. – №. 8. https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.110396

18. Nurmatova V.B. Le chien de berger d'Asie centrale autochtone: un voyage à travers les siècles. Revue Ethnozootechnie. – 2023. – VARIA - N°112. – P. 31-37 https://www.ethnozootechnie.org/spip.php?page=article&id_article=2595

19. Нурматова В.Б. Среднеазиатская овчарка: дорога из глубины веков. Chorvachilik va naslchilik ishi. – 2023. – 4(32), – С. 6-9. https://slib.uz/ru/article/view?id=22837

‘

SHARQ

KLIMATOUSTOYCHIVOE INTEGRIROVANNOE UPRAVLENIE VODNYMI RESURSAMI

TONG

CLIMATE-RESILIENT INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT.

EXPERIENCE OF USING A LOCAL MICROBIOLOGICAL PREPARATION TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF DRIP IRRIGATION OF GROWTH ON LIGHT GRAY MEDIUM SALINATED SOILS

Urazkeldiyev Abduvohid Baxtiyorovich
Director of the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Candidate of Agriculture Sciences, Senior Researcher
Erkinov Azamat Jamoldin o’g’li
Senior lecturer of the Department of "General Technical Sciences" at Karshi State Technical University

Annotatsiya. Maqolada iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi, yashil iqtisodiyot, iqlim o‘zgarishi, “yashil” mezonlar, mavjud suv resurslarini suv iste’molchilari orasida qat’iy taqsimlash, iqlim xavfi, suv resurslariga raqamli texnologiyalarni jalb qilish dolzarbligi, zamonaviy texnologiyalar hamda ularni tadbiq qilish iqtisodiy samaradorligi, avzalliklari, tejamkorlikka erishish uchun raqamli texnologiyalarni tadbiq qilish, xorij tajribasi asosida tashkiliy-amaliy masalalar tahlil qilingan va xulosa va tavsiyalar ishlab chiqilgan. Mamlakatimizda o‘rtacha sho‘rlangan tuproqlarda g‘o‘zani tomchilatib sug‘orish texnologiyasi samaradorligini oshirish maqsadida Farg‘ona viloyatida ekin maydonlarining tuproq holatini nazorat qilish va biostimulyatorlardan foydalanish bo‘yicha tajriba o‘tkazildi. Umumiy tahlillar natijasida g‘o‘za fenologiyasi va sug‘orish me’yorlari aniqlandi.

Kalit so‘zlar: Toza ekologik muhit, sho‘rlangan tuproq, g‘o‘za yetishtirish, tomchilatib sug‘orish texnologiyasi, o‘zgaruvchan sug‘orish, korvert usul, biostimulyatorlar, mikroorganizmlar, g‘o‘za fenologiyasi, fitohormonlar, mineral tuzlar.

Аннотация. В статье анализируются экономическая эффективность использования водных ресурсов в условиях изменения климата, зеленая экономика, изменение климата, «зеленые» критерии, строгое распределение имеющихся водных ресурсов между водопотребителями, климатический риск, актуальность привлечения цифровых технологий в водные ресурсы, современные технологии и их экономическая эффективность, преимущества, применение цифровых технологий для достижения экономии, организационные и практические вопросы на основе зарубежного опыта, а также разрабатываются выводы и рекомендации. С целью повышения эффективности технологии капельного орошения хлопчатника на среднезасоленных почвах в нашей стране в Ферганской области был проведен опыт по мониторингу состояния почв возделываемых площадей и применению биостимуляторов. В результате общих анализов были определены фенология хлопчатника и нормы полива.

Ключевые слова: Светло-серая слабозасоленная почва, хлопководство, технология капельного орошения, чередующееся орошение, метод корвертирования, термостат, биостимуляторы, микроорганизмы, фенология хлопчатника, минеральные соли.

Abstract. The article analyzes the economic efficiency of water resources use in the context of climate change, green economy, climate change, "green" criteria, strict distribution of existing water resources among water consumers, climate risk, the relevance of involving digital technologies in water resources, modern technologies and their economic efficiency, advantages, the application of digital technologies to achieve savings, organizational and practical issues based on foreign experience, and develops conclusions and recommendations. In order to increase the efficiency of drip irrigation technology for cotton on moderately saline soils in our country, an experiment was conducted in the Fergana region on monitoring the soil condition of cultivated

areas and using biostimulants. As a result of general analyzes, cotton phenology and irrigation standards were determined.

Key words: Low-saline light gray soil, cotton cultivation, drip irrigation technology, alternating irrigation, corvert method, thermostat, biostimulants, microorganisms, cotton phenology, mineral salts.

INTRODUCTION

Recently, Uzbekistan has been experiencing a trend towards the development and bio-ization of agricultural production, along with the reduction of chemical damage to the soil, which opens up the possibility of wide introduction of biological products, including growth promoting products, for various purposes in plant science. A number of researchers [2-5] found in laboratory experiments the stimulating effect of heterofermentative lactic acid bacteria on the germination of seeds and the development of plant seedlings (wheat, rice, cabbage, spinach and tomato).

The positive effect on plant growth and development is explained by the synthesis of a wide range of compounds (organic). During glucose fermentation, heterofermentative lactic acid bacteria synthesize organic acids, 2,3-butanedione, hydrogen peroxide, antibiotics. The formation and improvement of a healthy lifestyle depends on environmentally friendly agricultural products and, ultimately, on the development of an integrated management system through biological means. One of the main factors determining the effectiveness of ecologically clean agricultural production is biological means created on the basis of microbial biotechnologies.

DISCUSSION

These biological agents are safe for the population and the environment, and they also have a multifunctional mechanism of action on soil and plants to restore soil fertility, develop rhizosphere microorganisms. Lactose-fermenting bacteria include a unique group of microorganisms that are resistant to acidic environments, exhibit probiotic properties, and have a number of beneficial properties. Milk-fermenting bacteria isolated from dairy products and plants are widely used in the food industry.

LITERATURE ANALYSIS AND METHODS

Research on the economic efficiency of rational use of water resources in the context of climate change has been one of the most researched issues over the past 20-30 years. For this, decrees, resolutions and similar regulatory and legal documents serving the development of this area are being implemented by our President. In particular, the adoption of the Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PQ-4477 dated 04.10.2019 “On approval of the Strategy of the transition of the Republic of Uzbekistan to a “green” economy for the period 2019-2030” can be considered one of the practical results of the economic reforms being carried out in this direction.

As noted in this resolution, in recent years, our country has been paying special attention to the low level of energy efficiency of the economy, the irrational use of natural resources, the slow pace of technological innovation, the introduction of innovative solutions for the development of the "green economy", and the efficiency of agricultural land, including the use of water-saving technologies.

The resolution identifies the main tasks of the transition to a "green" economy as increasing the energy efficiency of the economy and rational use of natural resources through technological modernization and the development of financial mechanisms;

Incorporating "green" criteria based on advanced international standards into priority areas of public investment and spending;

"facilitate the implementation of pilot projects in the areas of transition to a "green" economy through intensified cooperation with international financial institutions";

improving energy efficiency in basic sectors of the economy;

diversifying the consumption of energy resources and developing the use of renewable energy sources;

Adapting to and mitigating the effects of climate change, increasing the efficiency of natural resource use, and preserving natural ecosystems;

Measures have been identified to enable the development of financial and non-financial mechanisms to support the "green" economy [1].

Currently, scientists around the world are conducting research into the application of lactic acid probiotic bacteria isolated from plants in agriculture. In particular, scientists from the Laboratory of "Microbiology and Biotechnology of Probiotics" of the Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan isolated lactic acid bacteria that synthesize phytohormones (GC and ISC) in high quantities from plants and based on them developed agricultural, there are more than 136 types of gibberellins, and research is being conducted in the field of cotton cultivation, mainly because of their positive effect on plant growth.

In the scientific literature, it is noted that ISK is synthesized by gram-negative and gram-positive bacteria. The response of plants to phytopathogens is carried out through the biosynthesis of biologically active substances (phytohormones, antibiotics). Phytohormones synthesized in plants are in a passive state and require the use of biopreparations containing (Gk, ISK) in order to become active. Gibberellic acid is a natural hormone that enhances the development of plants and is widely used worldwide due to its effective effect in the cultivation of agricultural products. Biopreparation used in experimental tests is an environmentally friendly product created on the basis of an association of promising active local milk-fermenting bacteria. The active milk-fermenting bacteria included in this biopreparation have properties that synthesize gibberellin and indolyl acetic acid, break down cellulose, produce antibiotics, vitamin B complex, non-exchangeable amino acids, and protect plants from pathogenic fungi. Since the biopreparation was created on the basis of local bacterial strains, it gives effective results in any soil and climatic conditions of our republic [8].

The biological preparation "Probiophyto" was tested on cotton, wheat, vegetables, and melon crops in the Kashkadarya, Surkhandarya, Samarkand, Namangan, Fergana, and Tashkent regions. The biological preparation increases the beneficial microflora of the soil, improves its productivity, structure and physical properties, restores the functioning of the soil plant-microorganism triad, prevents and protects against damage by phytopathogens, and enhances the development of and serves to obtain a high-quality and high yield, to ensure food security for the population, to increase the country's export potential, and to replace drugs imported from foreign countries.

It also improves the condition of the soil, increases its fertility and eliminates sources of disease-causing microflora. It enhances the development of agricultural crops, increases their resistance to various harmful effects of external abiotic factors, i.e. increases their resistance to stress, early ripening of crops, increases yield, and serves to obtain high-quality products. It enriches the soil with beneficial microflora, neutralizes pathogenic microflora contained in applied organic fertilizers, and converts chemical fertilizer residues in the soil into a form that can be absorbed by plants and delivered to them.

METHODS OF CONDUCTING RESEARCH IN PRACTICE

In the conditions of saline and salinity-prone soils, cotton was sown 60 cm between rows, and in the control variant, directly drip-irrigated without the use of biostimulants based on the scheme 2-12-1, it was irrigated a total of 15 times, the one-time irrigation rate was 249-311 m^3/g, the seasonal irrigation rate was equal to 4075 m^3/g, and the cotton yield was 40.2 ts/g achieved.

In option 2, where the cotton is treated with a suspension of Probiophyto biostimulant before planting and the first and second irrigations, drip irrigation technology is introduced based

on the 2-11-1 scheme, a total of 14 irrigations were carried out, the rate of 1-time irrigation was 240-267 m^3/g, the seasonal irrigation rate was 3635 m^3/g, and the yield of cotton was 46.6 ts/g achieved.

Table 1

Agrochemical analysis of experimental field soils

Options	Layer thickness, cm.	Humus %	Common forms, %		Active forms, mg/kg		
			$N\text{-}NH_4$	P_2O	NN_4	P_2O_2	K_2O
1	0-30	0.683	0.043	0.18	9.6	18.0	170
	30-50	0.590	0.035	0.14	7.6	15.0	140
2	0-30	0.690	0.049	0.20	10.0	19.0	180
	30-50	0.596	0.040	0.16	8.0	16.0	150
3	0-30	0.688	0.047	0.19	9.8	18.8	178
	30-50	0.595	0.039	0.16	8.0	15.8	147

The agrochemical analysis of the soil in the experimental field revealed variations in humus content, nutrient concentrations, and the availability of active forms of nutrients at different soil depths (Table 1). Humus content remained relatively stable, ranging from 0.590% to 0.690% in the 0-30 cm layers and 0.595% to 0.596% in the 30-50 cm layers. Nutrient concentrations, including nitrogen (N-NH4), phosphorus (P2O5), and potassium (K2O), decreased with depth, with the highest levels found in the 0-30 cm layers. Active forms of nutrients were also more concentrated in the upper soil layers, indicating better nutrient availability at the surface.

In the third variant, where the seeds were treated with a suspension of Probiophyto biostimulant 3 times before planting and drip irrigation technology was introduced, a total of 13 irrigations were carried out in the 2-10-1 scheme, with a single irrigation rate of 230-260 m^3/g, and a seasonal irrigation rate of 3360 m^3/g. It was 706 m^3/g compared to the control option and 280 m^3/g water saving compared to the second option, 49.8 ts/g from cotton, 9.4 ts/g higher than the control option.

In the conditions of low-saline soils of the Fergana region, the highest cotton yield was obtained when the cotton variety "Namangan-77" was grown with soil moisture of 75-80-65% relative to borderline field moisture capacity and mineral fertilizers were applied at the rate of N-200; P-150; K-100 kg.

In the first, second and third irrigations, the yield was 49.8 c/g, which was observed in the drip irrigation variant, treated with the Probiophyto biostimulator in the form of a suspension. In this variant, the conditional net profit is 15 million 582 thousand soums/g, and the profitability level is 67.4%.

CONCLUSION

The use of local biostimulants in the planting and cultivation of cotton in the conditions of moderately saline soils of the Fergana region increases the plant's tolerance to salt-related external stresses, improves soil condition, increases productivity, and ensures high and stable cotton yields. In the case of current global climate change and water shortage in our Republic, the use of biological preparations can solve many problems in agriculture and increase the efficiency of various agrotechnologies.

REFERENCES

1. Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PQ-4477 dated 04.10.2019 “On approval of the Strategy of the transition of the Republic of Uzbekistan to a “green” economy for the period 2019-2030”;

2. Kuwaki Sh., Ohhira I., Takahata M., Hirota A., Murata Y., and Tada M. Effect of the Fermentation of Herb by Lactic Acid bacteria against Phytopathogenic Filamentous Fungi and on

the Growth of Host Plants. Journal of Bioscience and Bioengineering. 2004. V. 98, No. 3: P. 187-192.

3. Квасников Ye.И. Микробиологические основы повышения урожайности хлопчатника и трав на поливных почвах // Объединенная сессия АН УзССР и СоюзНИХИ по вопросам дальнейшего развития хлопководства. - 1956.

4. Ташпулатов Ж., Байбаев Б.Г., Шульман Т.С., Абдуллаев Ye., Ташпулатов Ж.Ж. Ростостимулирующая активность некоторых ризосферных бактерий // Биотехнология: состояние и перспективы развития - 2005.

5. Li, H., Chen, S., Wang, M. et al. Phosphate solubilization and plant growth properties are promoted by a lactic acid bacterium in calcareous soil. Appl Microbiol Biotechnol 108, 24 (2024). https://doi.org/10.1007/s00253-023-12850-4

6. D.K. Maheshwari (ed.), Bacteria in Agrobiology: Plant Probiotics, 15 DOI 10.1007/978-3-642-27515-9.

7. Lamont J. R., Wilkins O., Bywater-Ekegärd M., Smith D. L. (2017). From yogurt to yield: Potential applications of lactic acid bacteria in plant production. Soil Biol. Biochem. 111, 1–9. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.03.015 [CrossRef] [Google Scholar].

8. Г.Дж. Кутлиева, Б.И.Тураева, Х.Ф. Камолова, Н.Ю. Зухриддинова. (2022) Ростостимулирующая активность молочнокислых бактерий изолированных из культурных и дикорастущих растений. Узбекский Биологический Журнал С. 20 25 http://www.ubj.academy.uz

9. Bakhora Ismoilovna Turaeva1, Kamolova Khulkar Fozil qizi1, Azamjon Bakhodirovich Soliev, Guzal Jumaniyazovna Kutlieva. Gibberellic and Indole Acetic Acids Producing Features of Bacteria from the Genus Lactobacillus and their Effect on Plant Development. Asian Journal of Biological and Life Sciences, 2021,10,3,681-686. DOI:10.5530/ajbls.2021.10.91

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УЗБЕКИСТАНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В ПЕРИОД ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Мурадов Ш.О.
Научно-исследовательский институт окружающей среды
и природоохранных технологий

Аннотация. На основе многолетних (1975-2023) исследований выявлен комплекс неотложных образовательных и научных эколого-водохозяйственных проблем, даны рекомендации по улучшению качества изучения предмета экология и состояния водно-земельных ресурсов аридных территорий в период изменения климата. Рекомендован разработанный новый учебник по предмету «Экология» с учетом международных стандартов для небиологических направлений бакалавриата. Дана оценка пресных питьевых вод и пути решения водоснабжения населения. Предложены технологии деминерализации вод как дополнительный ресурс, субирригации с целью уменьшения оросительной нормы сельскохозяйственных культур, способы изоляции грунтовых вод для предотвращения их понижения ниже критической, способ мелиорации почв для сокращения физического испарения и увеличения продуктивного испарения - транспирации. Выявлена корреляция между животноводством и плодородием почв. Приведена теория метаморфизации химического состава вод как критерий оценки их качества. Дан альтернативный вариант проекта использования стока р. Амударья на территории Узбекистана. Отмечено, что решение задач интегрированного управления водных ресурсов является кардинальным методом адаптации к изменению климата в аридной зоне.

Ключевые слова: Вода, земля, экология, орошение, образование, деминерализация, субирригация, мелиорация, метаморфизация, изоляция грунтовых вод, животноводство, плодородие.

Abstract. On the basis of long-term (1975-2023) studies, a set of urgent educational and scientific ecological and water management problems was revealed, and recommendations were given to improve the quality of studying the subject of ecology and the state of water and land resources in arid territories during climate change. The developed new textbook on the subject "Ecology" taking into account the international standards for non-biological directions of undergraduate studies was recommended. An assessment of fresh drinking water and ways to solve the water supply of the population is given. Technologies of water demineralization as an additional resource, subirrigation to reduce the irrigation rate of agricultural crops, methods of groundwater isolation to prevent its lowering below critical, method of soil amelioration to reduce physical evaporation and increase productive evaporation - transpiration are proposed. Correlation between animal husbandry and soil fertility is revealed. The theory of metamorphization of water chemical composition as a criterion of water quality assessment is given. An alternative variant of the project is given

Keywords: Water, land, ecology, irrigation, education, demineralization, subirrigation, reclamation, metamorphization, groundwater isolation, livestock farming, fertility.

ВВЕДЕНИЕ

Исторически Узбекистан является родиной экологии. Это доказывается тем, что 3000 лет тому назад наши предки, а точнее хорезмийцы, впервые написали великую книгу «АВЕСТА» (VII в до н.э.). Она проникнута идеей: Человек должен всегда содержать себя в чистоте, охранять растительность и обеспечить чистоту земли, воды и воздуха [1].

Кстати, сегодня в 23 пунктах Мира функционируют центры «АВЕСТА», в 1825 г. книга издана на английском языке, в 1972 г. на французском, в1973 г. на немецком и в 1901 г. на русском языках. Почему мы делаем такой вывод, да потому, что человек является главным субъектом экологии, а три последние элементы природы, отмеченные в книге, составляют основу фундаментального понятия экологии – биогеоценоза (или можно сказать экосистемы), точнее «биотопа», который состоит из «климатопа» (воздух, атмосфера), «гидротопа» (Вода, гидросфера) и «эдафатопа» (почва, грунты) [2]. Наши соотечественники-знатоки уже в то время впервые обратили внимание на эти главные элементы природы, предвидели необходимость сохранения этих важных элементов экосистемы.

Основываясь на трудах предков, наш Президент на 78 сессии Генеральной Ассамблеи ООН (19.09.2023 г.) ещё раз напомнил, что: «Мы по праву гордимся тем, что наша страна является родиной таких великих учёных и мыслителей, как Аль-Хорезми, Беруни, Имам Бухари, Мирзо Улугбек, Алишер Навои, которые внесли бесценный вклад в развитие мировой науки и культуры…».

Необходимо отметить, что лишь после высказывания в книге этих важных элементов природы, через 100 лет в VI-I вв до н.э в этических поэмах Индии «Махабхарата» и «Рамаяна», а также через 300 лет в Китайских хрониках (VI-II вв до н.э.) были сделаны идентичные высказывания. И лишь в V в до н.э. об этом писали древнегреческие мыслители – Гераклит, Эмпедока из Агригент, Сократ, Гиппократ (V в до н.э), Ксенофонд, Платон, Аристотель (IV в до н.э), Теофраст Эрезийский, Эратосфен (III в до н.э.), Страбон, Лукреций (I в до н.э.) и другие.

Оценив современное состояние природы, Президент Узбекистан на данной сессии ООН особо обратил внимание всех на то, что: «Сегодня в мире наблюдается острая экологическая ситуация. Усиливается тройной планетарный кризис, вызванный изменением климата, утратой биоразнообразия и загрязнением окружающей среды».

СУЩНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

Для понимания ценности данной оценки, следует ещё раз вкратце напомнит сущность понятия «Экология» как сферы развития человеческого разума в области сохранения биосферы. Предмет экология в буквальном смысле – наука об организмах «у себя дома» в мутуализме с «окружающей средой». Сегодня нижняя граница охватывает глубину 10 км по дну океана. Верхней границей является обозримая Метагалактика. Об этом писал наш соотечественник Абу Али Ибн Сино (Авиценна) в XI веке: что существует потусторонняя жизнь, ещё за 300 лет до высказываний Джордано Бруно.

Осознание такого диапазона явлений требует изучения глобальных фундаментальных законов экологии, это позволит повысить экологический интеллект, грамотность, воспитанность и культуру общества. И как отметил Президент на сессии: Мы убедились в том, что доступное и качественное образование для всех является наиболее эффективным фактором…устойчивого экономического роста».

В целом экологию следует рассматривать как синтетическую науку, более или менее тесно связанную почти со всеми науками. В процессе интеграции, экология оказалась как бы на перекрестке естественных, фундаментальных и технических наук, с одной стороны, и общественно-политических, с другой. Возможно, что уже в недалеком будущем именно

экология станет ядром супернауки, которая объединит все наши научные знания в единое целое (в смысле системы общих знаний). И как отмечал Абу Райхон Беруний: «Если люди совершают насилие над природой, грубо нарушая её законы, то придёт время, когда она обрушит на их головы немыслимые бедствия, которые не смогут остановить никакие силы» [3].

Сегодня экология является бурно развивающейся наукой. Она играет особую роль в жизни как общества, так и каждого человека. Принципиально отметил наш Президент, что: «…недостаточно занимаются в республике серьезными вопросами экологии» (Народное слово, 16.01, 2017, с.2). Уместно подчеркнуть, что данное состояние сложилось именно потому, что общий уровень экологического образования и воспитания еще недостаточен, низка экологическая культура людей (из видиоселекторного совещания, 02.02.2022 г.), это одна из главных задач требуемая Президентом. Этого требует и закон РУзб. «Об охране природы» [4], где отмечено «… обеспечить экологическое обучение во всех видах образовательных учреждениях» (ст.4, 3 абзац). Однако отдельные ВУЗы республики не осознав важность предмета экология в свете требования закона и Президента, непродуманно и необоснованно исключают из учебного плана данную дисциплину. В Постановлении Кабинета Министров РУзб. За №434 от 29 мая 2019 г. «Об утверждении концепции развития экологического образования в РУзб.» требуется: «…поднять на новый этап эффективность экологического образования».

Известно всем, что по словам Сократа, легче всего поучать других, сложнее познать себя [5]. Действительно с этого начинается человек, своим Разумом отличающийся от остальных представителей живого мира. Но простит нас Сократ, сегодня можем сказать больше: Не только познай самого себя, но и не вреди себе, разрушая свой дом, каковым является вся биосфера Земли. Вот на что, больше и нацелена наука, которую принято называть экологией. Однако это только один аспект проблемы. Современный уровень знаний и комплекс проблем, стоящих перед человечеством, требует создания единой научной картины Мира. Ближе всего, к решению этой проблемы подошла именно экология, с многочисленными своими ответвлениями. Актуально сегодня говорить о том, что одним из главных врагов экологии являются войны. Может быть, кому-то и покажется это странным, но, чтобы чувствовать и ценить мир, надо знать войну и не только знать, а ужасаться её бесчеловечностью. И искать, искать пути, способы, возможности, как избавиться от катастрофы, это, возможно, немного парадоксальное откровение мы называем **Законом совести**. И как говорится всё будет бесполезным если у нас не будет Совести по отношению к экологии, к её основному предмету –экологической системе и основному субъекту – Человеку с большой буквой. Переживая за ситуацию сегодняшнего дня, Президент обратил внимание мирового сообщества на то, что: «Наблюдается кризис доверия, усиливаются проблемы в деятельности институтов глобальной безопасности и отход от норм международного права. Все это вызывает растущую напряженность в мире. …Заметно подорван диалог даже по вопросам, касающимся судьбы всего человечества, таким как изменение климата, борьба с голодом и неравенством».

Президент отметил главную политическую стратегию страны: Превращение Центральной Азии в мирный и процветающий регион будет оставаться приоритетной целью внешней политики Узбекистана. Он потребовал: …Государства – члены ООН должны действовать ещё сплоченнее в борьбе с такими общими угрозами, как международный терроризм.

И далее еще раз затронут вопрос экологии и совести: …В этот переломный исторический момент нам следует задуматься о том, какую планету мы оставим будущим поколениям. …Только общими стремлениями и совместными усилиями можно достичь

прочного мира и процветания. Больше, чем, когда либо, нам нужны взаимные доверия, солидарность и сотрудничество.

Слова Президента составляют преамбулу Закона совести, направленный на сохранение основного субъекта экологии – Человека: Homo sapiens –человек разумный. Для объединения и систематизации экологических норм законности, подготовлен Экологический кодекс Узбекистана, который находится на стадии утверждения. Отрадным является организация министерства Экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан (Постановление Президента от 31.05.2023 г. за № ПП-171), которое ответственно за решение всех экологических проблем региона.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Надо отметить, что в Центральной Азии Узбекистан является одной из древних цивилизаций орошаемого земледелия. Этому свидетельствует археологические раскопки и исследования С.П. Толстова которые показали, что наибольшего развития ирригационная сеть в низовьях Амударьи достигла в период с VI в до н. э. до III в н.э. [6]. Великий русский климатолог А.И. Воейков в конце XIX века утверждал: «…что пояс засушливых районов Азии (т.е. Туркестана) несравненно благоприятнее для жизни и деятельности человека, чем районы Соединенных Штатов Америки, при условии, конечно, налаженного орошения» [7].

Именно на решение водохозяйственных задач на современном уровне с использованием инновационных идей ученых при глобальном и региональном изменении климата направлен Указ Президента Республики Узбекистан «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы».

На обложке книги «Вода: капля жизни» американского писателя Питер Свенсона отмечено: «Где кончается вода, там кончается жизнь, такая поговорка есть у узбеков» [8]. Такое признание основано на том, что на самом деле, если Солнце – отец всего живого на Земле, то вода, по мнению многих ученых, является тем материнским «чревом», которое породило жизнь. Гидросфера – главный компонент экологической системы или точнее биогеоценоза и ее составляющей экотопа (или биотопа).

По прогнозам ООН, к 2050 г. население Земли составит 8,9 млрд. человек, от дефицита воды будут страдать от 2 до 7 млрд. человек. Уже в 2023 году 2 млрд. человек, то есть четверть населения Земли, останутся без чистой питьевой воды, а в ближайшие 10 лет к ним присоединятся 700 млн. человек [9]. По оценкам различных международных организаций к 2025 г. третья часть растущего населения планеты будет страдать от недостатка воды на орошение. Сегодня около 80% всех глобальных ресурсов пресной воды, используемой человечеством, потребляется на орошение [10]. По данным международного института продовольственной политики ожидается, что к 2030 г. площадь орошаемых земель возрастет на 20 %, объем потребления воды увеличится на 14 %. Так как они служат источником получения примерно половины производимого в мире объема продовольствия [11].

В соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций № 70, принятой на Саммите ООН по устойчивому развитию в сентябре 2015 года, а также в целях организации системной работы по последовательной реализации Целей устойчивого развития Глобальной повестки дня ООН до 2030 года, Кабинет Министров Р. Узбекистан принял Постановление (20 октября 2018 г., № 841) «О мерах по реализации национальных целей и задач в области устойчивого развития на период до 2030 года» где отмечено в Цели 6. - Сохранение и рациональное использование водных ресурсов в интересах устойчивого развития, обеспечения их наличия и развития санитарии для всех; в задаче 6.4. - К 2030 году существенно повысить эффективность водопользования во всех

секторах экономики; в задаче 6.5. - К 2030 году обеспечить комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях, в том числе при необходимости на основе трансграничного сотрудничества.

Возвращаясь к данной проблеме, Президент Узбекистана Ш.М.Мирзиёев отметил на 78 сессии Генеральной Ассамблеи ООН: «…Выступаем за привлечение самых передовых технологий в процессе создания Платформы водосберегающих технологий в Центральной Азии, используя механизм «Организация Объединенных Наций – водные ресурсы».

И как отметил Президент Узбекистана в Послании Олий Мажлису (28.12.2018 г.): «Пока они изложены на бумаге, но нам предстоит превратить их в практические действия и реальные результаты, и для этого нам нужно упорно трудиться».

Наша основная цель: исследовать и разработать инновационные технические рекомендации по воплощению в жизнь обращений и принятых Постановлений Президента и Правительства Узбекистана.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вот уже более 75 лет учеными Научно-исследовательского института окружающей среды и природоохранных технологий проводятся работы по решению вышеотмеченных неотложных проблем экологии и водоустойчивости. Учитывая огромный опыт в этой отрасли, предлагаем ряд назревших решений, которые можно использовать во всей Центральной Азии и в аридных территориях Мира.

Во-первых, как известно научно-техническую политику, особенно в различных областях промышленности, осуществляют инженерно-технические работники, не имеющие специальной экологической подготовки. Сказанное относится также к студентам и технических, технологических, экономических и общественно-гуманитарных специальностей ВУЗов. В связи с чем, рекомендуем повсеместно использовать подготовленный учебник «Экология» для небиологических направлений [12] который охватывает минимум необходимых экологических знаний, а конкретные проблемы экологии увязаны с инженерными мероприятиями охраны окружающей среды. Приведен весь методический материал и сквозная общенаучная образовательная программа по экологии (с основами охраны природы) с учетом международных стандартных программ.

Во-вторых, что касается пресных вод для населения, при разумном использовании их в Узбекистане достаточно для отдаленной перспективы. Это в первую очередь запасы подземных вод Ферганской долины, Приташкентской и Джизакской зон, Зарафшанской долины, Китабо-Шахрисябзской впадины Кашкадарьи, Сурхандарьинского бассейна. Так, например, по расчетам ученых наличие эксплуатационных пресных подземных вод республики составляет порядка 293,4 кубометров в секунду [13]. При населении 36024946 (01.01.2023), на 1 человека приходится 703,7 литра в сутки. При средней норме 240 л/сут, можно обеспечить 105,6 млн. людей или обеспеченность составит 139,3 лет, если мы перейдем на европейскую норму 120 литра в сутки, то данные запасы обеспечат 211,3 млн. человек или обеспеченность составит 350,6 лет. Сегодня развитые страны думают о снижении нормы водопотребления до 80 и в перспективе до 60 литров в сутки. По данным АО «Узсувтаъминот» на 01.12. 2023 г. средняя норма водопотребления составила 99.4 литра в сутки на одного человека. По нашему мнению, настало время создания единой водопроводной сети Узбекистана (аналогично электро-и газопроводной). Эти воды и воды пресных водохранилищ надо направить в основном для питьевых нужд. Этим мы можем снять проблему водоснабжения населения собственными пресными водами.

Это крайне жизненно важна проблема. Так, например, в Швеции расход воды на 1 человека составляет 120 литров, в Израиле 100, в Нидерландах 80 литров. При этом Шведы принимают душ 5 раз в сутки. Что же наблюдается у нас. Главной причиной является

устаревшая арматура, низкий КПД системы водоснабжения, более 50% теряется за счет утечек. Помимо этого, большая стоимость воды в следствии работы старых насосных агрегатов с низким КПД. Мы разрабатываем схемы интегрированного использования водных ресурсов. Нам необходимо для всех организаций рассчитать на отдаленную перспективу данные схемы в свете требований Закона Р. Узбекистан «О воде и водопользовании» [14], статьи 106, 111, 112 и Указа Президента Узбекистана от10.07.2020 г. «Об утверждении концепции развития водного хозяйства республики Узбекистан на 2020-2030 годы» где отмечено: Определить приоритетными направлениями Концепции: внедрение принципов интегрированного управления водными ресурсами, гарантированное обеспечение населения водой, стабильное водоснабжение отраслей экономики, улучшение качества воды и сохранение экологического баланса окружающей среды.

Дополнительный ресурс, использование в быту соленых вод для технических нужд. Этим мы достаточно обеспечим пресными водами коммунально-бытовое хозяйстве.

В-третьих, если мы хотим обеспечить водоустойчивость, тем более устойчивое развитие в Центральной Азии, крайне необходимо уже сегодня перевести все крупные промышленные предприятия, в том числе и запланированные АЭС, на использование опресненных подземных и поверхностных вод. Разработанная и испытанная установка деминерализации вод [15], основана на газогидратной технологии, признана эколого-экономичной. Этим мы решим и природоохранную задачу. Сегодня увеличивается объем соленых подземных [16] и коллекторно-дренажных вод (они составляют 30% от водозабора). Это искусственные соленые озера в Узбекистане как Сичанкуль(более 600 млн. $м^3$) Ачинкуль (более 126 млн. $м^3$) Арнасайские озера (более 30 млрд. $м^3$) и многие озера Приаралья, в Казахстане и Туркмении. Они составляют миллиарды кубометров воды. Необходимо уже сейчас думать о деминерализации вод и использовании их в технических нуждах и в промышленности. При соответствующей обработке можно получить питьевую воду а отходы использовать для получения гипса, извести, соды и поваренной соли.

В-четвертых, надо признать, что наблюдается наряду с гидрологической и метеорологической так же почвенная засуха. В послании Президента Узбекистана на 2023 год отмечено, как известно, последние 3 года в стране наблюдается маловодье. …За последние 15 лет общее количество осадков сократилось на 25 процентов. Больше становится аномально жарких дней летом, это свидетельствует о том, что впереди нас ждут еще большие испытания. Естественно, как и в 2022 году это привело в 2023 г. к увеличению оросительной нормы за счет интенсивного испарения, которое приведет к почвенной засухе. Кстати, по прогнозам американских ученых 2024 г. прогнозируется как год с аномальной высокой летней температурой. С целью рационального использования оросительной воды, предлагаем крайне необходимым мероприятием массовое внедрение специально разработанных устройств [17,18,19], способствующих осуществлению субирригации наряду с широкой распространенной гиперирригацией для осуществления полной ирригации. Каскадное внедрение технологии позволит в 1,5-2 раза сократить оросительную норму. Они решают комплекс природоохранных и социальных проблем. Их необходимо устраивать на коллекторно-дренажной, оросительной и речной сетях. Они способствуют поднятию уровня грунтовых вод до оптимальной критической глубины.

В-пятых, известно о том, что в связи с учащением засухи увеличился забор подземных вод на орошение. Это спровоцировало уменьшение запасов и понижение уровня грунтовых вод ниже критического. Как отметил на совещании Президент (07.12.2022 г.): «Подземные воды являются одним из важных источников пресной воды для природы и человека. Из-за нерационального использования наблюдается истощение этого ресурса. В некоторых районах Навоийской, Самаркандской, Джизакской, Кашкадарьинской,

Наманганской, Ферганской и Андижанской областей уровень грунтовых вод снизился до 5 метров». Это происходит за счет нисходящего потока грунтовых вод через гидрогеологические окна. Для предотвращения этого процесса предлагается способ изоляции грунтовых вод на орошаемых землях [20,21,22,23], способствующий создания пртивофильтрационного экрана.

В-шестых, учитывая неоднократные требования Президента о широком внедрении капельного орошения, предлагаем крайне необходимую технологию по уменьшению испаряемости, сохранению энергии, повышению плодородия почв. Сущность технологии заключается в использовании, при физическом изменении состояния, местных минералов-тяжелых глин (в противовес гидрогелям). Кстати, мы предлагаем использовать данную технологию при капельном орошении лесонасаждений в зоне Приаралья (1.7 млн.га). Эта технология способствует предотвращению ветровой эрозии за счет увеличения связанности почв. Тем более в Тебинбулакском месторождении Каракалпакии по данным Госкомгеологии содержится более 169 тыс.тонн вермикулита. Однако по исследованиям 1937 г. их запасы составляли более 1 млн. тонн. Данную технологию можно использовать во всем регионе ЦА с учетом наличия местных минералов. В Кашкадарьинской области это запасы глауконитовых песчанников в селениях Найман, Мабика и Аксу. Они имеются в районе Кизилтепа Навойинской области, в составе глин Ферганской области месторождения Чимион и Шорсу, в Ташкентской области глауконiты, в Хорезмской области бентонитовые глины и т.д. Президент Узбекистана отметил, что особого внимания требует система Госкомгеологии по разработке проекта Программы развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы. В этом плане мы разработали «способ мелиорации почв» [24]. Он основан на использовании местных природных минералов – вермикулит, перлит и др. Они повышают плодородие и уменьшают физическое испарение с почв. Предложен механизм для внесения вышеупомянутых минералов и способ нарезки извилин по дну борозды предотвращающий ирригационную эрозию и повышающий водоудерживающую способность почв. К большому сожалению, вермикулит Тебинбулакского месторождения в настоящее время экспортируется в Россию и Турцию, в 2021 г. продано на сумму 623 тыс.долл. (газета «Жамият», 12.02.2022).

В-седьмых, известно о том, что главным в повышении урожайности является не вода, а плодородие почв. Учеными определена связь между животноводством и плодородием земель. Так, например, органические удобрения от 40 овец могут содержать плодородие 1 га земель. Или 5-6 голов крупного рогатого скота. Учитывая 4,3 млн. га орошаемых земель республики, у нас в арсенале должно быть 172 млн. голов овец и коз. По данным 2022 года их было 22626,3 тыс. голов (что 7,7 раз меньше), КРС было 12611,8 тыс. голов. Итого 35238,1 тыс. голов, это способствовало обеспечению 63% орошаемых земель органическими удобрениями. А если учитывать 20,3 млн га сельскохозяйственных угодий, то они обеспечены на 13,3 % органикой. Вот вам и картина, нет плодородия и в недостатке мясомолочной продукции. А что касается плодородия, мы все знаем, что бонитет наших земель (ср. по республике - 55, Каракалпакия -41, данные ООН [25]) очень-то спал, что отражается на урожайности сельхозкультур. Мы потеряли естественную экосистему, надвигается полная экологическая опасность. Учеными доказано, что солома от колосовых в 10 раз больше повышает плодородие земель чем органические удобрения. Крайне необходимо интенсивно внедрять севооборотную систему.

В-восьмых, необходимо скорейшим образом оценить качество поверхностных и подземных вод в современных условиях с прогнозом на отдаленную перспективу. Для этого надо проанализировать метаморфизацию (изменение) химического состава природных вод [26]. Это позволит нам прогнозировать солесодержание в почвах и соответственно заранее

принимать меры по охране почв. В настоящее время в предгорных районах наблюдается локальное содовое засоление почв. Учеными доказано, что если они занимают 20-30% площади орошения, то считается нерентабельными. Для предотвращения содового засоления мы предлагаем способ рассоления почв
[27], который одновременно способствует выделению, при химической мелиорации, чилийской селитры, так необходимой для растений.

В-девятых, что касается уменьшения стока р.Амударья в связи с строительством Куштепинского канала в Афганистане, еще в конце XVIII века инженер Анненков, подтвердил возможность подачи воды из Амударьи самотеком в восточную часть Бухары и в низовья Кашкадарьинской системы [7]. В настоящее время вода, подаваемая в низовья Кашкадарьи насосными станциями, оценивается как самая дорогая. 1 $м^3$ в 2023 г. стоил 482 сума (4 цента), при заборе 3281,2 млн. $м^3$ общий расход составляет около 1,544 трл. сумов. В связи с чем мы предлагаем провести канал от места впадения рр. Пандж и Вахш в р. Амударья на территории Таджикистана до Каршинского магистрального канала протяженностью более 500 км. И тем самым обеспечить водой юго-запад Узбекистана - Сурхандарьинскую, Кашкадарьинскую, Бухарскую и Навойинскую области.

В-десятых, все вышеперечисленные инновационные решения способствуют разработке технологии усовершенствованного интегрированного управления водных ресурсов в соответствии мировой практики [28,29,30,31,32,33,34,35]. Их надо организовывать на уровне агроучастков, крупных промышленных предприятий, административных районов и областей, бассейнов рек. У нас имеется достаточный опыт расчета, проведения экспериментов и внедрения на производственном уровне [36].

В-одиннадцатых, необходимо восстановить гидрометрическую сеть для точного учета имеющихся, используемых и сточных водных ресурсов.

В-двенадцатых, крайне необходимо привести в порядок наши источники водных ресурсов - реки, которые являются главным фактором, влияющим на климатические условия региона. Для этого достаточно хорошо развита отечественная наука гидрология.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Надо отметить, что все предложения испытаны в лабораторных и полевых условиях, апробированы и одобрены учеными-специалистами России, США, Европы, Турции, Казахстана, Таджикистана, Туркмении. Технические решения эколого-экономичные и готовы к поэтапному внедрению.

Резюмируя можно привести слова депутата Европарламента от партии Союз Зеленых, немецкого политика Виола фон Крамон (из выступления на заседании Комитета по иностранным делам, которое было посвящено развитию отношений между ЕС и нашей страной, 09.10. 2023 г.): Водные ресурсы используются неэффективно, города покрыты токсичной пылью, а страна превращается в пустыню. Если эти процессы не остановить, более 39 миллионов жителей Узбекистана столкнутся с экологической катастрофой.

Надеемся, что современный подход в изучении предмета экология и данный комплекс технических инноваций будет учтен соответствующими подразделениями ВУЗов и водохозяйственными организациями, кластерами, населением приусадебных участков, соответствующими ведомствами и практиками при разработке «дорожной карты» по данному вопросу и воплотятся в жизнь в целях улучшения образовательного сектора и эколого-социальных условий, продовольственной безопасности не только Узбекистана, но и всей аридной зоны Мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АВЕСТО. Историко-литературное наследие. Пер.на узб. яз. Аскар. - Махкам. Ташкент: «Шарк», 2001. 384 с.

2. Валуконис Г.Ю., Мурадов Ш.О. Основы экологии-Т.1.Общая экология. Кн.1. Ташкент: «Мехнат», 2001. 328 с.
3. Тухтаев А.С. Экология. Ташкент: Укитувчи, 1998. 192 с.
4. Закон Республики Узбекистан «Об охране природы». Ташкент: Адолат, 1992. 14 с.
5. Нерсесянц В.С. Сократ. М.: Издательская группа ИНФРА. -М-НОРМА, 1995. 312 с.
6. Толстов С.П. Древний Хорезм. М.:16-я тип. треста «Полиграфкнига», 1948. 352 с.
7. Мамедов А.М. Развитие ирригации в Узбекитане. Ташкент: «ФАН»,1967. 297 с.
8. Peter Swanson. Water: The Drop of Life, North Word press, Minnetonka, Minnesota, 2001. USA. P.143.
9. Усмоний С. Угрозы нехватки воды: Решения непропорциональны проблемам//AGUA, UZSUVTAMINOT, 2023. №24/7. С. 39-41.
10. Вышпольский Ф., Мухамеджанов Х. Опыт использования лизиметров для корректировки режимов орошения сельскохозяйственных культур//Сб.науч.трудов.Материалы международного семинара ИКАРДА. Тараз:2002. С.139-149.
11. Савельев Ю.В. Экологический менежмент. М.: Логос, 2001. 126 с.
12. Мурадов Ш.О. Экология. -Карши: изд-во «Intellekt», 2022. 376 с.
13. Мирзаев С.Ш. Запасы подземных вод Узбекистана. Ташкент: ФАН, 1974. 224 с.
14. Закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании». Ташкен: Адолат, 1993. 30 с.
15. Патент Республики Узбекистан № IDP 04339. 2000.
16. Борисов В.А., Вавленко Л.И., Мусаева Т.П., Султанова Д.Г. Индексная оценка качества питьевых подземных вод Узбекистана// Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. Ташкент: изд-во «Университет», 2002. С.83-91.
17. Авторское свидетельство № 990952. 1980.
18. Авторское свидетельство № 1491953. 1989.
19. Авторское свидетельство № 1656053. 1991.
20. Авторское свидетельство № 1076533. 1983.
21. Авторское свидетельство № 1079754. 1984.
22. Авторское свидетельство № 1620536. 1990.
23. Авторское свидетельство № 1659445. 1991.
24. Патент Республики Узбекистан № 4539. 19.97
25. Обзор результативности экологической деятельности. Узбекистан, втор. обзор, вып.№29- Нью-Йорк и Женева: ЕЭК ООН. 2010. 245 с.
26. Валуконис Г.Ю., Ходьков А.Е. Роль подземных вод в формировании месторождений полезных ископаемых. Л.: «Недра», 1978. 296 с.
27. Патент Республики Узбекистан № IDP 04470. 2000.
28. Bindraa S.P., Hamid A., Salem H., Hamuda K., Abulifa S. Sustainable integrated water resources management for energy production and food security in Libya. Procedia Technology 12 (2014) pp. 747–752, doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.558.
29. Savenije H.G., Van P. der Zaag, Integrated water resources management: Concepts and issues. Physics and Chemistry of the Earth 33 (2008) pp. 290–297, doi: 10.1016/j.pce.2008.02.003.
30. Xiao-Jun Hu, You-Cai Xiong, Yong-Jin Li, Jian-Xin Wang, Feng-Min Li, Hai-Yang Wang, Lan-Lan Li, Integrated water resources management and water users' associations in the arid region of northwest China: A case study of farmers' perceptions. Journal of Environmental Management 145 (2014) pp. 162-169. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.06.018.

31. Dukhovny V.A., V.I. Sokolov, D.R. Ziganshina, Integrated Water Resources Management in Central Asia, as a way of survival in conditions of water scarcity. Quaternary International 311 (2013) pp. 181-188. http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.07.003.
32. Gourbesville P., Challenges for integrated water resources management. Physics and Chemistry of the Earth 33 (2008) pp. 284–289. doi:10.1016/j.pce.2008.02.002.
33. Pires A., Morato J., Peixoto H., Botero V., Zuluaga L., Figueroa A. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. Science of the Total Environment 578 (2017) pp. 139–147. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.217.
34. Roach T., Kapelan Z., Ledbetter R. Comparison of info-gap and robust optimisation methods for integrated water resource management under severe uncertainty. Procedia Engineering 119 (2015) pp. 874–883. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.955.
35. Anzaldi G., Rubion E., Corchero A., Sanfeliu R., Domingo X., Pijuan J., Tersa F. Towards an Enhanced Knowledge-Based Decision Support System (DSS) for Integrated Water Resource Management (IWRM). Procedia Engineering 89 (2014) pp. 1097 – 1104. doi: 10.1016/j.proeng.2014.11.230.
36. Мурадов Ш.О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана. Ташкент: ФАН, 2012. 376 с.

IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA SUV RESURSLARINI OQILONA BOSHQARISHDA TOMCHILATIB SUG‘ORISHNING AFZALLIKLARI

Urazkeldiyev Abduvohid Baxtiyorovich
Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy tadqiqot instituti direktori q/x.f.n., katta ilmiy hodimi
Erkinov Azamat Jamoldin o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti “Umumtexnik fanlar” kafedrasi katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada hozirda mavjud muammolardan bir bo‘lgan iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi, iqlim xavfi, suv resurslariga raqamli texnologiyalarni jalb qilish dolzarbligi, yashil iqtisodiyot, iqlim o‘zgarishi, zamonaviy suv tejovchi texnologiyalar hamda ularni tadbiq qilish iqtisodiy samaradorligi, afzalliklari, tejamkorlikka erishish uchun innovatsion texnologiyalarni tadbiq qilish asosida tashkiliy-amaliy masalalar tahlil qilingan va xulosa va tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: yashil iqtisodiyot, iqtisodiy samaradorlik, iqlim o‘zgarishi, raqamli texnologiyalar, suv resurslari, tomchilatib sug‘orish, ekin fenologiyasi, suvni boshqarish, aqlli sug‘orish, sug‘orish xarajatlari.

Аннотация. В данной стате анализируется экономическая эффективност исползования водных ресурсов в условиях изменения климата, одна из актуалных проблем, климатические риски, актуалност внедрения сифровых технологий в водные ресурсы, зеленая экономика, изменение климата, современные водосберегающие технологии и их экономическая эффективност, преимущества, организационные и практические вопросы на основе внедрения инновационных технологий для достижения экономии, разрабатываются выводы и рекомендации.

Ключевые слова: зеленая экономика, экономическая эффективност, изменение климата, сифровые технологии, водные ресурсы, капелное орошение, фенология селскохозяйственных культур, управление водными ресурсами, интеллектуалное орошение, затраты на орошение.

Abstract. This article analyzes the economic efficiyency of water resources use in the context of climate change, one of the current problems, climate risks, the relevance of involving digital technologiyes in water resources, green economy, climate change, modern water-saving technologiyes and their economic efficiyency, advantages, organizational and practical issues based on the implementation of innovative technologiyes to achiyeve savings, and develops conclusions and recommendations.

Keywords: green economy, economic efficiyency, climate change, digital technologiyes, water resources, drip irrigation, crop phenology, water management, smart irrigation, irrigation costs.

KIRISH

Iqlim o‘zgarishi bilan bog‘liq muammoli masalalar mamlakatda amalga oshirilayotgan islohotlar samaradorligiga, xususan, iqtisodiy o‘sish va kambag‘allikni qisqartirish, ekologik va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashga o‘zining salbiy ta’sirini ko‘rsatadi. Shundan kelib chiqib, ushbu yo‘nalishda mamlakatda iqlim o‘zgarishi ta’sirini kamaytirish va unga moslashish, “yashil” iqtisodiyotga o‘tish choralarini jadallashtirish, “yashil” va inklyuziv iqtisodiy o‘sish modelini targ‘ib qilishga katta e’tibor qaratilmoqda. Shunday ekan, iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslaridan samarali foydalanishning iqtisodiy samaradorligi ko‘p qirrali, kompleks yondashuvni talab qiladi. Iqlim o‘zgarishi suv resurslarining mavjudligi va sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi, bu esa o‘z navbatida iqtisodiyotga ta’sir qiladi. Suv resurslaridan samarali foydalanish nafaqat ekologik zarurat, balki iqtisodiy rivojlanishning asosiy omiliga aylanadi. Bundan tashqari, iqlim o‘zgarishi tufayli yuzaga kelayotgan salbiy holatlarning saboqlari iqtisodiy o‘sishni ta’minlashda yanada barqaror manbalar va yondashuvlarni qayta ko‘rib chiqish, xususan, mamlakatda “yashil” iqtisodiyot va “yashil” iqtisodiy o‘sish bo‘yicha strategik maqsadlar va chora-tadbirlar amalga oshirilishini samarali tashkil etish zarur ekanligini ko‘rsatmoqda[1].

Iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslaridan oqilona foydalanishning iqtisodiy samaradorligiga oid tadqiqot ishlari so‘nggi 20-30 yillar davomida eng ko‘p tadqiq etiladigan masalalar qatoriga kirib bormoqda. Buning uchun esa Prezidentimiz tomonidan ushbu soha rivojiga xizmat qiladigan farmon, qaror va shu kabi me’yoriy-xuquqiy hujjatlar amaliyotga tadbiq etilmoqda. Jumladan O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 04.10.2019-yildagi “2019 — 2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-4477-son qarorining qabul qilinishi bu yo‘nalishda olib borilayotgan iqtisodiy islohotarning amaliy natijasidan biri deyish mumkin[2].

Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 01.04.2023-yildagi PQ-107-son “Suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo‘yicha kechiktirib bo‘lmaydigan chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori ham qabul qilingan. Qarorga ko‘ra O’zbekiston Resrublikasida bugungi kunda suvni tejaydigan texnologiyalar qamrab olgan maydon sug‘oriladigan maydonlarning qariyb 25 foizini tashkil qilib, buning hisobiga 2022-yilda 3 mlrd kub metr suv iqtisod qilindi hamda 830 ming gektar takroriy ekin maydonlarini sug‘orishga yo‘naltirilganligi ma’lum. Shuningdek, prognoz ma’lumotlarga ko‘ra, 2023-yil vegetatsiya davrida suv resurslari hajmi ko‘p yillik me’yorga nisbatan Sirdaryo havzasida 10 — 15 foizga, Amudaryo havzasida 15 — 20 foizga kam bo‘lishi kuzatilgan. Shu sababdan, 2023-yil yozgi sug‘orish mavsumida suv tanqisligi sharoitida qishloq xo‘jaligi ekin maydonlari va iqtisodiyot tarmoqlarini suv bilan barqaror ta’minlash hamda mavjud suv resurslaridan samarali foydalanish maqsadida mavjud suv resurslarini suv iste’molchilari orasida qat’iy taqsimlagan holda foydalanish yo‘lga qo‘yilgan[3].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

O‘tgan asrning 90 yillaridan boshlab tomchilatib sug‘orish tizimi elementlarini mahalliylashtirish bo‘yicha ishlar amalga oshirish boshlangan. Qishloq xo‘jalik ekinlarini tomchilatib sug‘orish bo‘yicha asosan O‘zPITI, TIMI, SANIIRI va Suv muammolari institutlari tomonidan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan. V.A.Duxovniyning ta’kidlashicha o‘tgan asrning 80 yillarida tomchilatib sug‘orish tizimini joriy qilish bo‘yicha tashkil qilingan tajriba-ishlab chiqarish maydonlarining tashkil qilinishi va olib borilgan tadqiqot natijalari suv resurslari o‘ta taqchil sharoitlarda qishloq xo‘jalik ekinlarini sug‘orishda foydalanilgan suv miqdorlari 50 foizgacha iqtisod qilinganligini tasdiqlaydi[4].

Respublikamizdagi iqtisodchi olimlari tomonidan ham suv resurslaridan samarali foydalanishga oid ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan X.I.Valiyev, Sh.O.Muradov, B.M.Xolbayevlar tomonidan nashr etilgan “Suv resurslaridan mukammal foydalanish” nomli darslikda suv resurslari, ularning zaxiralari va ulami boshqarish tahlil qilingan. Shuningdek, iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida suv resurslaridan mukammal foydalanish hamda muhofaza qilishning integrallashgan boshqaruvining ahamiyati va dolzarb masalalari yoritilgan. Asosiy suv iste’molchilari, ularning xususiyati hamda suv resurslariga bo‘lgan talablari keltirilgan. Suv xo‘jaligi majmualarining yaratilishi va suv resurslarini muhofaza qilish masalalariga katta e’tibor qaratilgan [5].

Rossiyalik iqtisodchi olim, professor Viktor Ivanovichning tadqiqotlaida Global iqlim o‘zgarishi sharoitida dunyodagi suv resurslari muammolari o‘rganilgan. Masalan “Глобальные климатические изменения и водные проблемы России и мира” nomli ilmiy maqolasida global iqlim o‘zgarishining gidrosferaga ta’sirining umumiy masalalari ko‘rib chiqilgan, shunungdek suv resurslariga bunday ta’sirlarni prognoz qilishning qiyinchiliklari hamda mazkur prognozlarning esa ishonchliligi yetarli emasligi ta’kidlangan. Bundan tashqari, iqlim o‘zgarishining suv resurslari uchun oqibatlari yangi muammolarni keltirib chiqarmasligi, balki mavjud muammolarni yanada kuchaytirishini isbotlab bergan. Dunyo miqyosida suv resurslari bilan bog‘liq hozirgi vaziyatni tahlil qilib, iqlim o‘zgarishi bilan kuchayib borayotgan bu kabi dolzarb muammolarni hal qilishni odatda keng qamrovli yondoshuvlar emas, balki suvdan foydalanishni faollashtirish zarurligini ko‘rsatib bergan[6].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Iqlim omillari yoki ob-havo sharoitlarini asosiy belgilovchilardan biri-havo harorati barcha biologik faollikni harakatga keltiruvchi kuch bo‘lib, qishloq xo‘jaligi uchun zarur bo‘lgan asosiy iqlim ko‘rsatkichlaridan biridir.

Havo harorati juda o‘zgaruvchan bo‘lib, bir necha soatlik qisqa muddatda ham keskin o‘zgarib ketishi mumkin. Tadqiqot jarayonida mavud holat tahlil qilinib, suv resurslaridan foydalanishda innovatsion texnologiyalardan foydalanish muammolari boshqichma-bosqich o‘rganildi. Bunda suv resurslaridan foydalanish sohalari, suv resurslarinig mabjud manbasi, suv resurslaridan foydalanish usullari kuzatishlar, monitoring va fenologiyasini taqqoslash, tavsiflash, kichik eksperimentlar o‘tkazish orqali tahliliy natijalar to‘plandi. Tadqiqot natijasida konkret, aniq, nazariy, amaliy, texnologik tavsiya va loyihalar ishlab chiqildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Respublikada sug‘oriladigan yer maydoni 4,3 mln gektarni tashkil etib, jami suv resurslarining o‘rtacha 90-91 foizi qishloq xo‘jaligida, 4,5 foizi, kommunal-maishiy xo‘jalik sohasida, 1,4 foizi sanoatda, 1,2 foizi baliqchilikda, 0,5 foizi issiqlik energetikasida, 1 foizi esa iqtisodiyotning boshqa tarmoqlarida foydalanilgan.

Respublika hududi o‘ziga xos tuproq va iqlim sharoitiga ega bo‘lib, tabiiy drenajning yetishmasligi, yer osti suvlari minerallashuvi darajasining yuqoriligi natijasida bir qator hududlar “birlamchi sho‘rlangan”. Shu bilan birga, suv resurslaridan oqilona foydalanmaslik va boshqa

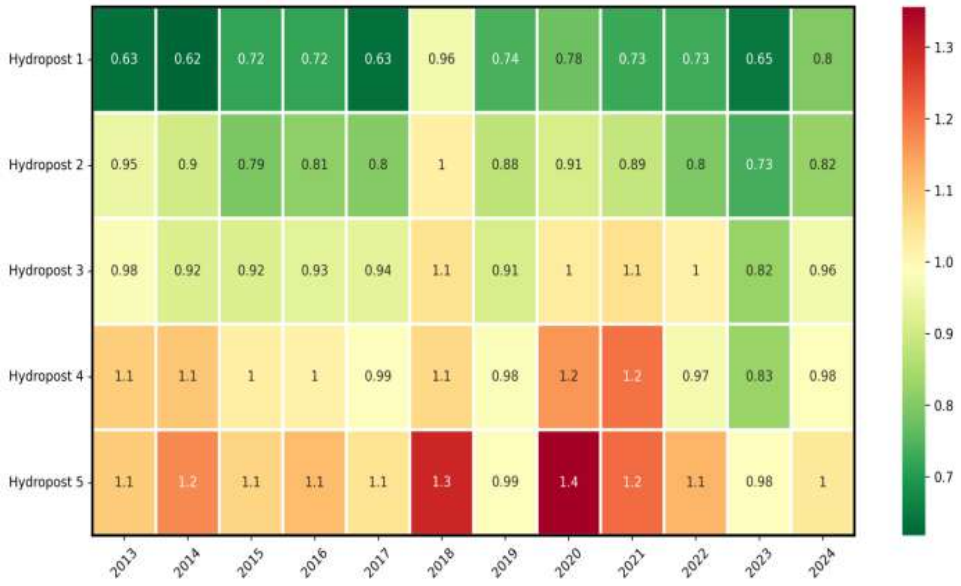
antropogen omillarning salbiy ta’siri natijasida ayrim hududlarda yerlarning “ikkilamchi sho‘rlanishi” kuzatilib, 45,7 foiz sug‘oriladigan yer maydoni turli darajada sho‘rlangan.

Suv xo‘jaligi tizimida 28,4 ming km irrigatsiya tizimi va ulardagi 54 432 ta har xil gidrotexnika inshootidan, shuningdek, umumiy hajmi 19,4 mlrd kub metr bo‘lgan 70 ta suv ombori va sel omboridan foydalanib kelinmoqda.

Suv resurslarining nomutanosib taqsimlanishi va sug‘oriladigan yerlarning murakkab relyefga ega ekanligi natijasida sug‘oriladigan yerlarning 60 foiziga yaqin qismiga 1 687 ta nasos stansiya yordamida suv yetkazib berilib, ularning yillik elektr energiyasi iste’moli 8 mlrd kVt.s ni tashkil etadi.

Bundan tashqari, suv iste’molchilari uyushmalari, fermer xo‘jaliklari va klasterlar tomonidan jami 155,2 ming km sug‘orish tarmog‘i va 10 280 tadan ziyod nasos agregatlari ishlatilmoqda. Sug‘orish ehtiyojlari uchun jami 12,4 mingta, jumladan suv xo‘jaligi tizimida 4 153 ta sug‘orish quduqlaridan foydalanilmoqda.

Sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash uchun umumiy uzunligi 142,9 ming km, shundan 106,2 ming km ochiq va 36,7 ming km yopiq gorizontal kollektor-drenaj tarmog‘i, shuningdek 172 ta meliorativ nasos stansiyasi, 3 897 ta vertikal drenaj quduqlar ishlatilmoqda. Xususan, 850 ming gektarda suvni tejovchi texnologiyalar joriy qilingan. Shundan, 85 ming gektar tomchilatib, 37 ming gektar yomg‘irlatib, 31 ming gektar diskret, 174 ming gektar egiluvchan quvur va egatga plyonka to‘shab sug‘orish, 1620 ta suv resurslarini onlayn kuzatish imkonini beruvchi “aqlli suv”, 24 ta yirik suv ho‘jaligi inshooti boshqaruvini avtomatlashtirish, 2943 ta “diver” qurilmasi joriy qilingan. Buning natijasida sho‘rlangan yerlar 510 ming gektarga kamaygan, limitga nisbatan 350 mln kVt/soat elektr energiyasi, 8 mlyard metr kub suv iqtisod qilingan [7].



1- **rasm.Amudaryo suvi minerallashuvining o‘rtacha qiymati, g/l**



2- **rasm. Sirdaryo suvi minerallashuvining o‘rtacha qiymati, g/l**

Daryolar suvi minerallashuvi darajasini baholash undan turli maqsadlarda foydalanishda muhim ko‘rsatgich xisoblanadi. Tadqiqot yillarida (2013-2024) Amudaryo suvi minerallashuvining o‘rtacha qiymati Termiz shahri chegarasidan Qiziljar qishlog‘igacha 0,618-0,961 g/l dan 0,985-1,356 g/l gacha ortganligi kuzatilgan.

Tadqiqot natijalaridan ma’lum bo‘ldiki, aksariyat gidropostlardagi daryo suvi minerallashuvning eng past miqdori 2017 yilda, ya’ni Amudaryo havzasini suv bilan ta’minlanish ko‘rsatkichlarini eng yuqori bo‘lgan ko‘p suvli yilda kuzatilgan. Daryodagi o‘rtacha minerallashuv darajasi daryoning o‘rta qismidan, ya’ni Amudaryo daryosining Termiz shahridan quyi qismi Qiziljar qishlog‘i chegarasiga qadar 1,35 barobardan 1,74 barobargacha ortib borgan (1-rasm).

Sirdaryo suvi minerallashuvining o‘rtacha qiymati Qal qishlog‘i chegarasidan Gedjigen daryosining quyiladigan joydan 0,5 km quyi qismigacha 0,515-0,837 g/l dan 1,075-1,406 g/l gacha ortganligi kuzatilgan (2-rasm). Tadqiqot natijalaridan ma’lum bo‘ldiki, gidropost GPK-S (Chinoz sh.) kollektori quyi qismidan tashqari barcha gidropostlardagi daryo suvi minerallashuvning eng past miqdori 2017 yilda, ya’ni Sirdaryo havzasini suv bilan ta’minlanish ko‘rsatkichlarini eng yuqori bo‘lgan ko‘p suvli yilda kuzatilgan.

O‘simliklar hayoti davomida bir rivojlanish bosqichidan boshqasiga o‘tishi uchun ma’lum miqdordagi issiqlik bo‘lishini talab qiladi.

Eng muhimi, samarali haroratlar yig‘indisi to‘g‘risidagi ma’lumotlar parvarishlanayotgan ekinning sug‘orish rejimini rejalashtirish uchun zarurdir. O‘simlik rivojlanishining turli bosqichlarida turli miqdorda suv bo‘lishi talab qilinadi va bu miqdorlarni bilish uchun havo harorati ma’lumotlarini bilish muhim.

Samarali haroratlar yig‘indisini quyidagi tenglik yordamida hisoblash mumkin:

$$SHY = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{H_{maks} - H_{min}}{2}\right) - SH_0$$

Bu yerda: H_{maks} – sutkadagi eng yuqori harorat, gradus selsiy;

H_{min} – sutkadagi eng past harorat, gradus selsiy;

Sh_0 – muayyan ekin uchun metabolik jarayonlar to‘xtaydigan harorat.

G‘o‘za uchun bu ko‘rsatkich 12°C ga teng bo‘lib, undan yuqori haroratlarda g‘o‘za yaxshi rivojlanadi, past haroratlarda esa o‘sishdan to‘xtaydi. Parvarishlanayotgan ekinlar rivojlanish bosqichlarini boshlanishi turli ekinlarda turlicha kechadi.

1-jadval. **Sug‘orish usullarining tuproqdagi ozuqa moddalar miqdoriga ta’siri**

Variantlar	Chuqurlik qatlami, sm	Chirindi, foiz	Xarakatchan formasi, mg/kg		
			N-N_3	P_2O_5	K_2O
Vegetatsiya davri boshida					
Umumiy fonda	0-30	1,282	8,7	12	188,7
	30-60	0,980	7,3	8,6	167,7
Vegetatsiya davri oxirida					
Nazorat varianti	0-30	1,218	8,3	11,1	193
	30-60	0,924	7,6	8,4	154
Tajriba varianti	0-30	1,124	8,6	12,1	193
	30-60	0,987	6,3	9,5	173

Tuproqning oziqa elementlari vegetatsiya davrining oxirida ham taxlil qilinganda 1-nazorat variantida 0-30 sm qatlamida chirindi miqdori 1,218 % ni, haydov osti 30-60 sm qatlamida esa 0,924 % ni tashkil qildi. Azotning nitrat formasi shu qatlamlarda 0-30, 30-60 sm tuproq qatlamlarida 8,3-7,6 mg/kg ni, fosforning harakatchan formasi mos ravishda 11,1-8,4 mg/kg ni va va kaliyning xarakatchan formasi 193-154 mg/kg ni tashkil etdi. 2-tajriba variantida 0-30 sm qatlamida chirindi miqdori 1,124 % ni, haydov osti 30-60 sm qatlamida esa 0,987 % ni tashkil qildi. Azotning nitrat formasi shu qatlamlarda 0-30, 30-60 sm tuproq qatlamlarida 8,6-6,3 mg/kg ni, fosforning harakatchan formasi mos ravishda 12,1-9,5 mg/kg ni va kaliyning xarakatchan formasi esa 193-173 mg/kg ni tashkil etdi. Olib borilgan tadqiqotlar tahlili bo‘yicha vegetatsiya boshidan vegetatsiya oxiriga kelib tuproqdagi oziq moddalar miqdori biroz kamayganligi kuzatildi.

G‘o‘zani sug‘orishda sizot suvlaridan foydalanish imkoniyatlari:

- Sizot suvi sathi 1,0–1,5 m bo‘lganda: ko‘p hollarda katta me’yorlarda sug‘orish talab etilmaydi. G‘o‘zaning ildizlari sizot suvlaridan unumli foydalanadi;
- Sizot suvi sathi 1,5–2,5 m bo‘lganda: rivojlangan ildiz tizimi orqali faqat vegetativ va gullash davrida foydalanish mumkin. Sug‘orish suvi kamaytirilgan rejimda berilishi mumkin;
- Sizot suvi sathi 2,5 m va undan chuqur bo‘lganda: u sug‘orishni deyarli qoplamaydi. Bu holda to‘liq miqdordagi me’yor bilan sug‘orish zarur.

CHDNSga nisbatan 70-75-65% sug‘orish oldi tuproq namligida esa refraktometr ko‘rsatkichlari 14,1-14,8 % gacha o‘zgarib turgan bo‘lsa, pishish davrida esa 19,6-19,8 % ni tashkil etgan. 2023-yildagi kuzatuvlarda siderat ekinlar ekilmagan fonda g‘o‘zani CHDNSga nisbatan 65-65-60% sug‘orish oldi tuproq namligida sug‘orilganda gullash-hosil to‘plash davrida 19,6-20,4 % bo‘lgan bo‘lsa, pishish davrida esa 22,7 % ni, huddi shu sug‘orish tartibida siderat ekinlaridan keyin g‘o‘za yetishtirilganda tegishlicha 18-18,5%, pishish davrida 21,6% ni yoki hujayra shirasi konsentratsiyasi 1,1-1,9% ga kamayganligi aniqlandi.

G‘o‘zani CHDNSga nisbatan 70-75-65% sug‘orish oldi tuproq namligida sug‘orilganda ham yuqoridagi qonuniyat saqlanib qoldi. Umuman olganda oldingi o‘rta tolali g‘o‘za navlarida refraktometr ko‘rsatkichlarini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlardagi qonuniyat ya’ni tuproq namligi kamayishi bilan hujayra shirasi konsentratsiyasi ortib borishi qonuniyati takrorlandi.

Sug‘orishlar orasidagi uzoq kunlar va ko‘proq suv berish samarasi tuproqning nam zaxirasini chuqurlikda saqlash, suvning yuzaga chiqib ketishini kamaytirish va issiqlik sharoitida ekinni himoya qilishga yordam beradi.

Ilmiy asoslangan yondashuv suv resurslarini samarali boshqarish, g‘o‘za hosildorligini optimallashtirish va iqlim o‘zgarishiga moslashuv imkoniyatlarini oshiradi. Umuman olganda tadqiqotda taqdim etilgan sug‘orish variantlari fermerlar uchun amaliy dastur sifatida tavsiya etilishi mumkin.

Ushbu sug‘orish sxemalari va me’yorlari suv tejamkorligiga, melioratsiya sharoitiga va tuproqning nam zaxirasi bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq. Har bir fermer xo‘jaligi o‘z tuproq va iqlim sharoiti hamda qishloq xo‘jalik ekinlarini sizot suvlaridan foydalanish ulushiga mos holda tanlov qilishi maqsadga muvofiqdir.

To‘liq sug‘oriladigan nazorat varianti bo‘lib, har yili va ko‘p yillik o‘rtacha hisobda ham sug‘orishda suv yetishmovchilik va hosil kamayishi kuzatilmaydi. Bu natija suv bilan ta’minlash to‘liq qoniqarli ekanligini ko‘rsatadi va eng yuqori hosilning kafolatini ta’minlaydi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslaridan samarali foydalanish boshqaruvni takomillashtirish, texnologiyalarni joriy etish, infratuzilmani rivojlantirish va aholining xabardorligini oshirishni o‘z ichiga olgan kompleks yondashuvlar nafaqat ekstremal ob-havo hodisalaridan kelib chiqadigan xavf va zararni kamaytiradi, balki iqtisodiy rivojlanish uchun yangi imkoniyatlar yaratadi.

Shu bilan birga iqlim o‘zgarishi sharoitida qishloq xo‘jalik ekinlarini iqlimga moslashgan holda sug‘orish, suv resurslaridan samarali foydalanish va sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash orqali barqaror hosildorlikni ta’minlashga xizmat qiladi. Zamonaviy sug’orish texnologiyalari yordamida ekin dalalarida to’g’ri va sifatli sug’orish natijasida nafaqat yaxshi hosil balki yerning meliorativ holatini yaxshilash asosiy maqsad qilinadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 04.10.2019-yildagi “2019 — 2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-4477-son qarori;

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrdagi “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-436-son qarori;

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 01.04.2023-yildagi PQ-107-son “Suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo‘yicha kechiktirib bo‘lmaydigan chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori;

4. V.A.Duxovnыy. Kapelnoye orosheniye–perspektivы i prepyatstviya. Sbornik nauchnыx trudov po kapelnomu orosheniyu.// Sbornik nauchnыx trudov po kapelnomu orosheniyu. Toshkent, 1995-y. 3-12 b.

5. X.I.Valiyev, Sh.O.Muradov, B.M.Xolbayevlar tomonidan nashr etilgan Suv resurslaridan mukammal foydalanish. Toshkent 2008 y;

6. Danilov-Danilyan Viktor Ivanovich “globalnыe klimaticheskiye izmeneniya i vodnыe problemы Rossii i Mira”.

7. O‘zbekiston Qishloq va suv ho‘jaligi Agrar-iqtisodiy, ilmiy-ommabop jurnali 2025-yil 2 – soni

8. FAO Irrigation and Drainage paper 66/«Crop yiyeld response to water»// Food and agriculture organization of the united nations/ Rome., 2012., Page 500.

ЎЗБЕКИСТОНДА ЁҒИНЛАРНИНГ ЎРТАЧА МИҚДОРИ ВА УЛАРДАН САМАРАЛИ ФОЙДАЛАНИШ УСУЛЛАРИ

Мухаммадиев Жасур Мардон ўғли, Эркабаев Фуркат Ильясович
Атроф-муҳит ва табиатни муҳофаза қилиш технологиялари илмий-тадқиқот институти
Мухаммадиева Дилрабо Акромовна
Тошкент фармацевтика институти доценти

Аннотация. Ушбу мақола Ўзбекистон ҳудудларида ёғинларнинг ўртача миқдорини таҳлил қилади ва ёмғир сувларидан самарали фойдаланиш усулларини кўриб чиқади. Иқлим ўзгариши шароитида сув танқислиги муаммосини ҳал қилишда ёмғир сувларини йиғишнинг аҳамияти таъкидланган. Тадқиқотда Тошкент шаҳрида олинган намуналар таркиби аниқланган ва хорижий мамлакатлардаги тажрибалар мисоллари келтирилган. Натижалар ёмғир сувларининг техник мақсадларда кенг қўлланилиши мумкинлигини кўрсатади.

Калит сўзлар: *ёғинлар миқдори, ёмғир сувларини йиғиш, иқлим ўзгариши, сув танқислиги, хорижий тажрибалар.*

КИРИШ

Ўзбекистон иқлими континентал ва қуруқ бўлиб, йиллик ўртача ёғинлар миқдори ҳудудларга кўра сезиларли фарқ қилади. Умумий республика бўйича ўртача йиллик ёғин 200–400 мм атрофида, аммо тоғли ҳудудларда (масалан, Фарғона водийси тоғлари) 600–800 мм гача етиши мумкин, чўл ва текисликларда эса 100–200 мм дан кам бўлади. Сув танқислиги глобал муаммо сифатида кун тартибида турибди, хусусан, Марказий Осиё минтақасида ер ости сувлари ҳосил бўлишига қараганда 69 % ортиқча ишлатилаётгани таъкидланмоқда. Ёмғир сувларини йиғиш (rainwater harvesting) сув таъминотининг барқарор манбаи сифатида дунёнинг кўп мамлакатларида қўлланилмоқда. Ушбу усул атроф-муҳитга зарарсиз, арзон ва самарали бўлиб, сув танқислигини енгиллаштиришга хизмат қилади.

Ёмғир сувларини йиғиш, атроф-муҳитга зарарсиз, арзон ва барқарор сув таъминоти манбаидир. У дунёнинг кўп мамлакатларида қўлланилиб, сув танқислиги муаммосини ҳал қилиш учун кенг қўлланилади. Бу усул асосан турли қопламалар билан ёпилган томлардан ёмғир сувларини тўплаш, сақлаш ва фойдаланишни ўз ичига олади.

Ёмғир сувларини йиғиш ускуналарини ўрнатишда албатта ускуна танлаш ва қурилиш қоидаларига амал қилиш катта рол ўйнайди. Сув йиғиш идиши албатта қулфланадиган, тозалаш зарур бўлганда кириш мумкин бўлган катта қопқоқ, мустаҳкам корпус, ҳаво кириш учун майда сеткали тирқиш (ҳашоратлар кирмаслиги учун) бўлиши зарур. Сув йиғиш учун ўрнатилган катта идишларда **ҳар 6–12 ойда ичкарини ювиш учун қопқоқни очиб кириш имкони бўлиши керак.**

Шунингдек, қиш кунлари музлаб қолишидан ҳимоя қилиш учун ер остига сув кўтариш насослари билан жиҳозланган холда ўрнатилади ёки ер устида совуқдан ҳимояловчи материаллар билан изоляция қилинади.

Бунда энг муҳим 5 та қоидага амал қилиш керак:

1. Томни тоза тутиш керак, сув сифати 80 % юзанинг тоза тутилишига боғлиқ.

2. Идиш тубидаги ифлос сувларни чиқариб юборадиган кран ўрнатилиши керак.

3. Цистерна қопқоқлари, шамоллатиш туйнугидан ҳашарот, чанг кирмаслиги керак.

4. Ҳар 6 ойда микро сув ўтлари, бактериялар кўпаймаслиги учун и**диш ичини** тозалаб туриш керак.

5. Йиғилган ёмғир сувларини техник мақсадлар учун олиб, тўғридан тўғри ишлатиш мумкин, ичимлик суви сифатида фойдаланиш учун қайнатиш зарур бўлади.

Ёмғир сувларидан фойдаланишнинг асосий афзалликлари қуйидагилар:

- марказлашган шаҳар ёки туман сув таъминотига боғлиқлик камаяди, сув учун коммунал тўловлар пасаяди;

- қурғоқчил ҳудудларда айниқса, Қашқадарё, Сурхондарё, Бухоро, Навоий вилоятлари ва бошқа ҳудудларда сув танқислиги ортиб бораётган шароитда муҳим сув манбаи бўлиб ҳизмат қилади;

- ҳозирги кунда ер ости сувлари ҳосил бўлишига қараганда 69 % ортиқча сув олиннаётган вақтда ер ости сувларидан тежамкор фойдаланишга қисман бўлсада ўз ҳиссасини қўшади ва кенг фойдаланиш йўлга қўйилса, ер ости сув заҳираларини ҳаддан ташқари кўп ишлатишнинг олдини олади;

- йиғиб олинган ёмғир сувлари кимёвий моддалар (хлор, фтор) билан ишлов берилмаган, табиий сув бўлиб, йиғиш, сақлаш тўғри ташкил қилинганда, таннарҳи арзон тоза сув олиш имконини беради;

- техник мақсадларда атрофдаги ўсимлик ва дарахтларни суғориш, кир ювиш (ёмғир сувларининг қаттиқлиги ичимлик сувларига қараганда кичик бўлиб, кир ювишда жуда яхши самара бериб, кирлар нисбатан тез ва осон тозаланади, кўпиртирувчи воситаларнинг тежалишига олиб келади), автомобилларни ювиш, ҳожатхона сувлари учун жуда мақбул ҳисобланади;

- турли том юзаларидан йиғилган ёмғир сувлари таркибида тупроқ ва ўсимликлар учун баъзи микроэлементлар ва фойдали минераллар бўлиб, улар ўсимлик ва дарахтларнинг ривожланишига ижобий таъсир кўрсатади;

- турли мевали ва декоратив дарахтлар, сабзавот ва мева етиштириш кўп сув талаб қилади, ёмғир сувлари эса, сарфланадиган чучук сувларни тежаб қолиши ҳисобига харажатларни қисман камайтиради;

- ёмғир сувлари юмшоқ сув бўлиб, таркибидаги калций ва магний бирикмалари камлиги ҳисобига ўсимликлар яхши ўсади ва тупроқнинг таркиби яхшиланади;

- томлардан тушган ёмғир сувларини йиғиш орқали кўча ва дренаж тизимларига кучли ёғингарчилик пайтида юклама камаяди, йўллардаги тошқинлар камайиб, автомобиллар ва пиёдаларнинг ҳаракатланиши осонлашади:

- шаҳар кўчалари, йўл четидаги ариқларда, нишабликларда тошқин хавфи пасаяди;

- бир марта сув йиғиш тизими ўрнатилса, кўп йиллар давомида томорқа, ҳожатхоналар учун сув таъминотида узилишларни камайтиради ва қисман молиявий фойда беради.

Ёмғир сувларидан фойдаланишнинг асосий камчиликлари қуйидагилардан иборат:

- ёғингарчилик миқдори йил давомида бир хил бўлмаслиги, башоратлашдаги хатоликлар йиғиладиган ёмғир сувларини ишончли манба сифатида фойдаланишни қийинлаштиради.

- томлар, қувурлар ва сақлаш идишларининг ифлосланиши, чанг, барглар, ҳашаротлар ва атмосфера ифлослантирувчилари билан ифлосланиб қолиши, сувни ичимлик мақсадида фойдаланишда етарлича тозалашни талаб қилади.

- ёмғир сув и табиий равишда кислотали (pH паст) бўлиб, том материалларидан (масалан, металл томлардан) заҳарли моддалар (қўрғошин, мис) ювилиб кетиши мумкин.

- катта ҳажмдаги йиғилган ёмғир сувларини сақлаш учун нисбатан қиммат ва кўпроқ жой талаб қиладиган идишлар керак бўлиб, узоқ муддат сақланиши натижасида бактериялар, микросувўтлари ва ҳашарот личинкалари пайдо бўлиши, кўпайиши мумкин.

- ичимлик ёки ошхонада идишларни ювиш мақсадларида фойдаланиш учун фильтрлаш, ультрабинафша нурлантириш ёки хлорлаш каби қўшимча тозалаш тизимлари керак бўлади, бу эса харажатларни оширади;

- томларга ёмғир сувларини йиғиш тизимлари (қувурлар, фильтрлар, насослар) ўрнатиш мутахассислар ва бошланғич инвестиция талаб қилади ва даврий равишда, вақти-вақти билан назорат қилиб туриш керак бўлади;

- иқлим ўзгариши туфайли ёмғирлар интенсивлиги ва режими ўзгариб, башорат қилинган ҳисоб-китобларга тўғри келмай қолиши мумкин.

Ушбу камчиликларга қарамай, ёмғир сувидан оқилона ва тўғри тизим билан фойдаланилса, сув танқислиги муаммосини енгиллаштириш мумкин.

УСУЛЛАР (METHODS)

Тадқиқотда Ўзбекистон ҳудудларидаги ёғинлар миқдорини ўртача ҳисоблаш учун метеорологик манбалардан (Ўзгидромет, Climate-Data.org, World Bank Climate Portal) фойдаланилди. Маълумотлар охирги 30 йил (1994–2024) кузатувларига асосланган. Ёғинлар миқдори ҳудудлар бўйича жадвалда тақдим этилган (1-жадвал).

Тадқиқотнинг амалий қисмида Тошкент шаҳри Учтепа туманидаги 3 та уй томидан ёмғир сувлари намуналари олинди. Намуналар таркиби лаборатория шароитида аниқланди: pH даражаси, катионлар (Ca^{2+}, Na^{+}, NH_4^{+}) ва анионлар (SO_4^{2-}, NO_3^{-}, Cl^{-}, HCO_3^{-}) миқдори ўлчанди. Қаттиқлик мг.экв/л бирлигида ҳисобланди. Намуналарни олиш ва таҳлил қилиш учун стандарт кимёвий усуллар (титрлаш, спектрофотометрия) қўлланилди.

ОЛИНГАН НАТИЖАЛАР

Ўзбекистон ҳудудларидаги ёғинлар миқдорининг ўртача кўрсаткичлари 1-жадвалда келтирилган. Энг кўп ёғингарчилик Фарғона водийси ва Тошкент тоғли ҳудудларида (600–800 мм), энг ками Қорақалпоғистон ва Хоразмда (80–120 мм) кузатилган. Иқлим ўзгариши туфайли ёғинлар миқдори 10–20 % га камайган.

Тадқиқотда олинган ёмғир сувлари намуналари таркиби 2-жадвалда тақдим этилган. pH даражаси 6,5–7,5 оралиғида, қаттиқлик 109–116 мг.экв/л. Бу кўрсаткичлар маданий-маиший сувлар учун талабларга (3-жадвал) жавоб беради, масалан, Ca^{2+} миқдори 34–42 мг/л, NO_3^{-} 6–11 мг/л. Намуналар таркибида заҳарли моддалар йўқлиги аниқланди, лекин техник мақсадларда фойдаланиш учун тозалаш тавсия этилади.

1-жадвал.

Ўзбекистон ҳудудларидаги ўртача йиллик ёғинлар миқдори (мм)

т/р №	**Ҳудуд / Вилоят / Шаҳар**	**Ўртача йиллик ёғинлар (мм)**	**Изоҳ**
1	Тошкент шаҳри ва вилояти	400–630	Тоғли қисмларда юқорироқ (баланд тоғларда 700+ мм). Августда 2 мм, мартда 70 мм атрофида
2	Фарғона вилояти (Андижон, Фарғона, Наманган атрофи)	300–500	Водийда 350 мм атрофида (Андижон ~384 мм, Наманган ~348 мм, Фарғона ~225 мм); тоғларда 600–800 мм
3	Самарқанд вилояти	300–400	Самарқанд шаҳри ~350 мм, қиш ва баҳорда кўпроқ
4	Бухоро вилояти	150–200	Бухоро шаҳри ~157 мм, жануби қуруқ
5	Навоий вилояти	150–250	Навоий шаҳри ~300 мм, чўл ҳудудларида камроқ
6	Қашқадарё вилояти	200–300	Қарши шаҳри ~250 мм, текислик ва тоғ олди

7	Сурхондарё вилояти	150–250	Термиз атрофи ~200 мм, жанубий чўлларда кам
8	Жиззах вилояти	300–400	Тоғли ҳудудларда юқори, текисликда 250 мм атрофида
9	Сирдарё вилояти	250–350	Шимоли-шарқий қисмларда кўпроқ.
10	Хоразм вилояти	100–150	Урганч атрофи ~100 мм, қуруқ
11	Қорақалпоғистон Республикаси	80–120	Нукус ~100 мм, Арал денгизи атрофида энг кам (Устюртда 50 мм дан кам)

2-жадвал

Тошкент шаҳри Учтепа тумани ҳудудидан олинган ёмғир сувлари намуналари таркиби

Наму-налар	Кўрсаткичлар								
	pH	Ca^{2+}, мг/л	Na^{+}, мг/л	NH_4^{+}, мг/л	SO_4^{2-}, мг/л	NO_3^{-}, мг/л	Cl^{-}, мг/л	HCO_3^{-}, мг/л	Қаттиқ-лиги, мг.экв/л
№1	6,5–7,5	34	9	2	22	6	8	28	109
№2	6,5–7,5	42	16	3	24	8	14	31	116
№3	6,6 –7,4	39	13	2	15	11	17	17	112

3-жадвал

Маданий-маиший сувлар учун ёмғир сувлари таркибида аниқланган ионлар бўйича талаблар

Наму-налар	Кўрсаткичлар								
	pH	Ca^{2+}, мг/л	Na^{+}, мг/л	NH_4^{+}, мг/л	SO_4^{2-}, мг/л	NO_3^{-}, мг/л	Cl^{-}, мг/л	HCO_3^{-}, мг/л	Қаттиқ-лиги, мг.экв/л
№1	6,5–8,5	170	200	2	500	13	300	75	220

МУҲОКАМА

Олинган натижалардан кўриниб турибдики, Ўзбекистондаги ёғинлар миқдори чўл ҳудудларда кам бўлгани сабабли, ёмғир сувларини йиғиш айниқса, Қашқадарё, Сурхондарё, Бухоро ва Навоий вилоятларида муҳим аҳамиятга эга. Йиғилган сувларнинг қаттиқлиги пастлиги (ичимлик сувларидан 3 марта кам) кир ювиш ва ўсимликлар суғориши учун қулай. Бироқ, ифлосланиш хавфини ҳисобга олиб, идишларни ҳар 6–12 ойда тозалаш, фильтрлар ўрнатиш зарур.

Ёмғир сувларидан фойдаланишнинг афзалликлари: коммунал тўловларни камайтириш, ер ости сувларини тежаш, тошқинларнинг олдини олиш. Камчиликлари: ёғингарчиликнинг ноустуворлиги, тозалаш харажатлари, иқлим ўзгариши таъсири. Бу муаммоларни ҳал қилиш учун хорижий тажрибалардан ўрганиш муҳим.

ХОРИЖИЙ МАМЛАКАТЛАР ТАЖРИБАСИ

Дунёнинг турли мамлакатларида ёмғир сувларини йиғиш сув танқислигига қарши самарали усул сифатида қўлланилмоқда. Қуйидаги кейс-стадилар Ўзбекистон учун фойдали мисоллардир.

1. Австралия (Мелбурн шаҳри ва Квинсленд вилояти). Австралияда ёмғир сувларини йиғиш кенг тарқалган, хусусан, Мелбурнда шаҳар жамоалари том юзаларидан сув йиғиш

тизимларини ўрнатган. Ҳукумат грантлари ва маҳаллий таълим дастурлари орқали амалга оширилган лойиҳа ичимлик суви сарфини 30% га камайтирган, тошқин хавфини пасайтирган ва сув сифатини яхшилаган. Квинслендда янги уйларда ёмғир баклари мажбурий ўрнатилади, бу қурғоқчилик даврида сув таъминотини таъминлаган. Тажриба натижасида маҳаллий аҳолининг сув ҳисоби 20–40% га тежалган [1].

2. Ҳиндистон (Ражасхан ва Жайпур). Ражасханда анъанавий "жохад" (ер дамбалар) усули қайта тикланган, бу ер ости сувларини тўлдириб, қишлоқ хўжалигини ривожлантирган. Жайпурда қадимий сув иншоотларини таъмирлаш орқали сув танқислиги 25% га камайган. Қишлоқ жамоалари томлардан сув йиғиб, ўсимликлар суғориши ва ҳайвонлар учун ишлатган, бу ҳосилдорликни 15–20% га оширган. Ҳиндистон ҳукумати миллий дастури орқали миллионлаб уйларда тизим ўрнатган [2].

3. Мексика (Мехико шаҳри). Мехико шаҳрида "SCALL" (ёмғир сувларини йиғиш тизимлари) лойиҳаси 2020–2026 йиллар иқлим ҳаракати дастури доирасида амалга оширилмоқда. Шаҳар жамоалари уй томларидан сув йиғиб, тошқинларнинг олдини олади ва сув хавфсизлигини таъминлайди. Лойиҳа гендер тенглиги ва иқлим ўзгаришига мослашишга қаратилган бўлиб, ҳозиргача минглаб уйларда ўрнатилган, бу сув танқислигини 10–15% га камайтирган ва тошқин хавфини пасайтирган [3].

4. Кения ва Бразилия (қишлоқ ҳудудлари). Кенияда жамоа ташаббуси орқали оддий тизимлар ўрнатилган, бу аёллар ва болалар учун сув йиғиш вақтини қисқартрган. Бразилиянинг шимоли-шарқий ҳудудларида цистерналар орқали ёмғир сувлари йиғилиб, қишлоқ хўжалиги ва ҳайвонлар учун ишлатилади, бу ҳосилдорликни 30% га оширган ва озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлаган [4].

5. Жанубий Африка (Кейптаун) ва Янги Зеландия (Вайхеке ороли). Кейптаунда 2018 йил қурғоқчилигидан кейин серый сувни қайта ишлаш ва ёмғир йиғиш комбинацияси қўлланилган, бу шаҳар сув таъминотини 20% га камайтирган. (Серый сув (greywater) – бу уй хўжалигида ишлатилган сувининг бир тури, масалан, ювинишдан чиққан суви, уни қайта ишлаб, техник мақсадларда (суғориш, ҳожатхона сувлари) фойдаланиш мумкин; у тоза ёмғир сувларидан фарқ қилиб, ифлосланиш даражаси ўртача, лекин тозалаш билан барқарор фойдаланишга мос.) Вайхеке оролида кўпчилик уйлар ёмғир сувларига асосланган, маҳаллий траст таълим ва ўрнатишга ёрдам беради [5].

Ушбу тажрибалардан кўриниб турибдики, ёмғир сувларини йиғиш ҳукумат дастурлари, жамоа иштироки ва технологиялар орқали самарали амалга оширилади. Ўзбекистонда ҳам шундай лойиҳаларни қишлоқ ва шаҳар ҳудудларида жорий этиш мумкин, масалан, тоғли вилоятларда тоғ олиб сувларини йиғиш ва чўл ҳудудларда цистерналар ўрнатиш орқали.

Хулоса. Ёмғир сувларидан фойдаланиш бўйича ҳорижий адабиётлар таҳлили ва тадқиқотлар натижаларида олинган маълумотлардан кўриниб турибдики, иқлим ўзгариши шароитида ёмғир сувларидан самарали фойдаланиш, арид ҳудудларда ўз самарасини беради. Таклифни амалга оширишда юзага келадиган муаммо, тўпланган ёмғир сувларини узоқ муддат ёзнинг иссиқ кунларида сақлаш бўлиб, йиғилган сувларни саалаш муаммосини реагент усулида ёки физик-кимёвий усулларда қайта ишлаш орқали хал қилиш мумкин.

АДАБИЁТЛАР

1. World Bank. Rainwater Harvesting: An Overview of Sustainable Water Supply Solutions with Case Studies from Around the World. Washington, DC: World Bank, 2020. 45 c.

2. Sustainable Living Educational Trust. Top 5 Successful Rainwater Harvesting Case Studies. Auckland: Sustainable Living, 2023. 12 c. (Электрон ресурс: https://sustainableliving.org.nz/top-5-successful-rainwater-harvesting-case-studies/).

3. NEER Foundation. Rainwater Harvesting Success Stories from Around the Globe. New Delhi: NEER, 2024. 8 c. (Электрон ресурс: https://neer.co.in/rainwater-harvesting-success-stories-from-around-the-globe/).
4. C40 Cities. Rainwater Harvesting in Mexico City as a Measure to Reduce the Impacts of Floods, Increase Water Security and Guarantee Rights to Water and Health. London: C40 Cities, 2022. 10 c. (Электрон ресурс: https://www.c40.org/case-studies/rainwater-harvesting-in-mexico-city-as-a-measure-to-reduce-the-impacts-of-floods-increase-water-security-and-guarantee-rights-to-water-and-health/).
5. Smart Water Magazine. Rainwater as a Solution to Water Scarcity: Case Studies from Around the World. Madrid: Smart Water, 2023. 15 c. (Электрон ресурс: https://smartwateronline.com/news/rainwater-as-a-solution-to-water-scarcity-case-studies-from-around-the-world/).
6. Campisano A., Butler D., Ward S., Burns M.J., Friedler E., DeBusk K., Fisher-Jeffes L.N., Ghisi E., Rahman A., Furumai H., Han M. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives // Water Research. 2017. Vol. 115. P. 195–209.
7. Aladenola O.O., Adeboye O.B. Assessing the potential for rainwater harvesting // Water Resources Management. 2010. Vol. 24. No. 10. P. 2129–2137.
8. Amos C.C., Rahman A., Gathenya J.M. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting for sustainable agriculture in the semi-arid farming districts of Kenya // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2016. Vol. 9. No. 1. P. 70–80.
9. De Winnaar G., Jewitt G.P.W., Horan M. A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 2007. Vol. 32. No. 15-18. P. 1058–1067.
10. Rostad N., Foti R., Montalto F.A. Harvesting rainwater for non-potable use in the home // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol. 95. P. 350–361.
11. United Nations Environment Programme (UNEP). Rainwater Harvesting: A Lifeline for Human Well-Being. Nairobi: UNEP, 2009. 78 c.
12. Kahinda J.M., Taigbenu A.E. Rainwater harvesting in South Africa: Challenges and opportunities // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 2011. Vol. 36. No. 14-15. P. 968–976.

ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНИНГ АТРОФ-МУҲИТГА ВА СУВ РЕСУРСЛАРИГА ТАЪСИРИНИ БАҲОЛАШ

Раббимкулова Шахло Бердиёровна, Эркабаев Фуркат Илясович
Атроф-муҳит ва табиатни муҳофаза қилиш технологиялари илмий-тадқиқот институти
Абдурахманов Давронбек Давлатович
Олмалиқ тоғ-металлаургия комбинати Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш бўлими

Аннотация. Мазкур мақолада поливинилацетатли (ПВА) ёпиштирувчи моддалар ишлаб чиқаришда атроф-муҳитга, хусусан, сув ресурсларига кўрсатадиган экологик таъсири ўрганилган. Тадқиқотлар давомида ПВА қолдиқлари мавжуд бўлган оқова сув намуналарининг физик-кимёвий кўрсаткичлари таҳлил қилинди. Натижалар ПВА қолдиқлари сувда секин парчаланганини ва кислород балансига кучли салбий таъсир кўрсатиши аниқланди. БПК ва ХПК кўрсаткичлари ўртасидаги нисбат ПВА нинг тўлиқ биологик парчаланмаслигини, қийин утилизация қилинишини тасдиқлади.

Калит сўзлар: *поливинилацетат, оқова сув, ККС, КБС, экологик хавфсизлик, парчаланиш.*

КИРИШ

Поливинилацетат (ПВА) — винилацетат мономерининг полимеризацияси орқали олинадиган синтетик полимер бўлиб, у кенг кўламли саноат тармоқларида, хусусан, ёпиштирувчи моддалар, бўёқлар, қопламалар, тўқимачилик, қоғоз ва ёғоч маҳсулотларини ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади. ПВА ўзининг арзонлиги, ишлаб чиқаришдаги қулай технологик жараёнлари, яхши ёпишиш қобилияти ва механик барқарорлиги туфайли муҳим технологик материаллардан бири ҳисобланади [1,3].

ПВА асосидаги эмульсиялар айниқса ёғочсозлик, мебелсозлик, қадоқлаш ва қурилиш саноатларида асосий ёпиштирувчи компонент сифатида қўлланади. У сувда яхши эмульсияланади, токсиклиги нисбатан паст бўлганлиги сабабли инсон саломатлигига хавфсиз деб ҳисобланади. Шу билан бирга, ПВА полимерлари атроф-муҳитда узоқ муддат сақланиб қолиш хусусиятига эга бўлиб, уларнинг биологик парчаланиш тезлиги пастлиги сабабли экологик тизимларга салбий таъсир кўрсатиши мумкин [2].

Сўнгги йилларда ПВА ишлаб чиқариш, ишлатиш ва утилизация қилиш жараёнларининг экологик оқибатлари тобора кўпроқ эътибор қаратилаётган масалага айланди. Мазкур полимернинг биологик парчаланиш жараёни секин кечиши натижасида у тупроқ ва сув тизимларида инерт модда сифатида тўпланади. ПВА қолдиқлари сув муҳитига тушганда, сувнинг кислород балансини бузади, микроорганизмларнинг метаболик фаоллигини пасайтиради ва натижада биологик тозалаш жараёнларини секинлаштиради. Бу эса сув экотизимларининг ўзини тиклаш қобилиятини камайтиради ҳамда сув ресурсларининг сифатини ёмонлаштиради.

Шунингдек, ПВА асосидаги маҳсулотларнинг парчаланишида ҳосил бўладиган оралиқ органик бирикмалар (масалан, сирка кислотаси ва альдегидлар) сув муҳитининг пҲ мувозанатига таъсир кўрсатиб, кимёвий кислород сарфи (ККС) ва кислороднинг биологик сарфи (КБС) кўрсаткичларини оширади. ККС/КБС нисбатининг юқори бўлиши поливинил ацетатнинг тўлиқ парчаланмаслигини ва унинг сув муҳитида узоқ сақланиб қолишини кўрсатади. Шу сабабли ПВА чиқиндиларининг сув ресурсларига таъсирини баҳолаш, уларнинг экологик хавфсизлик даражасини аниқлаш ва чиқиндиларни камайтириш бўйича самарали технологияларни ишлаб чиқиш ҳозирги кунда долзарб илмий йўналишлардан биридир [4,5].

МАТЕРИАЛЛАР ВА МЕТОДЛАР

Тадқиқотлар Греен университети ҳузуридаги «Атроф-муҳит ва табиатни муҳофаза қилиш технологиялари» лабораториясида ўтказилди. Намуналар «ALNAZAR ORZU SERVISM» МЧЖ поливинил ацетат асосидаги ёпиштирувчи моддалари тайёрлаш корхонаси оқава сувларидан учта белгиланган нуқталардан олинди (1-жадвал).

1-жадвал

ПВА қолдиқлари тутган саноат оқава сувлари олинган нуқталар

№	Намуналар жойи	Манба тури	Намуна ҳажми, л	Ҳарорат (°C)	Белгиланиши
1	Корхонага кирувчи сувлар	Ичимлик суви	5	25	C1
2	Корхонадан чиқиш сувлари	Технологик жараёдан	5	21	C2

		чиққан сувлар			
3	Тозаланган оқава сувлар	Тозалаш иншоотидан кейинги сувлар	5	21	С3

Намуналар 24 соат ичида лабораторияга етказилиб, музлатилган ҳолатда сақланган. Ифлосланган сувлар намуналарини тозалашда қуйидаги усуллар қўлланилди (2-жадв.).

2-жадвал

ПВА тутган оқава сувларни тахлил қилиш усуллари

Кўрсаткичлар	**Таҳлил усули**	**Асбоб номи**	**Ўлчов бирлиги**
Кимёвий кислород сарфи (СОД)	ИСО 6060	Ҳач ЛТ 200	мг/л
Биологик кислород сарфи ($БОД_5$)	ИСО 5815	АКПМ-1-02Л	мг/л
pH	Потенциометрик усул	Hanna HI98107	—
Лойқалиги	Непҳелометрик	Ловибонд ТБ250	НТУ
Органик углерод (РОС)	Спектрофотометрик	Шимадзу УВ-1800	мг/Л

Олинган натижалар. Оқова сувдаги поливинил ацетат қолдиқлари нисбатан барқарор бўлиб, уларнинг корхона шароитида тозаланиш жараёнида парчаланиш даражалари аниқланиб тозаланиш жараёнигача бўлган оқава сувлар билан солиштирилди (3-жадв.).

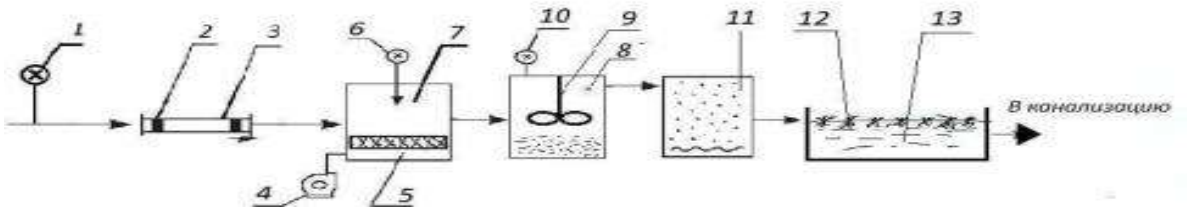
3-жадвал

Корхонадан чиққан ва тозаланган оқава сувлардаги ифлослантирувчилар миқдори

Намуналар	ККС (мг/Л)	$КБС_5$ (мг/Л)	Қолдиқ ПВА (%)
С1	88	12	0
С2	420	190	85
С3	290	126	62

Корхона ишлаб чиқариш жараёнида ичимлик суви ишлатилади, кунлик сарф нисбатан кичик бўлиб, 12-14 $м^3$ ни ташкил этади, лекин тозалаш жараёни 1 босқичли коагуляция ва тиндириш усулидан иборат бўлиб, тозаланган оқава сувлар ўрнатилган талабларга жавоб бермайди. Кислороднинг кимёвий сарфи кўрсаткичининг камайиши (38%) поливинил ацетат қолдиқларининг қисман парчаланишини кўрсатади, лекин поливинил ацетат билан ифлосланган оқава сувларни тозалаш жараёнидан сўнг олинган намуналар ўрнатилган талабларга жавоб бермаслигини кўрсатди.

Поливинил спирт билан ифлосланган оқова сувлар нисбатан барқарор бўлиб, 1 ёки 2 босқичли тозалаш усулларида талаб даражасигача тозалаш имконияти паст бўлиб, ифлослантирувчилар барқарор бирикмалар ҳосил қилгани учун тозалаш кўп босқичли физик-кимёвий жараёнлар асосида олиб борилиши зарур (1-расм).



1-расм. **Поливинил ацетат билан ифлосланган оқова сувларини тозалаш учун таклиф қилинган технологик схема.**

1. Оқава сувлар миқдорини ўлчаш қурилмаси; 2. Дағал сим тўр (30 мм); 3. Майда сим тўр (6 мм); 4. Марказдан қочма насос; 5. Барботер; 6. Флокулянт дозатори; 7. Флокулятор; 8. Коагулятор; 9. Парракли аралаштиргич; 10. Коагулянт дозатори; 11. Тиндиргич; 12. Сувўтлари; 13. Биоҳовуз.

Дастлаб, оқава сувлар тирқишлар ўлчами 30 мм бўлган дағал сеткадан ўтказилиб, айрим йирик ифлослантирувчилардан тозаланади, сўнгра тирқишлар ўлчами 6 мм бўлган майда сеткадан ўтказилиб, йирик ва майда қаттиқ заррачалар ажратиб олинади. Кейинги босқичда оқава сувлар насослар ёрдамида Флотаторга узатилади ва барботер орқали ҳаво берилиб, оргагник моддалар оксидланади, флотореагент ва органик моддадан иборат йиғувчи компонентлпр қўшиш орқали ифлослантирувчилар кўпикка ёпишиб сув юзига қалқиб чиқади. Бу ифлослантирувчиларни тутган кўпик ажратиб олингач, оқава сув Коагуляторга узатилади, бу ерда алюминий сульфат иштирокида асосий ифлослантирувчилар чўктирилади, аралаштиргич орқали аралаштирган холда кейинги босқич, тиндиргичга ўтказилади. Тиндиргичда оксидланган бирикмалар чўкади ва устки қисми декантация усулида биоҳовузга йўналтирилади. Биоҳовузда эйхорна, пистия каби юксак сувўтлари ёрдамида охирги босқичда тозаланади ва канализация тизимига чиқариб юборилади.

Келтирилган оқава сувлар намуналари лаборатория шароитида юқорида келтирилган технология бўйича тозаланди (С4) ва тозаланиш даражалари аниқланиб, канализация тизимига ташлаш учун ўрнатилган талаблар билан солиштирилди (4-жадв.).

4-жадвал

Корхонадан чиққан ва лаборатория шароитида тозаланган оқава сувлардаги ифлослантирувчилар миқдори

Намуналар	ККС (мг/Л)	$КБС_5$ (мг/Л)	Қолдиқ ПВА (мг/л)
С3	2600	2135	7,4
С4	**290**	**126**	**0,6**
Меъёр	500	300	0,8

Таҳлил натижаларидан кўриниб турибдики, поливинил ацетат билан ифлосланган оқава сувларни таклиф қилинаётган технология бўйича тозаланганда кислороднинг кимёвий сарфи ва кислороднинг биокимёвий сарфлари рухсат этилган меъёрлардан кам чиқди, қолдиқ ифлослантирувчилар эса 0,6 мг/л ни ташкил этиб, ккканализация тизими учун ўрнатилган меъёрларга жавоб беради (С4).

НАТИЖАЛАР ВА МУҲОКАМА

Олинган натижалар шуни кўрсатдики, поливинилацетат туридаги ифлослантирувчи моддаларининг мавжудлиги оқава сувларда органик моддалар юкламасини сезиларли даражада ошириб, ҳосил бўлган бирикмалар нисбатан барқарор бўлади. Биологик парчаланиш жараёнининг суст кечишига поливинилацетатнинг молекуляр тузилиши сабаб

бўлади. Унинг асосий занжиридаги –Ч$_2$–Ч(ОСОЧ$_3$)– гуруҳлари гидролиз жараёнига нисбатан барқарор бўлиб, микроорганизмлар томонидан тез парчалана олмайди. Шу сабабли ПВА сув тизимларида узоқ вақт инерт ҳолатда сақланади ва аста-секин физик-кимёвий омиллар таъсирида парчаланади [8].

Тажриба давомида кузатилган яна бир муҳим ҳолат — поливинилацетат с заррачалари сув юзасида юпқа плёнка ҳосил қилишидир. Ушбу плёнка сув ва атмосфера ўртасидаги кислород алмашинуви жараёнини чеклайди, натижада сувдаги эриган кислород миқдори камаяди. Бу эса аэроб микроорганизмлар фаолиятини пасайтириб, биологик тозалаш жараёнларининг самарадорлигини кескин камайтиради.

Олинган натижаларга кўра, поливинилацетат мавжуд бўлган сув намуналарида микроорганизмлар сони 20–30% га камайган, шунингдек, уларнинг метаболик фаоллиги пасайгани аниқланди. Бу ҳолат сув экотизимларида кислород танқислигини келтириб чиқаради ва биогеокимёвий айланиш жараёнларини издан чиқаради. Шу сабабли поливинилацетат чиқиндилари экологик тизимлар учун хавфли органик ифлослантирувчи модда сифатида баҳоланади [9].

Экологик хавфни камайтириш мақсадида, поливинилацетат ишлаб чиқарадиган ва ишлатадиган саноат корхоналарида оқова сувларни чуқур тозалаш муҳим аҳамият касб этади. Тавсия этиладиган технологиялар қуйидагилардан иборат:

- коагуляция ва флокуляция жараёнлари ёрдамида поливинилацетат заррачаларини агломерациялаб чўктириш;
- адсорбция усули орқали сувдаги қолдиқ полимер миқдорини камайтириш;
- биотизимлар (биофильтрлар, био-реакторлар) ёрдамида парчаланиш жараёнини тезлаштириш;
- янги био-асосли ёки биодеградацияланадиган поливинилацетат муқобилларини ишлаб чиқиш ва улардан фойдаланиш.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, поливинилацетат чиқиндиларининг назоратсиз тушиши сув ресурсларининг сифатини пасайтиради ва табиий экотизимларда кислород танқислиги муаммосини кучайтиради.

Хулоса. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, поливинилацетат туридаги ифлослантирувчи моддаларининг мавжудлиги органик моддалар юкламасини сезиларли даражада оширади. Тадқиқотлар ва мазкур оқава сувларни тозалаш бўйича олинган натижалар ҳамда таҳлиллар поливинил ацетатнинг қисман биологик парчаланиш хусусиятига эга эканлигини кўрсатди. Шунинг учун бу турдаги оқава сувларни тозалашда аввал ифлослантирувчи поливинил ацетатнинг асосий қисмини турли усулларда ажратиб олиш ва сўнгги босқичда биолдогик усулда тозалашни қўллаш мақсадга мувофиқ эканлигини кўрсатди.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Смитҳ, Ж. А., & Турнер, Л. Р. (2020). *Сйнтҳесис анд индустриал апплисатионс оф полйвинйл асэтате адҳесивес*. Жоурнал оф Полймер Ссиенсэ анд Течнологй, 58(3),245–256. https://doi.org/10.1016/j.jps.2020.03.012

2. Кумар, П., Сингҳ, Р., & Дас, С. (2019). *Энвиронментал персистенсэ анд биодеградатион оф сйнтҳетис полймерс: А сасе студй он полйвинйл асэтате*. Энвиронментал Поллутион Ресеарч, 34(7), 1125–1138.

3. Ҳернандез, С., & Леэ, Д. Ҳ. (2021). *Течнологисал адвансэс ин ПВАс-басед эмульсионс фор эсо-фриендлй соатингс анд адҳесивес*. Индустриал Чемистрй Ревиew, 12(4), 89–104.

4. Зҳао, Й., Петрова, Н., & Иванов, Д. (2022). *Импаст оф полйвинйл асэтате ресидуэс он ақуатис охйген балансэ анд мисробиал астивитй*. Жоурнал оф Энвиронментал Энгинеэринг анд Манагемент, 15(2), 177–188.

5. Раҳмонов, Б., & Абдуллаева, З. (2023). *Ассессмент оф адҳесиве полймер wасте импаст он wатер эсосйстемс ин индустриал зонес*. Узбек Жоурнал оф Энвиронментал Ссиенсэс, 7(1), 33–42.

6. Али, М., & Жоҳанссон, Э. (2021). *Деградатион кинетисс оф полйвинйл асэтате ин ақуатис энвиронментс*. Энвиронментал Чемистрй Леттерс, 19(5), 4123–4135.

7. Петрова, Н., & Лиу, К. (2020). *Биодеградатион ассессмент оф сйнтҳетис адҳесивес ундер аэробис анд анаэробис сондитионс*. Жоурнал оф Энвиронментал Полймер Деградатион, 28(4), 233–245.

8. Рашидов, Т., & Маматов, А. (2023). *Пҳйсисо-чемисал стабилитй оф ПВАс фильмс ин wастеwатер треатмент сйстемс*. Сэнтрал Ациан Жоурнал оф Чемистрй, 5(2), 77–84.

9. Греэнфиелд, Д., & Ортега, Р. (2022). *Wастеwатер треатмент течнологиес фор полймерис сонтаминантс*. Wатер Энвиронмент Ресеарч, 94(6), 1547–1560.

ASSESSMENT OF THE CLIMATE RESILIENCE OF RESERVOIRS IN UZBEKISTAN UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Bekmamadova Gulnoza Akmalovna,
Associate Professor, Tashkent University of Architecture and Civil Engineering

Annotation: *Climate change in Central Asia is accompanied by rising temperatures, altered precipitation regimes, and increasing frequency of extreme hydrometeorological events. These processes significantly affect river runoff formation and the operation of reservoirs, which are key components of Uzbekistan's water management infrastructure.*

This study provides a quantitative assessment of the climate resilience of the major reservoirs of Uzbekistan – Charvak, Andijan, and Tupolang – using modern methods of hydrological modeling and climate analysis. Based on CMIP6 climate scenarios (RCP4.5, SSP2-4.5), modeling of the water balance, vulnerability assessment, and adaptive management scenarios were carried out.

The results show that an expected temperature increase of 1.5–2.5 °C and a 10–20% decrease in precipitation by the mid-21st century may lead to a reduction in inflow to reservoirs by 12–22%, an extension of low-flow periods, and higher probability of droughts. Approaches to optimize reservoir operation regimes are proposed to enhance climate resilience and the efficiency of water use.

Keywords: *climate resilience, reservoirs, aridity, hydrological modeling, climate modeling, scenario planning, vulnerability assessment.*

Аннотация: *Изменение климата в Центральной Азии сопровождается ростом температурного фона, изменением режима осадков и увеличением частоты экстремальных гидрометеорологических явлений. Эти процессы оказывают существенное влияние на формирование речного стока и режим эксплуатации водохранилищ, которые являются ключевыми элементами водохозяйственной инфраструктуры Узбекистана.*

В настоящем исследовании предпринята попытка количественной оценки климатической устойчивости крупнейших водохранилищ Узбекистана — Чарвакского, Андижанского и Тупалангского — с использованием современных методов гидрологического моделирования и климатического анализа. На основе климатических сценариев CMIP6 (RCP4.5, SSP2-4.5) выполнено моделирование водного баланса, оценка уязвимости и разработка сценариев адаптивного управления.

Результаты показали, что ожидаемое повышение температуры на 1,5–2,5 °C и снижение осадков на 10–20% к середине XXI века приведут к сокращению притока в

водохранилища на 12–22%, увеличению продолжительности маловодных периодов и повышению вероятности засушливых явлений. Предложены подходы к оптимизации режимов эксплуатации, направленные на повышение климатической устойчивости и эффективности использования водных ресурсов.

Ключевые слова: *климатическая устойчивость, водохранилища, засушливость, гидрологическое моделирование, климатическое моделирование, сценарное планирование, оценка уязвимости.*

Аннотация. *Марказий Осиёдаги иқлим ўзгариши ҳароратнинг ошиши, ёмғир ва қор ёғинлари режимининг ўзгариши, ҳамда экстремал гидрометеорологик ҳодисалар сонининг кўпайиши билан кечмоқда. Бу жараёнлар дарё оқимининг шаклланишига ва сув омборларининг ишлатилиш тартибига жиддий таъсир кўрсатмоқда. Ушбу сув омборлари Ўзбекистоннинг сув хўжалиги инфратузилмасининг асосий таркибий қисмлари ҳисобланади.*

Мазкур тадқиқотда Ўзбекистоннинг энг йирик сув омборлари — Чорвоқ, Андижон ва Туполон сув омборларининг иқлим барқарорлигини миқдорий баҳолашга уриниш қилинди. Бу мақсадда замонавий гидрологик моделлаштириш ва иқлимий таҳлил усуллари қўлланилди. CMIP6 иқлим сценарийлари (RCP4.5, SSP2-4.5) асосида сув баланси моделлаштирилди, уяғувчанлик даражаси баҳоланди ва адаптив бошқарув сценарийлари ишлаб чиқилди.

Тадқиқот натижаларига кўра, XXI асрнинг ўрталарига келиб ҳароратнинг 1,5–2,5 °C га ошиши ва ёғин миқдорининг 10–20% га камайиши сув омборларига келувчи сув оқимининг 12–22% га қисқаришига, сув кам йиллар сонининг кўпайишига ҳамда қурғоқчилик хавфининг ортишига олиб келиши аниқланди.

Шу муносабат билан, тадқиқотда иқлим барқарорлигини ва сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини оширишга қаратилган эксплуатация режимларини оптималлаштириш бўйича ёндашувлар таклиф этилган.

Калит сўзлар: *иқлим барқарорлиги, сув омборлари, қурғоқчилик, гидрологик моделлаштириш, иқлимий моделлаштириш, сценарийли режалаштириш, уяғувчанликни баҳолаш.*

INTRODUCTION

Ongoing climate change exerts an increasingly pronounced influence on hydrological processes across Central Asia, including Uzbekistan. According to the latest assessments of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021), [1] the region is among the most vulnerable to rising air temperatures and changes in precipitation patterns. For Uzbekistan, where up to 85% of river runoff is formed outside its territory and anthropogenic water use is high, ensuring the resilience of the water management system is a strategic priority.

Reservoirs, as the main instruments for runoff regulation, play a critical role in providing water supply, irrigation, hydropower generation, and flood control. However, under increasing aridity and declining water availability, they become vulnerable infrastructure components.

The fundamental challenge is that most current reservoir operation schemes are based on historical hydrological series, which no longer reflect present or future climatic realities. Therefore, it is crucial to develop scientifically grounded assessments of reservoir climate resilience, integrate climate scenarios into water management planning, and elaborate adaptive operational strategies.

PURPOSE AND OBJECTIVES

Purpose of research is no assess the climate resilience of Uzbekistan’s major reservoirs by analyzing trends in runoff and climatic factors and by developing adaptive management scenarios under increasing aridity. [3]

Objectives of research are:

– analyze long-term trends in temperature, precipitation, and inflow using observational and model data;

– evaluate the vulnerability of reservoirs to changes in hydrological regimes and extreme climatic events.

– conduct scenario-based modeling of the future water balance and propose recommendations for adaptive reservoir operation.

MATERIALS AND METHODS

The study combines hydrological modeling, climate analysis and scenario forecasting. For climate analysis, outputs from the CMIP6 [2] ensemble of global climate models (scenarios RCP4.5 and SSP2-4.5) downscaled for Central Asia were used. Observational meteorological data (temperature and precipitation) for 1980–2020 were obtained from the national hydrometeorological network of Uzbekistan.

Reservoir data (storage capacity, surface area, inflow and outflow characteristics) were compiled from open sources of the Ministry of Water Resources and regional hydromet agencies.

Models and Approaches

Hydrological modeling: The WEAP (Water Evaluation and Planning System) and SWAT (Soil and Water Assessment Tool) models were employed to estimate water balance and runoff dynamics, accounting for both climatic and anthropogenic impacts (irrigation withdrawals, evaporation losses). [5]

Climate modeling: Two CMIP6 scenarios were selected:

RCP4.5 — moderate warming (+1.5–2 °C);

SSP2-4.5 — medium development pathway with a moderate decline in precipitation.

Vulnerability assessment: Reservoir vulnerability was evaluated using the function:

$$V = f(Q_{in}, Q_{out}, E, S)$$

where Q_{in} = inflow, Q_{out} = release, E = evaporation losses, S = active storage volume.

Scenario planning: Three scenarios were developed:

S1 (Baseline) – current climatic conditions;

S2 (Moderate warming) – +1.5 °C, −10% precipitation;

S3 (Extreme scenario) – +2.5 °C, −20% precipitation.

RESULTS AND ANALYSIS

Trend analysis revealed a consistent increase in mean annual temperature of 0.32 °C per decade and a decrease in total annual precipitation by 8–10% during 1980–2020. The most significant decline occurs in the vegetation period (April–September), intensifying drought risk and water shortages. [4]

CMIP6 projections for the SSP2-4.5 scenario indicate further warming of 1.8–2.2 °C by 2050 and a reduction in summer precipitation by up to 15%.

Modeling results indicate declining inflows to major reservoirs:

- Charvak Reservoir — 12–15% decrease;
- Tupolang Reservoir — 18–22% decrease;
- Andijan Reservoir — 10–13% decrease.

The largest deviations are projected for the summer period, when runoff is primarily generated by snow and glacier melt. Snowpack volume is expected to decline by 25–30% by 2050.

Rising temperatures enhance evaporation from reservoir surfaces. Calculations show that with a +2 °C increase, annual evaporation losses rise by 15–20 million m³ for the Charvak and Tupolang reservoirs, exacerbating water deficits during drought years.

Vulnerability Assessment and Scenario Modeling

The vulnerability index *V* is projected to increase by 20–30% under S2 and S3 scenarios. The frequency of low-flow years may rise from once every six years (current climate) to once every 3–4 years by mid-century. This necessitates a revision of reservoir operation schedules and the implementation of adaptive flow regulation measures. [6]

Scenario modeling demonstrated that adaptive reservoir management (dynamic regulation depending on climatic conditions and operation adjusted to forecasted inflows) can reduce water losses by 10–15% and ensure stable irrigation supply in 80–85% of years under moderate warming.

Discussion. The results confirm the high vulnerability of Uzbekistan’s reservoirs to climatic and hydrological changes. Existing operating schemes, developed under historical hydrological conditions, are becoming inadequate for the emerging climate regime.

To strengthen resilience, a transition toward **adaptive and integrated water resources management systems** is required, based on the following principles:

- continuous re-assessment of water balance using climate projections;
- flexible operation regimes responsive to forecasted inflows;
- application of nature-based solutions (restoration of wetlands, enhancement of catchment water retention);
- modernization of hydraulic structures for extreme hydrological events;
- implementation of remote monitoring and digital twin technologies.

Moreover, the transboundary dimension must be considered, as the resilience of national reservoirs depends strongly on the shared water regime of the Amu Darya and Syr Darya river basins.

Conclusion. Climate change significantly reduces the resilience of Uzbekistan’s reservoirs, increases drought frequency, and diminishes inflow volumes.

The main conclusions of the study on the impact of climate change on reservoirs are as follows:

persistent warming and decreasing precipitation are particularly evident during the growing season;

inflows to major reservoirs may decline by 12–22% by 2050;

evaporation losses and the duration of low-flow periods will increase, aggravating water shortages for irrigation and hydropower;

implementing adaptive management and integrating climate forecasts into water planning can improve water-use efficiency and enhance overall system resilience.

Therefore, climate resilience of reservoirs must be considered a core component of Uzbekistan’s national water policy, requiring scientific support, digital transformation, and strengthened international cooperation within basin frameworks.

REFERENCES

1. IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report: Climate Change 2021 — The Physical Science Basis*.
2. CMIP6 Data Archive. (2023). *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)*.
3. FAO. (2020). *Water Management in the Context of Climate Change in Central Asia*.
4. World Bank. (2022). *Climate Adaptation and Water Security in Uzbekistan*.
5. Umarov, Sh., Akhmedov, I. (2023). *Hydrological Modeling of Water Systems in Central Asia*. Tashkent: Fan.
6. Alimov, R. (2022). *Challenges and Prospects of Water Resources Management under Aridity. Bulletin of Hydrometeorology*, No. 3.

AYDAR-ARNASOY KO‘LLAR TIZIMI SUV RESURSLARI SIFAT KO‘RSATKICHLARING O‘ZGARISHI

G‘aybulloyev Oybek, Buriyev Salimjan Samedjanovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Maqolada Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi suv resurslari sifat ko‘rsatgichlari va ularning ekologik holatga ta’siri tahlil qilingan. 1993–2019-yillar davomida suv sathi, hajmi, minerallashuv va og‘ir metallar miqdori o‘rganilgan. Natijalar suvning sho‘rlanishi va minerallashuvi biologik xilma-xillik va baliq resurslarining kamayishiga hamda suv muhiti barqarorligining buzilishiga olib kelishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Aydar–Arnasoy, suv resursi, sifat ko‘rsatgichlari, minerallashuv, sho‘rlanish, og‘ir metallar.

Abstract. The study analyzes water quality indicators of the Aydar–Arnasay lake system and their impact on the ecological condition. From 1993 to 2019, water level, volume, mineralization, and heavy metal content were examined. Results show that increased salinity and mineralization reduce biodiversity, fish resources, and aquatic stability. The study provides a basis for ecological monitoring and water resource protection.

Keywords: Aydar–Arnasay, water resources, quality indicators, mineralization, salinity, heavy metals.

Аннотация. В статье проанализированы показатели качества вод Айдар–Арнасайской системы озёр и их влияние на экологическое состояние. За 1993–2019 гг. изучалис уровен воды, обём, минерализация и содержание тяжёлых металлов. Результаты показывают, что повышение минерализатсии и солёности снижает биологическое разнообразие, рыбныэ ресурсы и устойчивост водной среды. Исследование служит основой для экологического мониторинга и охраны водных ресурсов.

Ключевые слова: Айдар–Арнасай, водные ресурсы, показатели качества, минерализация, солёность, тяжёлые металлы.

KIRISH

Dunyoda aholining o‘sishi, tabiiy resurslardan foydalanish talabining ortishi va atrof-muhitdagi turli salbiy o‘zgarishlar suv resurslarining miqdor va sifat ko‘rsatkichlarini aniqlash va baholashda zamonaviy usullarning muhimligini oshirmoqda. BMTning 2030-yilgacha barqaror rivojlanish bo‘yicha dasturining 15-bandida “Suv ekosistemalarini muhofaza qilish, tiklash va oqilona foydalanish, cho‘llanishga qarshi kurashish, biologik xilma-xillik yo‘qolishini oldini olish” bo‘yicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilishi zarurligi ta’kidlangan [2]. Shu nuqtayi nazardan, Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi (AAKT) suv resurslarining o‘sishi hisobiga yuzaga kelgan ekologik holatni va atrof-muhit hamda mamlakat iqtisodiyotiga hissa qo‘shuvchi ekoturizmni rivojlantirishga yo‘naltirilgan tadqiqotlarni olib borish muhim ahamiyatga ega.

Jahonda global iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslarining gidrologik rejimini o‘rganish, miqdor va sifat ko‘rsatkichlarining o‘zgarishini aniqlash va baholashga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ayniqsa, Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimida suv resurslarining yillik dinamikasi va sifat ko‘rsatkichlarini zamonaviy usullar bilan baholashga alohida e’tibor qaratilmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimining tabiiy resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash va barqarorligini saqlash bo‘yicha bir qator chora-tadbirlar amalga oshirilgan va muayyan natijalarga erishilgan. Xususan, “O‘zbekiston Respublikasining 2017–2021-yillarda yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi”da [1]

“aholining ekologik xavfsiz muhitda yashashini ta’minlash va atrof-muhit, aholi salomatligi hamda genofondiga zarar yetkazadigan ekologik muammolarni oldini olish” ustuvor yo‘nalish sifatida belgilangan.

Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimining ekstremal (suv sathini ko‘tarilishi va pasayishi) vaziyatlarini tahlil qilish, suv resurslarining ko‘p yillik (1993-2019-yillar) dinamikasini o‘rganish, Geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyasi dasturi yordamida: olingan ko‘p yillik ma’lumotlar asosida suv resurslarining miqdorini va sifat ko‘rsatgichlarini aks ettiruvchi mavzuli xaritalar tuzish orqali baholash muhim ahamiyat kasb etadi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining Atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5863-sonli farmoni [5], Vazirlar Mahkamasining 2017-yil 7-martdagi 124-sonli “Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimining biologik resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlashga doir tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori [3], 2019-yil 22-apreldagi 347-sonli qarori [4] va boshqa tegishli normativ hujjatlar ushbu faoliyatni amalga oshirishga xizmat qiladi.

TADQIQOT USULI – gidrokimyo, meteorologiya, GAT va statistik tahlilning integratsiyalangan yondoshuvi bo‘lib, bu Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi suv resurslari sifatini va ularning ekotizimga ta’sirini aniq va kompleks baholash imkonini beradi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimining iqlimi quruq kontinentaldir. O‘rtacha yillik havo harorati Jizzaxda 15,0 °C, Yangiqishloqda 15,6 °C; maksimal harorat (iyul oyida) Do‘stlikda 43,0 °C, Nurotada 45,0 °C; o‘rtacha yillik yog‘in miqdori Nurotada 249 mm, Jizzaxda 388 mm ni tashkil qiladi (O‘zGMITI va Jizzax viloyati gidrometeorologiya boshqarmasi, 2018-yil).

Ko‘lning global iqlim o‘zgarishiga nisbatan mahalliy iqlimga ta’siri ham tahlil qilinadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, 1890–2010-yillar davomida yozgi o‘rtacha havo harorati Samarqand viloyatida 0,4 °C oshgan bo‘lsa, Jizzax viloyatida 1,4 °C ga pasayish kuzatilgan.

Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi (AAKT)ning gidrologiyasi va suv sifati. Ko‘lning shakllanishi va tog‘ hamda tog‘oldi hududlarida yog‘ingarchilik miqdorining ortishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Gidrometeorolog mutaxassislar A.I.Mirzayev, V.A.Mirzayev bahor oylarida ko‘llar tizimi bo‘ylab konvektiv bulutlarning rivojlanishi natijasida, yog‘ingarchilik miqdorining ortganligini, bu esa Jizzax viloyatida suv toshqinlari sonini va sel faolligining oshishiga ta’sir ko‘rsatayotganligini ta’kidlashadi.

Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimining mahalliy iqlimga ta’sirini aniqlash uchun ko‘lga yaqin joylashgan beshta meteorologik stansiya (Do‘stlik, Jizzax, Qo‘shrabot, Nurota, Yangiqishloq) ma’lumotlari (2010–2024 yillar) tahlil qilindi. O‘rta hisob bilan olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, oxirgi o‘n yillikda ushbu stansiyalarda yog‘ingarchilik miqdorida ortish va pasayish anomalilari kuzatilgan, biroq o‘rta yillik havo haroratida sezilarli o‘zgarish qayd etilmadi.

Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimi (AAKT)ning gidrologiyasi, yani suv sathi, hajmi, maydoni va suv sathining yillik amplitudasiga (1993–2019-yillar) Chordara suv ombori orqali quyiladigan Sirdaryo suvining o‘zgarishi, Sirdaryo va Jizzax viloyati ekin maydonlaridan oqib keladigan kollektor-drenaj suvlar, qor-yomg‘ir va yerosti suvlarining qo‘shilishi hisobiga o‘zgarib turgan.

Chordara suv ombori orqali tashlanadigan tashlama suvlar miqdori 1993-yilda 2,650 km^3, 1994-yilda 9,286 km^3, 1998-yilda 3,135 km^3, 2003-yilda 4,757 km^3 ni tashkil qilgan. Tashlama suvlarning eng yuqori ko‘rsatkichi 1994-yilda 9,286 km^3, eng past ko‘rsatkich 2016-yilda 0,025 km^3 bo‘lgan [8].

1993–2019-yillarda suv sathi va yillik amplituda quyidagicha o‘zgargan: suv sathi 1993-yilda 237,58 m, yillik amplituda 2,37 m; suv sathining eng yuqori ko‘rsatkichlari 2006-yilda 246,82 m, yillik amplituda 0,73 m bo‘lgan. Ko‘l tizimining suv hajmi 1993-yilda 16,70 km^3, eng yuqori ko‘rsatkich 2006-yilda 42,15 km^3, 2019-yilga kelib esa 34,42 km^3 ga teng bo‘lgan. Suv

maydoni 1993-yilda 2045 km², 2000-yilda 3140 km², 2006-yilda 3599 km², 2019-yilda 3216 km² ni tashkil qilgan [9].

Jizzax viloyati qishloq xo‘jaligi kollektordrenajlari orqali AAKTga kiruvchi Tuzkon ko‘liga tushadigan zovur suvlar R.A. Qulmatov va boshqalar tomonidan o‘rganilgan. To‘rt asosiy zovur manbai: Jizzax Bosh Zovuri (JBZ), Qli, Oqbulok va Chegara kollektorlari bo‘lib, yillik o‘rtacha 97,8% kollektordrenaj suvlarini Tuzkon ko‘liga yetkazadi. 2000–2017-yillarda viloyat kollektor-drenaj tarmoqlaridan Tuzkon ko‘liga jami 14 971,51 mln m³ yoki yillik o‘rtacha 831,75 mln m³ zovur suvi tushgan. J.Mirzaev va boshqalar tadqiqotlariga ko‘ra, Jizzax viloyatidagi sug‘oriladigan maydonlardan keladigan kollektor-drenaj suvlarining miqdori va sifati ko‘l tizimi suvining miqdor va sifati bilan uzviy bog‘liq.

Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimi baliqchilikni rivojlantirish va ekologik barqarorlikka ham ta’sir qiladi, bu M. Groll va boshqalar tomonidan o‘rganilgan. Suv resurslarining yillik o‘zgarishi yog‘ingarchilik va unga tushadigan suv hajmiga bog‘liq bo‘lib, K. Rodina va S. Wahyuni tadqiqotlariga ko‘ra tahlil qilingan.

Ko‘llar tizimi suv resurslarining sifat ko‘rsatgichlari: Arnasoy ko‘li suvining minerallashuvi Chordara suv omboridan suv quyilish tomonida ruxsat etilgan miqdoridan 6,7-8,1 barobar, Tuzkon ko‘lida 9,6-12,8 barobar, Aydar ko‘lida 9,8-14,5 barobar ko‘p bo‘lgan. Arnasoy ko‘lida og‘ir metallardan ruxsat etilgan miqdoriga nisbatan qo‘rg‘oshin mikdori 1,2-2,4, mis 2,8-4,0, rux 2,0-2,6 va kobalt miqdorlari 3,0-4,8 barobar ko‘p bo‘lgan. Qolgan og‘ir metallar va kimyoviy komponentlardan: marganes, ftor, alyuminiy, rux, мышyak va xromning miqdorlari ruxsat etilgan miqdoridan oshmaganligi kuzatilgan [8].

Tuzkon ko‘lida ruxsat etilgan miqdoriga nisbatan qo‘rg‘oshin miqdori 2,4-3,2, mis 1,6-2,6, rux 2,3-3,0, kobalt 3,0-6,0 va xrom miqdori 1,5 barobar ko‘p bo‘lgan, qolgan og‘ir metallar va kimyoviy komponentlar miqdori: marganes, ftor, alyuminiy, rux va мышyakning miqdori REM-dan kam bo‘lgan [9].



1-rasm. Aydar-arnasoy ko‘llar tizimi

Aydar ko‘lida ruxsat etilgan miqdoriga nisbatan qo‘rg‘oshin miqdori 1,6-2,2, mis 2,6-5,0, rux 2,3-2,7, kobalt 4,4-6,2 va xrom 1,5 barobar ko‘p bo‘lgan, Qolgan og‘ir metallar va kimyoviy komponentlar miqdori: marganes, ftor, alyuminiy, rux va мышyakning miqdori ruxsat etilgan miqdoridan oshmaganligi kuzatilgan.



2-rasm. Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimi Aydar ko‘lining ko‘rinishi

Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi suv resurslarining sifat ko‘rsatkichlaridagi o‘zgarishlar hududning ekologik holatiga bevosita ta’sir qilayotganligi aniqlangan. Suvning mineralizatsiya darajasi va sho‘rlanishi oshishi biologik xilma-xillikning kamayishiga, baliq resurslarining qisqarishiga hamda suv muhitining umumiy barqarorligining buzilishiga olib kelmoqda. Shu sababli, ko‘llar tizimida suv resurslarini muhofaza qilish, qaytma sho‘r suv oqimlarini nazorat qilish va ekologik monitoring tizimini yanada kuchaytirish zarur. Olingan ilmiy natijalar hududning ekologik holatini yaxshilash, suv resurslaridan oqilona foydalanish va barqaror ekologik muhitni saqlashda muhim amaliy ahamiyatga ega [8,9].

XULOSALAR

Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimida suv resurslarining sifat ko‘rsatkichlari ruxsat etilgan miqdordan oshishi, asosan muntazam quyilib turgan kollektor-drenaj suvlari hisobiga bog‘liq. Shu sabablii ushbu kollektor-drenaj suvlari miqdori va sifatini doimiy monitoring qilish zarur.

Ko‘llar tizimi mamlakat aholisini oziq-ovqat (ayniqsa baliq) mahsulotlari bilan ta’minlashda muhim ahamiyatga ega bo‘lgani sababli, suv tarkibidagi og‘ir metalllar va boshqa ifloslantiruvchi moddalar miqdorini ham doimiy ravishda nazorat qilish talab qilinadi. Og‘ir metallar miqdori ruxsat etilgan me’yordan oshishi mavjud baliq turlari va ular orqali insonlar sog‘lig‘iga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Shuningdek, suv resurslari minerallashuvi, og‘ir metallar va boshqa kimyoviy komponentlar miqdorining ruxsat etilgan chegaradan oshib ketmasligini ta’minlashda suv hajmi va miqdorining keskin kamayishining oldini olish muhim ahamiyatga ega.

Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi suv sifatining o‘zgarishi hududning ekologik holatiga bevosita va bilvosita salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Suvning mineralizatsiya darajasi va og‘ir metallarning ortib borishi biologik xilma-xillikning kamayishiga, baliq resurslari qisqarishiga, tuproq degradatsiyasi va cho‘llanish jarayonlarining kuchayishiga olib kelmoqda. Shu sababli ko‘llar tizimida doimiy ekologik monitoringni kuchaytirish, kollektor-drenaj suvlari oqimini tartibga solish hamda suv muhitini muhofaza qilish bo‘yicha kompleks chora-tadbirlarni amalga oshirish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni. URL: http://lex.uz/pages/getpege…

2. BMTning 2030-yilgacha barqaror rivojlanish bo‘yicha dasturi. URL: http://www.uz.undp.org/content/uzbekistan.ru

3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2017-yil 7-mart №124-son “Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimining biologik resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlashga doir tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Qarori. URL: http://lex.uz/docs/3129146

4. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 22-aprel 347-sonli “Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimining biologik resurslaridan foydalanish samaradorligini yanada oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarori. URL: http://lex.uz/

5. O‘zbekiston Respublikasining Prezidentining 2019-yil 30-oktyabrdagi PF-5863 son “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining Atrof muhitini muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmoni.

6. Alimov R.A. Osnovnыe problemы orosheniya i melioratsii zemel i organizatsiya nauchnыx issledovaniy // Materialы obyedinennoy sessii VASXNIL i AN Uz SSR. – Tashkent: Fan, 1956. – S. 57–59.

7. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metodы issledovaniya fizicheskix svoystv pochv. – M.: Agropromizdat, 1986. – S. 413–416.

8. Taylaqov A.A., Qulmatov R.A., Xudoyberdiyeva G.X. Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimida suv balansini baholash // JizPI Xabarnosi ilmiy-texnik jurnali. – 2020. – №2(4). – S. 23–34.

9. Taylaqov A.A. Aydar-Arnasay ko‘llar tizimida suv resurslarining balansi va baholash // Academic Research in Educational Sciences. – 2021. – T. 2, №10. – S. 845–857.

10. Burkhanovich A.S., Tairovna S.N. Aydar-Arnasay lake system: ecological safety and its problems of sustainable development // European Science Review. – 2018. – (5–6).

11. Wu J., Wang D., Bauer M.E. Image-based atmospheric correction of QuickBird imagery of Minnesota cropland // Remote Sensing of Environment. – 2005. – 99(3). – P. 315–325.

12. Sadullayeva S.B. Effects of the Aydar-Arnasoy lake system on changes in the vegetation of the Kyzylkum desert // Ekonomika i sotsium. – 2023. – 3-2(106). – S. 266–269.

13. Akhmadjonova Y.T. Water composition and ecological status of Aydar-Arnasoy lake system // Ekonomika i sotsium. – 2022. – 5-2(92). – S. 21–24.

14. Nematov O. Assessment of the impact of water on the change of Aydar-Arnasoy concave landscapes // Coğrafiyanın Müasir Problemləri: Elm və Təhsilin İntegrasiyası. – 2022. – S. 43.

SARIQAMISH KO‘LINING SUV SATHI REJIMI

Kalabayev Salauat Baxitbay uli
Gidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent davlat agrar universiteti

Annotatsiya. Ko‘llar va ularda sodir bo‘layotgan gidrologik o‘zgarishlar global ekologik va iqlim o‘zgarishlarining muhim indikatorlari hisoblanadi. Ko‘l sathi va hajmidagi o‘zgarishlar nafaqat tabiiy omillar (yog‘in-sochin, bug‘lanish, harorat rejimi), balki antropogen faoliyat bilan ham chambarchas bog‘liqdir. Shu sababli ko‘llarning suv sathi dinamikasini muntazam kuzatish suv resurslarini samarali boshqarish, mintaqaviy iqlim modellarini takomillashtirish va ekologik xavflarni baholashda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu tadqiqotda O‘zbekiston va Turkmaniston chegarasida joylashgan Sariqamish ko‘lining suv sathi o‘zgarishi TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3 va Sentinel-3 sun'iy yo‘ldosh altimetr ma’lumotlari 2001-2024 yillar oralig‘ida tahlil qilindi. Tahlil natijalariga ko‘ra, Sariqamish ko‘lida suv sathi tendentsiyasi ijobiy bo‘lib, uning qiymati +0,16 m/yilga teng. Altimetr ma’lumotlariga asoslangan monitoring natijalari Sariqamish ko‘lining gidrologik rejimiga chuqurroq tushunish, suv sathi o‘zgarishining uzoq muddatli prognoziga ishonchli asos yaratish hamda Orolbo‘yi mintaqasida suv resurslarini boshqarish strategiyalarini shakllantirish uchun muhim ilmiy asos hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Sariqamish ko‘li, suv sathi, altimetr, TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3, Sentinel-

Аннотация. Озёра и происходящие в них гидрологические изменения являются важными индикаторами глобальных экологических и климатических изменений. Изменения уровня и объёма воды в озёрах тесно связаны не только с природными факторами (осадки, испарение, температурный режим), но и с антропогенной деятельностью. Поэтому регулярный мониторинг динамики уровня воды в озёрах имеет важное значение для эффективного управления водными ресурсами, совершенствования региональных климатических моделей и оценки экологических рисков. В данном исследовании проанализированы изменения уровня воды озера Сарыкамыш, расположенного на границе Узбекистана и Туркменистана, на основе данных спутниковой альтиметрии TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3 и Sentinel-3 за период 2001-2024 гг. Согласно результатам анализа, тенденция уровня воды озера Сарыкамыш является положительной и составляет +0,16 м/год. Результаты мониторинга на основе альтиметрических данных представляют собой важную научную основу для более глубокого понимания гидрологического режима озера Сарыкамыш, создания надежной основы для долгосрочного прогноза изменений уровня воды и формирования стратегий управления водными ресурсами в Приаралье.

Ключевые слова: озеро Сарыкамыш, уровень воды, альтиметрия, TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3, Sentinel-3.

Abstract. Lakes and the hydrological changes occurring within them are important indicators of global ecological and climatic changes. Changes in lake level and volume are closely linked not only to natural factors (precipitation, evaporation, temperature regime) but also to anthropogenic activities. Therefore, regular monitoring of lake level dynamics is crucial for effective water resource management, improving regional climate models, and assessing environmental risks. This study analyzes the water level changes of Lake Sarykamysh, located on the border of Uzbekistan and Turkmenistan, using satellite altimetry data from TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3, and Sentinel-3 over the period 2001-2024. According to the analysis results, the water level trend of Lake Sarykamysh is positive, with a value of +0,16 m/year. The monitoring results based on altimetry data represent an important scientific basis for a deeper understanding of the hydrological regime of Lake Sarykamysh, creating a reliable foundation for long-term forecasting of water level changes, and developing water resource management strategies in the Aral Sea region.

Keywords: Lake Sarykamysh, water level, altimetry, TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3, Sentinel-3.

KIRISH

Ko‘llar Yerning suv balansi, iqlim hamda mahalliy ekologik muvozanatda muhim rol o‘ynaydi. Ular suv sathining o‘zgarishi orqali nafaqat tabiiy jarayonlarni, balki antropogen omillar ta’sirini ham aks ettiradi. Shu sababli ko‘llar suv sathini muntazam kuzatish suv resurslarini boshqarish, iqlim o‘zgarishini baholash hamda gidrologik modellashtirish uchun zarurdir. Biroq an’anaviy kuzatuv stansiyalarining yetishmasligi, ularning geografik jihatdan notekis joylashuvi va olis hududlarda mavjud emasligi ko‘plab ko‘llar uchun ishonchli ma’lumot olishni qiyinlashtiradi.

Altimetr ma’lumotlari nafaqat ko‘llar suv sathining o‘zgarishini aniqlash, balki suv hajmidagi dinamikani baholash, gidrologik modellarni kalibrlash hamda iqlim o‘zgarishining suv resurslariga ta’sirini tahlil qilishda ham keng qo‘llanilmoqda. Shu bilan birga, altimetr ma’lumotlarini qayta ishlashdagi muammolar, qirg‘oq zonalari ta’siri, shovqinlarni filtrlash va o‘lchov aniqligini oshirish singari masalalari hanuz tadqiqotchi olimlar diqqat e’tiborida turibdi. Shu tariqa, sun'iy yo‘ldosh altimetr ko‘llar suv sathini aniqlashda an’anaviy gidrometrik

kuzatuvlarni to‘ldiruvchi va ayrim hollarda ularni almashtiruvchi zamonaviy, ishonchli hamda global darajada qo‘llaniladigan usul sifatida muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmogda.

So‘nggi yillarda global iqlim isishi, yog‘in-sochin va harorat rejimidagi nomutanosibliklar, shuningdek, inson faoliyati natijasida suv inshootlari, sug‘orish tizimlari hamda kollektor-drenaj tarmoqlarining kengayishi ko‘llar gidrologik rejimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu jarayonlar Orol dengizining qisqarib borishi, aksincha, Sariqamish ko‘lining suv bilan to‘lishi kabi hodisalarda yaqqol namoyon bo‘lmogda.

Sariqamish ko‘li O‘rta Osiyoning eng yirik tekislik ko‘llaridan biri bo‘lib, u O‘zbekiston va Turkmaniston chegarasida, Usturt platosining chink qismiga tutash hududda joylashgan. Zamonaviy ko‘l havzasining shakllanishida suv eroziyasi, suv-akkumulyatsiya, deflyatsiya va suffoziya jarayonlari muhim rol o‘ynagan. Sariqamish havzasi pasttekisliklar bilan tavsiflanadi va yopiq suv to‘planish tizimiga mansub bo‘lib, karst relyefi, 100 metrgacha bo‘lgan nishabliklar hamda sho‘r botqoqliklar bilan ajralib turadi [1]. Suv yig‘ilish maydoni shimol va shimoli-g‘arbda Usturt platosi, shimoli-sharq va sharqda Turon tekisligi, janubda esa Qoraqum cho‘li bilan chegaralangan (1-rasm).

Tarixiy davrlarda Amudaryo suvlari Sariqamish havzasiga to‘lib, ko‘l sathining ko‘tarilishi va keyinchalik daryo yo‘nalishining o‘zgarishi natijasida ko‘lning qurib qolishi holatlari bir necha marta takrorlangan. Ayrim davrlarda Amudaryo suvlari Sariqamish ko‘lidan toshib, Uzboy daryosi orqali Kaspiy dengizi tomon oqib tushgan. A.V. Shpitnikov (1969) ma’lumotlariga ko‘ra, Amudaryoning Sariqamish havzasiga oqib kirishi natijasida ko‘l sathi 3-8 metrga ko‘tarilgan va bunday hodisalar 1878, 1889, 1896, 1921 hamda 1934 yillarda kuzatilgan. XX asrning 1960 yillarning o‘rtalariga kelib, ko‘lning qurib qolgan havzasi katta sho‘r qatlami bilan qoplangan, faqat ayrim past joylarda yer osti suvlari bilan tuyinadigan sho‘r suv hududlari saqlanib qolgan [1, 4].

Sariqamish ko‘lining gidrologik rejimi uzoq vaqt davomida yetarli darajada o‘rganilmagan. Bu boradagi dastlabki ma’lumotlar Kiev Gidroribproekt instituti (1971), Turkman UGM (1976, 1985) hamda SANIGMI (1980-1985) ekspeditsiyalari tomonidan to‘plangan. Keyinchalik ko‘lning holati va gidrologik dinamikasi Sovuq Ittifoq Suv xo‘jaligi qurilishi vazirligi tomonidan ham o‘rganilgan. So‘nggi yillarda esa A.G.Kostyanoy, S.A.Lebedev, I.S.Zonn, O.Yu.Lavrova va D.M.Solovyev (2011) tomonidan Sariqamish ko‘lining zamonaviy holati sun'iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida tahlil qilingan [2, 3, 5].

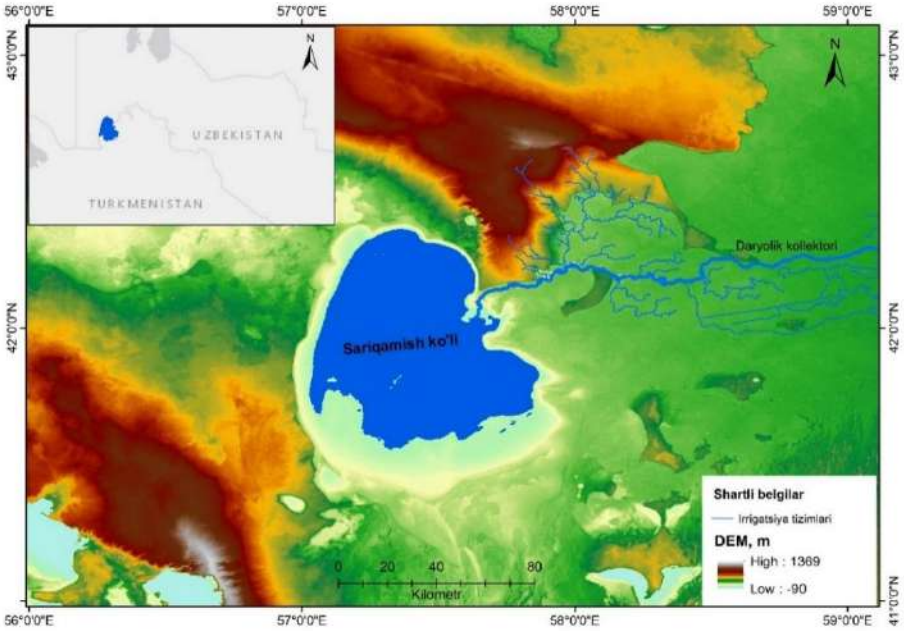
Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi Sariqamish ko‘lining gidrologik parametrlaridan biri bo‘lgan suv sathi dinamikasini masofadan zondlash, xususan, sun'iy yo‘ldosh altimetr ma’lumotlari asosida monitoring qilishdan iboratdir.

Tadqiqotning ilmiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- sun'iy yo‘ldosh altimetriya o‘lchovlari asosida Sariqamish ko‘li suv sathiga oid ma’lumotlar bazasini shakllantirish;

-vaqt qatorlaridagi ma’lumotlar to‘plamida mavjud bo‘shliqlarni interpolyatsion usullar yordamida to‘ldirish;

-ko‘l suv sathining ko‘p yillik o‘zgarish tendensiyalarini statistik tahlil qilish.



1-rasm. Sariqamish ko‘lining geografik joylashgan o‘rni

Mazkur tadqiqot natijalari Sariqamish ko‘lining gidrologik rejimini yanada chuqurroq o‘rganish va suv resurslari monitoringini takomillashtirishda muhim ilmiy asos yaratadi.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti Sariqamish ko‘li, tadqiqot predmeti esa ko‘l suv sathini masofadan zondlash ma’lumotlari asosida aniqlashdan iborat.

TADQIQOT METODI

So‘nggi yillarda sun'iy yo‘ldosh altimetr texnologiyalarining rivojlanishi suv sathini aniqlashda yangi imkoniyatlar yaratdi. TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3, CryoSat-2, Sentinel-3, ICESat-2 kabi radar va lazer altimetr missiyalari orqali Yer yuzasidagi suv ob'ektlarining suv sathini aniqlanib, ko‘plab ko‘llar uchun uzoq muddatli suv sathi ma’lumotlari shakllantirilmoqda. Bu usulning asosiy afzalligi global qamrov, muntazam kuzatuv chastotasi va uzoq tarixiy ma’lumotlarni olish imkoniyatidir.

Oxirgi yigirma yil ichida yirik ko‘llar va suv havzalarining suv sathini aniqlash uchun sun'iy yo‘ldoshlardan olingan ma’lumotlarning hajmi va sifati sezilarli darajada oshdi. Janubiy Amerika, Afrika va Sibirdagi ko‘llar hamda daryolarning gidrologik rejimi sun'iy yo‘ldosh balandlik o‘lchovlari ma’lumotlari yordamida muvaffaqiyatli o‘rganilgan [9, 10]. Volga daryosining quyi oqimidagi suv sathi [11] Volga suv omborlari kaskadi hamda Rossiya va Estoniya chegarasida joylashgan Ilmen va Ladoga ko‘llarida ham sun'iy yo‘ldosh balandlik o‘lchovlaridan foydalanilgan [12].

Umuman olganda, altimetr radari ideal holatda ya’ni troposferadagi namlik va bosim, ionosferadagi elektronlar hamda Yerning vertikal harakati bo‘lmaganda qurilma suv sathini aniq o‘lchash imkoniga ega.

Altimetr radari bulutlarga yoki tunga sezgir emasligi, dunyo bo‘ylab deyarli har bir nuqtada o‘lchovlarni amalga oshirish imkoniyati, ma’lumotlarning deyarli real vaqtda olinishi, mahsulotning yuqori aniqligi hamda 1992 yil oktyabridan buyon uzluksiz ma’lumotlar seriyasining mavjudligi kabi afzalliklarga ega. 1990-yillarning boshidan beri ERS-1/2 (European Remote Sensing Satellite), Envisat (Environmental Satellite) va Saral (Satellite with ARgos and Altika) seriyalari, shuningdek Topex/Poseidon (Topographic Experiment), Jason-1/2/3 (Joint Altimetry Satellite Oceanography Network), GFO (Geosat Follow-On), HY-2A (Haiyang) hamda

CryoSat-2 sun'iy yo‘ldosh radar altimetrlari orqali doimiy ravishda o‘lchovlar amalga oshirib kelinmogda [2, 6, 7].

Sentinel-3 uzoq muddatli kuzatuvlar uchun mo‘ljallangan yangi avlod altimetr missiyalaridan biri bo‘lib, uning birinchi sun'iy yo‘ldoshi Sentinel-3A 2016 yil fevral oyida orbitaga chiqarilgan. Barcha altimetr missiyalarida o‘lchovlar faqat nadir yo‘nalishda, ya’ni sun'iy yo‘ldoshning to‘g‘ridan-to‘g‘ri ostidagi vertikal nuqtalar bo‘yicha amalga oshiriladi. Shu sababli ularning fazoviy qamrovi cheklangan bo‘lib, bu kuzatuvlarning asosiy kamchiliklaridan biri hisoblanadi [8].

Altimetr ma’lumotlari qayta ishlanish darajasiga qarab 2-24 soat, ayrim hollarda esa 30-75 kun gacha kechikish bilan taqdim etiladi [2]. Gidrologik tahlillar uchun altimetr ma’lumotlari GDR (Geophysical Data Records) va SGDR (Sensor Geophysical Data Records) ikki asosiy toifaga bo‘linadi.

Bu ma’lumotlar to‘plami har bir yo‘l segmenti bo‘yicha suv sathini hisoblash uchun zarur bo‘lgan barcha geofizik parametrlarni o‘z ichiga oladi. Hozirda ular NetCDF (Network Common Data Form) formatda standartlashtirilgan holda taqdim etilmogda.

Mazkur tadqiqotda Sariqamish ko‘li suv sathi balandligini aniqlash uchun NASA Science ixtisoslashtirilgan ma’lumotlar bazasining 2001-2024 yillar oralig‘idagi arxiv o‘lchovlar to‘plamidan foydalanildi.

TADQIQOT NATIJALARI

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, NASA Science ma’lumotlar bazasida 2001-2024 yillar oralig‘ida Sariqamish ko‘li suv sathi bo‘yicha muntazam 10 kunlik intervallardagi kuzatuv ma’lumotlari mavjud. Shu tariqa, ushbu tadqiqotda suv sathi balandligini baholash uchun altimetr ma’lumotlari NASA Science ma’lumotlar bazasidan NetCDF formatda yuklab olindi.

Hozirgi kunda sun'iy yo‘ldosh altimetr o‘lchovlarining aniqligi ilk avlod radar balandlik o‘lchagichlar bilan solishtirilganda ancha oshgan. TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3 va Sentinel-6 missiyalari yuqori aniqlikdagi radar altimetr tizimlari bilan jihozlangan bo‘lib, ularning umumiy xususiyati qisqa (10 kunlik) takrorlanish sikliga ega orbitada faoliyat yuritishidir.

Uzoq muddatli sun'iy yo‘ldosh kuzatuv seriyalarida ba’zan ma’lumotlarda uzilishlar yoki bo‘shliqlar kuzatiladi. Bunday hollarda ma’lumotlarni tiklash uchun chiziqli interpolyatsiya, k-eng yaqin qo‘shnilar usuli, 2- va 3-darajali, ko‘phad interpolyatsiyasi, Ermit kub bo‘lakli interpolyatsiya usullari sinovdan o‘tkazildi.

Avvalgi tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, sun'iy yo‘ldosh altimetr ma’lumotlar seriyasidagi bo‘shliqlarni to‘ldirish uchun chiziqli interpolyatsiya usuli eng maqbul natijalarni beradi [2]. Altimetr ma’lumotlari orasidagi bo‘shliqlar chiziqli interpolyatsiya usuli yordamida to‘ldirildi.

Natijada ko‘ldagi suv sathi ma’lumotlari 2001-2024 yillardagi kunlik suv sathi ma’lumotlari tiklandi. Ko‘l hududida in situ ma’lumotlar mavjud emasligi sababli to‘ldirilgan altimetr ma’lumotlarni solishtirish imkoni mavjud emas.

Tadqiqotning keyingi bosqichida uzoq muddatli standart seriyalarning o‘rtacha, maksimal, minimal qiymatlari, standart og‘ish va dispersiya singari statistik xarakteristik qiymatlari hisoblandi (1-jadval).

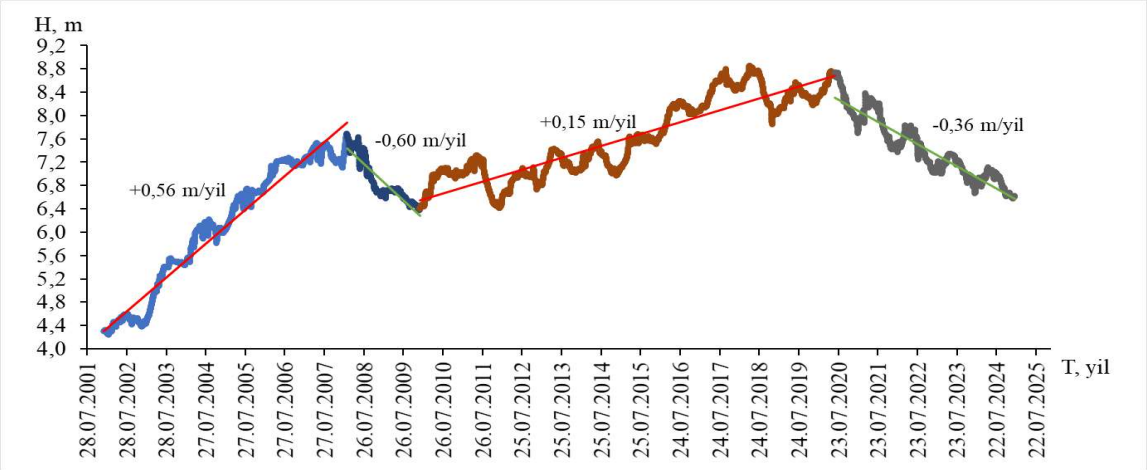
1-jadval **Sun'iy yo‘ldosh kuzatuvlar seriyasining statistik tavsiflari**

Davr	Tendensiya	Statistik ko‘rsatkich	Qiymati, m	Kuzatilgan vaqti
2001-2024	+0,16	σ	0,91	-
2002–2007	+0,56	s^2	0,82	-

2008–2009	−0,60	$H_{o'rt}$, m	7,12	2013
2010–2020	+0,15	H_{maks}, m	8,84	24-29.04.2018
2021–2024	−0,36	H_{min}, m	4,23	07-09.02.2002

I z o h : σ - standart og‘ish, s^2 - dispersiya, $H_{o'rt}$ - o‘rtacha suv sathi balandligi, H_{maks} - maksimal suv sathi balandligi, H_{min}- minimal suv sathi balandligi.

Tiklangan ma’lumotlarni statistik hisoblash natijalari ko’ra, 2001-2024-yillardagi eng minimal suv sathi 2002 yil 24-29-fevral kunlari 4,23 m ga teng bo’lgan. Eng katta suv sathi esa 2018 yili 24-29 aprel sanalarida kuzatilib, uning qiymati 8,84 m ga teng bo’lgan. Suv sathining ko’p yillik qiymatlari tahlildan ma’lum bo’ldi, dispersiya 0,82 m ga o’rtacha kvdartalik og’ish qiymati esa 0,91 m ga teng bo’lgan. Sariqamish suv sathining 2001-2024-yillardagi ko’p yilik qiymatlarini o’rganishdan shu narsa aniq bo’ldiki, ko’lda bu davrda to’rtda davrga bo’lish mumkin (2-rasm).



2-rasm. Sariqamish ko’li suv sathining ko’p yillik o’zgarishi

Birinchi davr 2001-2007-yillar oralig‘iga to‘g‘ri keladi. Bu bosqichda Sariqamish ko‘li suv sathining yillik o‘sish tendensiyasi kuzatilib, o‘rtacha ko‘tarilish tezligi +0,56 m/yilni tashkil etgan. Mazkur davrda ko‘lning gidrologik rejimi asosan ijobiy suv balansi bilan xarakterlangan bo‘lib, bu jarayon hududga kelayotgan suv oqimlarining nisbatan ortganligi bilan izohlanadi.

Ikkinchi davr 2008-2009-yillarni qamrab oladi va boshqa bosqichlarga nisbatan qisqaroq muddatni tashkil etadi. Shu yillarda suv sathi pasayish tendensiyasini namoyon etgan bo‘lib, o‘rtacha kamayish ko‘rsatkichi -0,60 m/yilni tashkil etgan. Bunday holat, oqim miqdorining kamayishi, iqlim sharoitlarining quruq bo‘lishi bilan bog‘liq.

Uchinchi davr 2010-2020-yillar uzoq muddatli va barqaror bosqichi hisoblanadi. Bu davr mobaynida suv sathi yana o‘sish yo‘nalishiga qaytgan bo‘lib, o‘rtacha yillik o‘sish tezligi +0,15 m/yilni tashkil etgan. Ushbu jarayon suv resurslari balansining nisbatan tiklanishi, Amudaryo oqimining va Xorazm va Tosho‘g‘uz viloyatlarida sug’orishga suv olishning miqdorining ortishi va mintaqaviy gidrologik sharoitlarning yaxshilanishi bilan izohlanadi.

So‘nggi bosqich, ya’ni 2021-2024-yillar oralig‘ida esa suv sathi yana pasayish tendensiyasiga o‘tgan. O‘rtacha yillik pasayish sur’ati -0,36 m/yilni tashkil etib, bu holat mintaqada so‘nggi yillarda kuzatilayotgan iqlim isishi, bug‘lanish jarayonlarining kuchayishi hamda daryo oqimining kamayishi natijasida yuzaga kelgan. Shu tariqa, tahlil natijalari

Sariqamish ko‘lining suv sathi dinamikasi fazoviy-vaqtinchalik o‘zgaruvchanlikka ega ekanligini, u tabiiy va antropogen omillar ta’sirida turlicha yo‘nalishda rivojlanishini ko‘rsatadi. Biroq, tadqiqotning yakunida, ya’ni kuzatuv davrining oxirida davr boshiga nisbatan suv sathi ijobiy o‘sish tendensiyasini qayd etilgan.

XULOSA

Tadqiqotda 2001–2024-yillar oralig‘idagi altimetr ma’lumotlariga asoslangan tahlillar natijasida Sariqamish ko‘lining suv sathi dinamikasi bosqichma-bosqich o‘zgaruvchanlik kasb etgani aniqlandi. Tadqiqot davomida suv sathi bir necha davrlarda o‘sish va pasayish tendensiyalari kuzatildi, bu jarayon tabiiy va antropogen omillar o‘zaro ta’siri bilan izohlanadi.

Dastlabki yillarda ko‘l suv sathi ijobiy suv balansi ta’sirida barqaror o‘sish yo‘nalishida bo‘lgan, keyinchalik esa qurg‘oqchilik, daryo oqimining kamayishi va bug‘lanishning ortishi natijasida pasayish kuzatilgan. 2010-yillardan boshlab suv kirimining nisbatan ortishi va gidrologik sharoitlarning yaxshilanishi tufayli suv sathi qayta ko‘tarilish tendensiyasini namoyon etgan. So‘nggi yillarda esa yana qisqa muddatli pasayish qayd etilgan bo‘lsa-da, umumiy hisobda suv sathi o‘rtacha yillik +0,16 m/yil ko‘tarilish bilan yakun topgan.

Altimetr ma’lumotlariga asoslangan monitoring Sariqamish ko‘lining uzoq muddatli gidrologik holatini baholash va suv resurslarini boshqarish strategiyalarini takomillashtirish uchun yangi imkoniyat ochmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *Аденбаев Б.Е., Калабаев С.Б.* Гидрография, морфометрия и мониторинг современного состояния озера Джылтырбас // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 5. – С. 43-53. DOI: 10.35567/19994508_2023_5_4.

2. *Артыкова Ф.Я., Калабаев С.Б.* Перспективы использования спутниковых данных для определения уровня воды в крупных озёрах // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. – 21(4). – С. 251-259. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-4-251-259. Scopus ID-59329867100

3. *Артыкова Ф.Я., Калабаев С.Б.* Долгосрочные фазовые изменения озер Южного Приаралья // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление № 1, 2025. – С. 40-56. https://doi.org/10.35567/19994508-2025-1-40-56

4. *Калабаев С.Б., Артыкова Ф.Я., Аденбаев Б.Е.* Анализ долгосрочных тенденций осадков в Южном Приаралье // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 4. – С. 317–332.

5. *Калабаев С.Б., Йўлдошбаева М.Р.* Қуйи Амударё сув объектларининг гидрографик тавсифи // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 2019. – 56-жилд. – Б. 235-239.

6. Калабаев С.Б. Landsat тасвирлари ёрдамида ер усти сув объектлари чегарасини аниқлашда спектрал индекслардан фойдаланиш имкониятлари // Гидрометеорология ва атроф муҳит мониторинги. 2023. – №4. – Б. 36-43.

7. *Калабаев С.Б., Артикова Ф.Я.* Сунъий йўлдош кузатув маълумотлари бўйича кўлларни хариталаш ва мониторинг қилиш // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. 2024. – №1. – Б. 87-92.

8. *Калабаев С.Б., Аденбаев Б.Е.* Оценка изменений площадей водной поверхности озера Междуречье по спутниковым снимкам / Материалы международной научно-практической конференции «Роль современной геоинформационной картографии, методов и технологий дистанционного зондирования в географических исследованиях». – Ташкент, 2024. – С. 505-508.

9. *Kostianoy A.G., Kostianaia E.A., Lebedev S.A., Serykh I.V., Prokofiev Y.A.* Interannual variability in the level of lakes in northwestern Russia / Proceedings of the VI International

Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Aspects of Geology, Geophysics and Geoecology Using Modern Information Technologies”. Maykop State Technological University. – Maykop, 17–21 May 2021. Part 1. – PP. 158–167.

10. *Lebedev S.A., Kostianoy, A.G.* Satellite Altimetry of the Caspian Sea / Proceedings of the Symposium on 15 Years of Progress in Radar Altimetry. Venice. Italy. 13-18 March 2006. – Vol. SP 614.

11. *Troitskaya Y.I., Rybushkina G.V., Soustova I.A., Balandina G.N., Lebedev S.A., Kostianoy A.G.* Satellite altimetry of inland water bodies // Hydrophysical Processes. 2012. Vol. 39, – PP. 184–199.

12. *Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Kazmina M.V., Tsepelev V.Y. Varlashina V.M.. Neschadimova T.G.* Satellite Monitoring of Transboundary Waters of Russia and Estonia. – M.: Publ. House “Signal”, 2012. – 16 p.

IQLIM O’ZGARISHI SHAROITIDA SURXON-SHEROBOD HAVZASI SUV RESURSLARIDAN KOMPLEKS FOYDALANISHNI TAKOMILLASHTIRISH

Isaboyeva Muxayyo Botirovna
Gidrometeorologiya xizmati agentligi

Annotatsiya. Ushbu maqolada iqlim o‘zgarishi sharoitida Surxon-Sherobod havzasining suv resurslaridan kompleks va samarali foydalanish masalalari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda havzaning gidrologik va iqlimiy xususiyatlari, suv resurslari shakllanishiga tabiiy hamda antropogen omillar ta’siri o‘rganilgan. Iqlim o‘zgarishi natijasida yog‘in miqdorining kamayishi, haroratning ortishi va bug‘lanish jarayonlarining kuchayishi oqibatida suv resurslarining miqdoriy va sifat jihatdan o‘zgarishi aniqlangan. Maqolada suvdan foydalanishning mavjud tizimi tahlil qilinib, suv tejovchi texnologiyalarni keng joriy etish, suv xo‘jaligi infratuzilmasini modernizatsiya qilish va kompleks foydalanishni takomillashtirish yondashuvlarini qo‘llash taklif etilgan. Tadqiqot natijalari hudud suv xavfsizligini mustahkamlash va ekologik barqarorlikni ta’minlashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: iqlim o‘zgarishi, suv resurslari, Surxon-Sherobod havzasi, kompleks foydalanish, suv tejovchi texnologiyalar, integratsiyalashgan boshqaruv.

Аннотация. В данной статье научно анализируются вопросы комплексного и эффективного использования водных ресурсов Сурхан-Шерабадского бассейна в контексте изменения климата. В исследовании изучаются гидрологические и климатические характеристики бассейна, влияние природных и антропогенных факторов на формирование водных ресурсов. В результате изменения климата выявлены количественные и качественные изменения водных ресурсов вследствие уменьшения количества осадков, повышения температуры и усиления процессов испарения. В статье анализируется существующая система водопользования и предлагается широкое внедрение водосберегающих технологий, модернизация водохозяйственной инфраструктуры и применение подходов к повышению эффективности комплексного использования. Результаты исследования имеют практическое значение для укрепления водной безопасности и обеспечения экологической стабильности в регионе.

Ключевые слова: изменение климата, водные ресурсы, Сурхон-Шерабадский бассейн, комплексное использование, водосберегающие технологии, комплексное управление.

Abstract. This article scientifically analyzes the issues of integrated and efficient use of water resources of the Surkhan-Sherabad basin in the context of climate change. The research

studies the hydrological and climatic characteristics of the basin, the impact of natural and anthropogenic factors on the formation of water resources. As a result of climate change, quantitative and qualitative changes in water resources have been identified due to a decrease in precipitation, an increase in temperature, and increased evaporation processes. The article analyzes the existing system of water use and proposes the widespread introduction of water-saving technologies, the modernization of water management infrastructure, and the application of approaches to improving integrated use. The results of the research are of practical importance in strengthening water security and ensuring ecological stability in the region.

Keywords: climate change, water resources, Surkhan-Sherabad basin, integrated use, water-saving technologies, integrated management.

KIRISH

Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi Yer yuzining deyarli barcha hududlarida suv resurslari holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. O‘zbekiston hududi, xususan janubiy viloyatlar - Surxondaryo viloyati ham bu jarayondan chetda qolmagan. Haroratning o‘rtacha yillik ortishi, yog‘in miqdorining kamayishi va bug‘lanishning kuchayishi natijasida suv ta’minoti yildan-yilga murakkablashmoqda.

Surxon-Sherobod havzasi respublikadagi eng muhim qishloq xo‘jaligi hududlaridan biri bo‘lib, suv resurslariga bo‘lgan talabning ortishi va tabiiy suv manbalarining cheklanganligi suvdan foydalanish tizimini takomillashtirish zaruratini yuzaga keltiradi. Aholining o‘sishi, sug‘oriladigan yerlar maydonining kengayishi hamda ekologik barqarorlikka qo‘yilayotgan talablar iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslarini boshqarishning yangi yondashuvlarini ishlab chiqishni taqozo etadi.

Mazkur maqolada Surxon-Sherobod havzasining suv resurslari holati, ulardan foydalanish tizimi va mavjud muammolar o‘rganilib, iqlim o‘zgarishiga moslashgan kompleks boshqaruv choralari taklif etiladi.

Shu nuqtai nazardan, ushbu maqolaning maqsadi - iqlim o‘zgarishi sharoitida Surxon-Sherobod havzasida suv resurslaridan kompleks foydalanishni takomillashtirish yo‘llarini ilmiy - amaliy jihatdan tahlil qilish. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. Havzaning tabiiy-iqlimiy sharoiti va suv resurslari holatini o‘rganish;
2. Suvdan foydalanish tizimidagi mavjud muammolarni aniqlash;
3. Iqlim o‘zgarishining suv resurslariga ta’sirini baholash;
4. Kompleks boshqaruv modellarini ishlab chiqish va taklif qilish.

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqot jarayonida matematik-statistik hisoblash qoidalari, suv xo‘jalik balans usullari, suv taqsimoti qonuniyatlari va mavjud me’yoriy hujjatlarda belgilangan usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

qishloq xo‘jaligi va sanoat tarmoqlarida kafolatli suv ta’minoti va samaradorligini oshirish maqsadida suv resurslaridan kompleks foydalanishning takomillashtirilgan shakliy loyihalari ishlab chiqilgan;

agrosanoat va sanoat tarmoqlarini suv bilan ta’minlanganlik darajasini oshirish uchun oqova suvlarni qayta ishlovchi usullaridan foydalanish bo’yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan;

qishloq xo’jaligida sug’oriladigan yerlarni yetarlicha suv bilan ta’minlanishi uchun melioratsiya usuli ishlab chiqildi.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilarda o‘z ifodasini topdi:

suv resurslaridan kompleks foydalanishni takomillashtirish maqsadida Surxon-Sherobod havzasining suv xo‘jaligi rayonlashtirish kartasi takomillashtirilgan;

Surxondaryo viloyati har bir ma’muriy tumanining iqtisodiyot tarmoqlari bo‘yicha suv resurslaridan kompleks foydalanish asosida Suxondaryo, Sherobod va Amudaryo daryolari

oqimining turli xil ta’minlanishida hozirgi davr, yaqin va uzoq kelajakka mo‘ljallangan hisobiy-shakliy loyihalari ishlab chiqilgan;

chuchuk yer osti suvlari zaxiralari indeksini (SS-DTA) hisobga olgan holda, shahar va qishloq aholisining yer osti suvlari bilan yaqin va uzoq kelajakda yetarli darajada ta’minlanishi hisobiy isbotlangan;

birinchi marta Surxon-Sherobod havzasida suv resurslaridan kompleks foydalanishni takomillashtirish bo‘yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Hududning tabiiy-iqlimiy sharoiti va suv resurslari holati, suv resurslaridan foydalanishning hozirgi holati, iqlim o‘zgarishining suv resurslariga ta’siri, suv resurslaridan kompleks foydalanishning takomillashtirilgan yo’nalishlari va suvdan foydalanish tizimidagi muammolarni qamrab olgan.

Surxon-Sherobod havzasi (quyi Surxondaryo viloyati) tog‘oldi va tekislik relyefga ega bo‘lib, asosiy suv manbalari - Surxondaryo daryosi va uning qo‘shni oqimlari, shuningdek qor va yomg‘ir suvlari hisobiga shakllanadi. Hudud relyefi tog‘oldi va tekisliklardan iborat bo‘lib, suv resurslari asosan bahor mavsumida qor va yomg‘ir suvlari hisobidan shakllanadi.

Iqlim sharoitida yog‘in miqdori so‘nggi yillarda pasayish tendensiyasiga ega bo‘lib, bug‘lanish va suv yo‘qotish jarayonlari kuchaygan. Natijada yer osti va yer usti suv resurslari hajmi pasaygan va suv taqsimotida bir qancha sezilarli o’zgarishlar bo‘lmoqda.

Havzada suvdan foydalanishning asosiy yo‘nalishlari: sug‘orish (qishloq xo‘jaligi), ichimlik suvi ta’minoti, sanoat va ekologik ehtiyojlar. Sug‘oriladigan yer maydoni tarmoq infratuzilmasi orqali ta’minlanadi, ammo kanallar va suv o‘lchash tizimlari ko‘p hollarda eskirgan va samaradorligi past. Bu holat suv sarfini oshiradi, yo‘qotishlarni kuchaytiradi va natijada suv resurslari tizimi barqaror emas. Bundan tashqari, suv balansida sezilarli o‘zgarishlar kuzatilmoqda: mavsumiy oqimlarning qisqarishi, yuqori bahor suvlari kamligi yoki kechikishi va yozgi quruq davrlarida taqchillik.

So‘nggi 30 yil ichida o‘tkazilgan kuzatuvlar natijalariga ko‘ra, havzada o‘rtacha yillik yog‘in miqdori 10-15% ga kamaygan, o‘rtacha havo harorati esa 1,2-1,5°C ga oshgan. Bu esa suv resurslarining kamayishiga, daryo oqimlarining notekis taqsimlanishiga hamda yer osti suvlarining chuqurlashishiga sabab bo‘lgan.

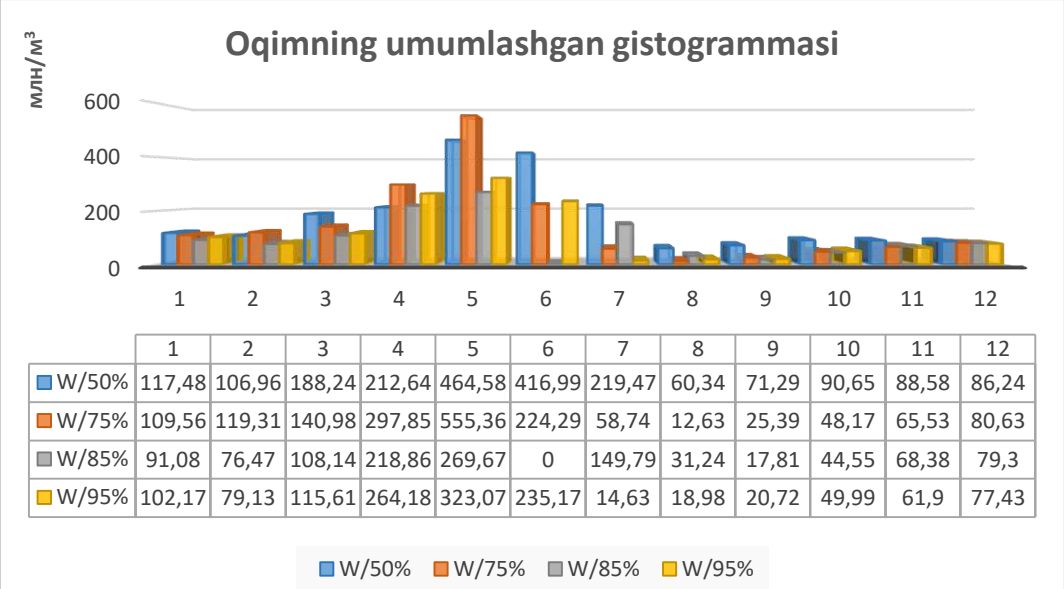
Havzada suvdan foydalanishning asosiy yo‘nalishlari: sug‘orish (qishloq xo‘jaligi), ichimlik suvi ta’minoti, sanoat va ekologik ehtiyojlar. Sug‘oriladigan yer maydoni tarmoq infratuzilmasi orqali ta’minlanadi, ammo kanallar va suv o‘lchash tizimlari ko‘p hollarda eskirgan va samaradorligi past. Bu holat suv sarfini oshiradi, yo‘qotishlarni kuchaytiradi va natijada suv resurslari tizimi barqaror emas. Bundan tashqari, suv balansida sezilarli o‘zgarishlar kuzatilmoqda: mavsumiy oqimlarning qisqarishi, yuqori bahor suvlari kamligi yoki kechikishi va yozgi quruq davrlarida taqchillik.

Hududda suvdan foydalanishning 80 foizdan ortig‘i qishloq xo‘jaligi, xususan paxta, g‘alla va sabzavot yetishtirishga yo‘naltirilgan. Biroq mavjud sug‘orish tizimlarining aksariyati eskirgan, suv yo‘qotishlar yuqori (30-40%). Bundan tashqari, suv taqsimoti ko‘p hollarda samarali boshqarilmaydi, bu esa suv tanqisligi muammosini yanada kuchaytiradi.

Suv xo‘jaligi infratuzilmasining texnik eskirganligi, kanallarni betonlashtirishning sustligi va suv o‘lchash tizimlarining yetarli darajada avtomatlashtirilmaganligi ham suv resurslaridan oqilona foydalanishga to‘sqinlik qilmoqda.

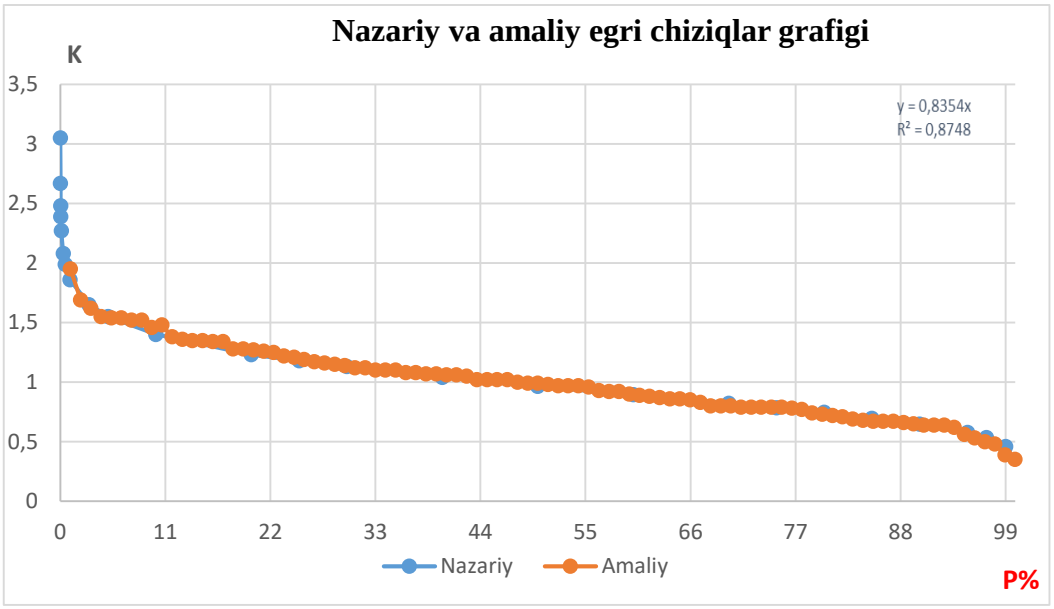
Iqlim o‘zgarishi natijasida Surxon-Sherobod havzasida qurg‘oqchilik chastotasi ortib, vegetatsiya davrining uzayishi kuzatilmoqda. Bu holat suvga bo‘lgan talabni sezilarli darajada oshiradi. Daryo oqimlarining kamayishi esa nafaqat qishloq xo‘jaligiga, balki ichimlik suvi ta’minoti va ekologik tizimlarga ham salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.

Suv resurslaridan kompleks foydalanishda matematik statistika ehtimollar nazariyasining instrumenti hisoblanadi va tabiiy suv resurslarini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. *Tadqiqotda tayanch gidropostlardan biri sifatida Surxondaryo daryosining Sho’rchi gidroposti tanlangan. O‘rtacha ko‘p yillik suv sarflari orqali oqim me’yorlari va suv resurslarining ehtimolligi hisoblab chiqilgan.*



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W/50%	117,48	106,96	188,24	212,64	464,58	416,99	219,47	60,34	71,29	90,65	88,58	86,24
W/75%	109,56	119,31	140,98	297,85	555,36	224,29	58,74	12,63	25,39	48,17	65,53	80,63
W/85%	91,08	76,47	108,14	218,86	269,67	0	149,79	31,24	17,81	44,55	68,38	79,3
W/95%	102,17	79,13	115,61	264,18	323,07	235,17	14,63	18,98	20,72	49,99	61,9	77,43

1-rasm. Surxondaryo-Sho’rchi oqimning umumlashgan gistogrammasi



2-rasm. Ta’minlanganlik nazariy egri chizig‘ini empirik egri chizig‘i bilan taqqoslash (C_s=2,5C_v) (Sho’rchi gidroposti)

Taqsimlanishning asosiy parametrlariga qatorning o‘rtacha arifmetik miqdori, o‘zgaruvchanlik va simmetriyalik tavsiflari ham kiradi. O‘rtacha arifmetik qiymat quyidagicha hisoblangan*:*

$$X_0 = \frac{\sum_1^n x_i}{n} \quad \text{yoki} \quad Q_0 = \frac{\sum_1^n Q_i}{n} \quad \text{yoki} \quad W_0 = \frac{\sum_1^n W_i}{n} \qquad (1)$$

Bu yerda: X_0 – o‘rtacha arifmetik qiymat; X_i – yillik o‘rtacha arifmetik qiymat; Q_o – suv sarfining me’yori; W_o – oqim me’yori; Q_i – o‘rtacha yillik suv sarfi; n –qatorlar soni.

Agar gidrologik miqdorlar qatori (Q_i) kamayib borish tartibida joylashtirilsa, ta’minlanish ehtimoli (P %) quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi [87; 7-b.]:

$$P = \frac{m}{n} * 100\%; \quad P = \frac{m}{n-1} * 100\%; \quad P = \frac{m-0,3}{n+0,4} * 100\% \qquad (2)$$

Bu yerda: m – qatorning kamayib borish tartibidagi tartib raqami (1,2,3,., n); n – qatorlarning umumiy soni.

1-jadval **Ер устки сув ресурсларининг эҳтимоллигини ҳисобланган**

Ko‘rsatkichlar	**Ta'minlanish, P %**			
	50	**75**	**85**	**95**
K_i	0,964	0,785	0,696	0,576
$W_x=K_i*W_0$ млн/м^3	2 136,28	1 739,61	1 542,38	1 276,45
$Q_x=W/T$ м^3/с	67,82	55,23	48,96	40,52

Surxondaryo daryosining suv resurslarini ifodalovchi asosiy gidropost Sho’rchi gidroposti hisoblanadi. 1-jadvalda Excel dasturi asosida Sho’rchi gidroposti ma’lumotlari bo‘yicha suv resurslarining ehtimolligi hisoblari keltirilgan.

O‘zgaruvchanlik darajasini belgilovchi sifatida o‘rtacha kvadratli farqdan foydalaniladi va ushbu ifoda bilan aniqlanadi. **X_i/X_0 (yoki X_i/X_{max})** qiymatni "K" (modul koeffitsiyenti) bilan almashtirganda, o‘zgaruvchanlik koeffitsiyenti quyidagi formula bilan hisoblangan:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_1^n (k-1)^2}{n}} = 0,45 \qquad (4)$$

Variatsiya koeffitsiyentining xatoligi quyidagi formula orqali topilgan:

$$\varsigma C_v = \pm\sqrt{\frac{1+C_v^2}{2n}} * 100\% = 8,17\ \% \qquad (5)$$

Ushbu hisobdan ko‘rinadiki, C_v ning xatoligi talab darajasida, chunki xatolik foizi 10 dan oshmagan.

C_v xatoligini tekshirish me’yorlari:

C_v= 0,2-0,3 = 20 %

C_v= 0,4-0,8 = 10 %

C_v > 0,8 = 5 %

Romanovskiy bo‘yicha o‘rtacha kvadratik chetlashish (yoyilish) n>30 bo‘lsa, maxrajda n bo‘ladi, n<30 bo‘lsa, maxrajda (n-1) bo‘ladi. Shuni inobatga olib, quyidagi formuladan foydalandik:

$$\varsigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n W_i^2 - W_0^2}{n}} \quad (3.5) \quad \text{yoki} \quad \varsigma = \frac{100}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{\sum_1^n (k-1)^2}{n}} = 0,047 \qquad (6)$$

Qatorning simmetriyasi quyidagi assimetriya koeffitsiyenti formulasi asosida hisoblanadi:

$$C_s = \frac{\sum_1^n (W_i - W_0)^3}{n\varsigma} \qquad (7)$$

yoki o‘lchovsiz qator uchun:

$$C_s = \frac{\sum_1^n (k-1)^3}{n\varsigma} \quad (3.8), \quad C_s = \frac{\sum_1^n (k-1)^3}{n * C_v^3} = 1,08 \qquad (8)$$

Assimetriya koeffitsiyentining xatoligi quyidagi formula bo‘yicha aniqlandi:

$$C_s = \pm\frac{1}{C_s}\sqrt{\frac{6}{n}(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)} * 100\% = 36,9\ \% \qquad (9)$$

Ma’lumki, aniq C_s ni hisoblash uchun qatorlar soni (n) 100 dan oshishi talab etiladi. Shuning uchun C_s ni ko‘p hollarda C_v ga nisbatan qabul qilinadi:

$$\frac{C_s}{C_v} = 0{,}5; 1{,}0; 2{,}0; 3{,}0; 4{,}0; 5{,}0 \qquad (10)$$

Yuqoridagilarga asoslanib nazariy ta’minlangan egri chizig‘ining asosiy parametrlari (X_0, C_v, C_s) aniqlandi.

Bevosita kuzatish ma’lumotlari asosida o‘zgaruvchanlik koeffitsiyenti C_v ni va asimmetriya koeffitsiyent C_s ($C_s = C_v$; $C_s = 1{,}5\ C_v$; $C_s = 2C_v$; $C_s = 2{,}5C_v$; $C_s = 3C_v$, $C_s = 3{,}5C_v$, $C_s = 4C_v$) larni hisoblab, Foster-Ribkin jadvalidan foydalangan holda ta’minlanganlik nazariy egri chizig‘i empirik egri chizig‘i bilan taqqoslangan (2-rasm). Agar nazariy egri chiziq grafigiga ($C_s=2{,}5C_v$) empirik nuqtalar yaqin joylashsa, demak u tanlangan tarqatish turiga to‘g‘ri keladi va trend bo‘lib hisoblanadi. Empirik nuqtalarning nazariy egri chiziqdan uzoq joylashishiga barham berish uchun egri chiziq parametrlarini, birinchi navbatda C_v ni aniqroq hisoblash tavsiya etiladi.

Hisoblangan C_s va C_v nisbati ($C_s=C_v$, $C_s=1{,}5C_v$, $C_s=2C_v$, $C_s=2{,}5C_v$, $C_s=3C_v$, $C_s=3{,}5C_v$, $C_s=4C_v$) bo‘yicha nazariy egri chiziqlar qurilgan va uning ustiga hisoblangan (K va P) parametrlar tushirildi. Amaliy ko‘rsatkichlar nazariy egri chiziqlar bilan tasdiqlandi (2-rasm). Qaysi nazariy egri chiziqqa empirik ma’lumotlar yaqinroq bo‘lsa, o‘sha nazariy egri chiziq asos qilib olindi.

Natijada, ko‘p yillik ma’lumotlarga asoslanib, har bir hisoblangan suv sarflariga Q_p yaqin kelgan o‘rtacha yilning suv sarfi aniqlangan va yillardagi o‘rtacha oylik suv sarflari olingan hamda har bir oy uchun quyidagi formula yordamida oqim hajmi hisoblangan (3.2–3.4-jadvallar):

$$W=Q_{\text{o‘rtacha oylik}}*T \qquad (11)$$

Bu yerda T – bir oydagi sekundlar soni.

2-jadval. Yer usti suvlari hajmining oylar bo‘yicha taqsimlanishi (Sho’rchi g/p)

Ko‘rsatkichlar	O‘lchov birligi	Yillik hajmi	Oylar												
			1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12
T	C	31,5	2,64	2,42	2,67	2,59	2,67	2,59		2,67	2,67	2,67	2,59	2,59	2,67
Q=50%	м³/с	67,40	44,5	44,2	70,5	82,1	174	161		82,2	22,6	26,7	35	34,2	32,3
W/50%	млн/м³		117,48	106,96	188,24	212,64	464,58	416,99		219,47	60,34	71,29	90,65	88,58	86,24
Q=75%	м³/с	55,30	41,5	49,3	52,8	115	208	86,6		22	4,73	9,51	18,6	25,3	30,2
W/75%	млн/м³		109,56	119,31	140,98	297,85	555,36	224,29		58,74	12,63	25,39	48,17	65,53	80,63
Q=85%	м³/с	48,70	34,5	31,6	40,5	84,5	101	145		56,1	11,7	6,67	17,2	26,4	29,7
W/85%	млн/м³		91,08	76,47	108,14	218,86	269,67	375,55		149,79	31,24	17,81	44,55	68,38	79,30
Q=95%	м³/с	43,40	38,7	32,7	43,3	102	121	90,8		5,48	7,11	7,76	19,3	23,9	29
W/95%	млн/м³		102,17	79,13	115,61	264,18	323,07	235,17		14,63	18,98	20,72	49,99	61,90	77,43

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, tanlab olingan tayanch gidropostlarning ko‘p yillik gidrologik ma’lumotlarining gidropostlaridagi oqim hisobining ishonchliligi yuqori bo‘lib, bu ta’minlanganlikning nazariy va amaliy egri chiziqlarida ko‘rinib turibdi. Demak, yuqoridagilardan kelib chiqib, havza suv resurslaridan kompleks foydalanishni amalga oshirish maqsadga muvofiq.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Surxon-Sherobod havzasida iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslarining kamayishi va notekis taqsimlanishi hudud ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga jiddiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Suvdan foydalanishning mavjud tizimi zamonaviy talablarni qondirmaydi va uni kompleks yondashuv asosida takomillashtirish zarur.

Suv tejovchi texnologiyalarni keng joriy etish, infratuzilmani modernizatsiya qilish, suvni boshqarishning integratsiyalashgan tizimini yo‘lga qo‘yish hamda aholining ekologik madaniyatini oshirish orqali hududda suv xavfsizligi ta’minlanadi va iqlim o‘zgarishining salbiy oqibatlarini yumshatish mumkin bo‘ladi.

Tadqiqot natijalari asosida Surxon-Sherobod havzasida suv resurslaridan kompleks foydalanishni takomillashtirish uchun quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Suv tejovchi irrigatsiya texnologiyalari: Tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish, fizika-gidravlik nazoratli sug‘orish tizimlarini bosqichma-bosqich joriy etish. Bu texnologiyalar suv sarfini sezilarli darajada (taxminan 30-40 %) kamaytirish imkonini beradi.
2. Infratuzilma modernizatsiyasi: Kanallarni betonlashtirish, yo‘qotishni kamaytirish uchun tarqatish tarmoqlarini qisqartirish, автоматизация va raqamli monitoring tizimlarini yaratish. Suv o‘lchov qurilmalari va real-vaqt monitoring ma’lumotlari asosida boshqaruvni yaxshilash.
3. Integratsiyalashgan suv resurslari boshqaruvi (ISRB**):** Suvdan foydalanish, ekologik ehtiyojlar va iqtisodiy jihatlar o‘rtasida muvozanatni saqlaydigan boshqaruv modelini joriy etish. Bu - hududiy suv foydalanuvchilar uyushmalari, mahalliy hokimiyat vakillari va suv xo‘jaligi organlari o‘rtasida hamkorlikni kuchaytirishni anglatadi.
4. Qayta foydalanish va suv tejash mexanizmlari: Drenaj va chiqindi suvlarini qayta ishlash, suv sarfini cheklash, texnologik suvlardan foydalanishni rag‘batlantirish.
5. Mahalliy bosqichdagi xabardorlik va ishtirokchilik: Aholi, dehqonlar va suv foydalanuvchilari o‘rtasida suv tejash hamda samarali foydalanish bo‘yicha treninglar, seminarlar o‘tkazish. Suv foydalanuvchilari uyushmalarining faoliyatini mustahkamlash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, Atrof-Muhitni Muhofaza Qilish va Iqlim O‘zgarishi Vazirligi. Hisobotlari, 2023-2024.
2. Dukhovny V.A., Sokolov V.I., Ziganshina D.R. Integrated Water Resources Management in Central Asia, as a way of survival in conditions of water scarcity // Quaternary International (2013) 311, P. 181-188.
3. Karimov A., Rahmonov S. “O‘zbekistonda janubiy hududlarda suv resurslarining shakllanishi va boshqaruvi.” *Toshkent Irrigatsiya Universiteti Jurnali*, 2022.
4. Valiyev X., Muradov Sh.O. Suv resurslaridan mukammal foydalanish va muhofaza qilish. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2010. -166 b.
5. Food and Agriculture Organization (FAO). *Water resources and climate change in Central Asia*. Rome, 2021.
6. IPCC. *Sixth Assessment Report (AR6)*. 2023.
7. “Suv kodeksi” O‘zbekiston Respublikasi. Toshkent, 2021.

TO’QIMACHILIK SANOATI OQAVA SUVLARINI TOZALASHDA ISHLATILINADIGAN POLIKATIONIT- KUCHLI KISLOTALI SULFOKATIONITLARNING OLINISH JARAYONI VA ULARNING OQAVA SUVLARNI TOZALASHDA QO’LLANILISHI

Qodirov Orifjon Sharifovich
O’zbekiston Milliy Universiteti
Shodmonova Sarvinozxon G’ani qizi
Atrof muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy -tadqiqot instituti.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida to’qimachilik sanoati oqova suvlari tarkibidagi asosiy ifloslantiruvchi komponentlar — og‘ir metall ionlari, qattiqlik kationlari, bo‘yoq qoldiqlari va organik moddalarni samarali olib tashlashda sulfokationitlarning qo‘llanish imkoniyatlari o‘rganildi. Tadqiqotda antratsensulfo kislota va formaldegidning polikondensatsiya mahsuloti asosida olingan kuchli kislotali sulfokationitning fizik-kimyoviy xossalari va ion almashinuv sig‘imi baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, mazkur kationit Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+} va Cr^{3+} kabi kationlarni suvdan 90–99 % gacha samaradorlik bilan ajratib oladi, suvning qattiqligini keskin kamaytiradi hamda ranglilik va kislorodga bo’lgan kimyoviy ehtiyoj ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada pasaytiradi [1]. Ion almashinuv jarayonining yuqori selektivligi va regeneratsiya imkoniyati uni tekstil chiqindi suvlarini chuqur tozalashning iqtisodiy samarali usullaridan biri sifatida qo‘llashga imkon beradi. Olingan sulfokationitning strukturaviy barqarorligi va kimyoviy chidamliligi uning amaliy qo‘llanish doirasini yanada kengaytiradi.

Kalit so’zlar: sulfokationit, polikondensat, antratsensulfo kislota, formaldegid, ion almashinuv, og’ir metal ionlarini chiqarish, to’qimachilik oqava suvlarini tozalash.

Аннотация. В данной работе исследовано применение сульфокатионитов для очистки сточных вод текстильной промышленности, содержащих тяжёлые металлические ионы, ионы жёсткости, остатки красителей и органические примеси. Изучены физико-химические свойства и ионообменная способность сильнокислотного сульфокатионита, полученного на основе поликонденсации антрацензульфокислоты с формальдегидом. Экспериментальные результаты показали, что данный катионит эффективно удаляет из воды ионы Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+} и Cr^{3+} с эффективностью 90–99 %, значительно снижает общую жёсткость, а также уменьшает мутность, цветность и значения ХПК сточных вод. Высокая селективность ионообменного процесса и возможность регенерации материала делают полученный сульфокатионит экономически выгодным и перспективным сорбентом для глубокой очистки текстильных сточных вод. Структурная стабильность и химическая стойкость материала расширяют области его практического применения.

Ключевые слова: сульфокатионит, антраценсульфокислота, поликонденсация формальдегида, ионообмен, текстильные сточные воды, удаление тяжёлых металлов, умягчение воды, сильнокислотный катионит, эффективность сорбции.

Annotation. This study investigates the application of sulfocationites for the purification of textile industry wastewater containing heavy metal ions, hardness ions, dye residues, and organic contaminants. The physicochemical properties and ion-exchange capacity of a strong-acid sulfocationite synthesized via the polycondensation of anthracenesulfonic acid with formaldehyde were examined. Experimental results demonstrated that this cation exchanger effectively removes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} /Fe^{3+} , Cu^{2+} , and Cr^{3+} ions from wastewater with an efficiency of 90–99%, significantly reduces water hardness, and decreases turbidity, color, and COD values. The high selectivity of the ion-exchange process and the regenerability of the material make the obtained sulfocationite a cost-effective and promising adsorbent for the deep treatment of textile

wastewater. The structural stability and chemical resistance of the polymer further expand its practical applicability.

Key words: sulfocationite, anthracenesulfonic acid, formaldehyde polycondensation, ion exchange, textile wastewater, heavy metal removal, water softening, strong-acid cation exchanger, sorption efficiency.

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi shundaki, bugungi kunda to‘qimachilik sanoati katta miqdorda suv resurslarini ishlatadi va uning chiqindi suvlari turli kimyoviy moddalar bilan ifloslanadi, jumladan, qattiqlik kationlari (Ca^{2+}, Mg^{2+}), og‘ir metall ionlari (Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}, Cr^{3+}), yuzaki faol moddalar va turli turdagi bo‘yoqlar (azo, reaktiv, kationik va vat bo‘yoqlar), bu esa suvning ranglilik, KBBE/KBKE ko‘rsatkichlarini oshirib, ekologik muammolarni keltirib chiqaradi, an’anaviy tozalash usullari esa barcha ifloslantiruvchilarni samarali yo‘q qila olmaydi, shuning uchun polikationitlar, xususan kuchli kislotali sulfokationitlar, oqova suvlarni chuqur tozalashda muhim vosita hisoblanadi, ular suvdagi kationlarni (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}, Cr^{3+}) selektiv ravishda ushlab qoladi, shuningdek, bo‘yoqlar bilan kompleks hosil qiluvchi metall ionlarini olib tashlab suvning ranglilik va kimyoviy yukini sezilarli darajada kamaytiradi, shu orqali suv yumshaydi va qayta ishlatish yoki atrof-muhitga chiqarish uchun moslashadi, va ushbu ishning maqsadi polikationit — kuchli kislotali sulfokationitlarning olinish jarayonini o‘rganish hamda ularning turli turdagi bo‘yoqlar bilan ifloslangan to‘qimachilik sanoati oqava suvlarini tozalashda qo‘llanilish samaradorligini aniqlashdir [2],[3].

Tadqiqot uslublari.

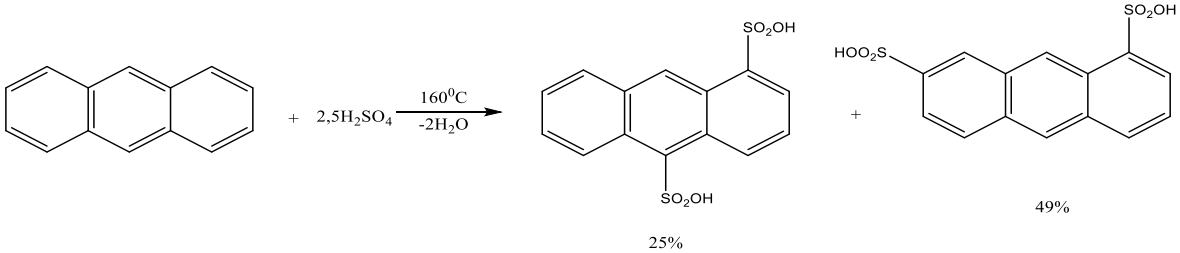
1. To’qimachilik sanoati suvlaridan ГОСТ 31861-2012 standarti asosida suv namunalirini olish.

2. To’qimachilik sanoati oqava suvining birlamchi parametrlarini ya’ni, harorat, pH-vodorod ko’rsatkich, EC-elektr o’tqazuvchanlik, TDS-suvdagi umumiy qattiq moddalar miqdori, DO-suvdagi erigan kislorod, nitrat ionlari, nitrit ionlari, sulfat va fosfat ionlarining miqdori kislorodga bo’lgan kimyoviy ehtiyoj, analitik portativ (ko’chma) qurilma - Horiba EC-33 orqali o’lchash [4].

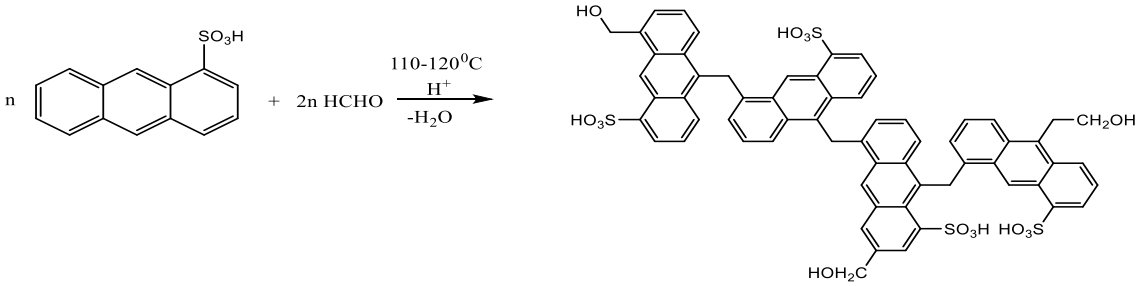
3. Kuchli kislotali sulfokationitni sintez qilish.

Piroliz jarayoni ikkilamchi mahsuloti tar mahsulot asosida olingan sulfokationit ishlab chiqarish texnologiyasi bir nechta bosqichlardan iborat bo’lib quyida jarayonlar sharoiti va reaksiya tenglamalari keltirilgan:

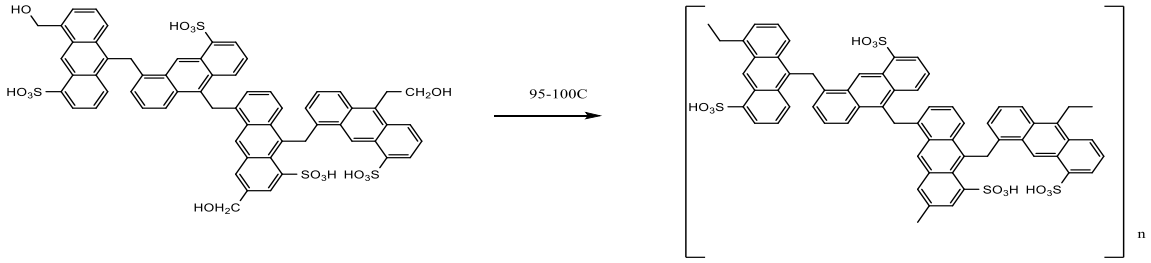
- Tar mahsulotni fraksion haydash orqali 320-360^{0}C oralig’idagi antratsen fraksiyasi ajratib olinadi [5].
- Olingan antratsen fraksiyasi konsentrlangan sulfat kislota ishtirokida(1:2,5-3 mol nisbatda) 4-8 soat davomida sulfolanadi.



- Olingan sulfomassa bosim ostida ishlaydigan idishga solindi va 35% li formalin bilan(dastlabki antratsen va formaldegid mol nisbati 1;2,1)harorat 110-120°C, 35atm bosimda polikondensatlanadi



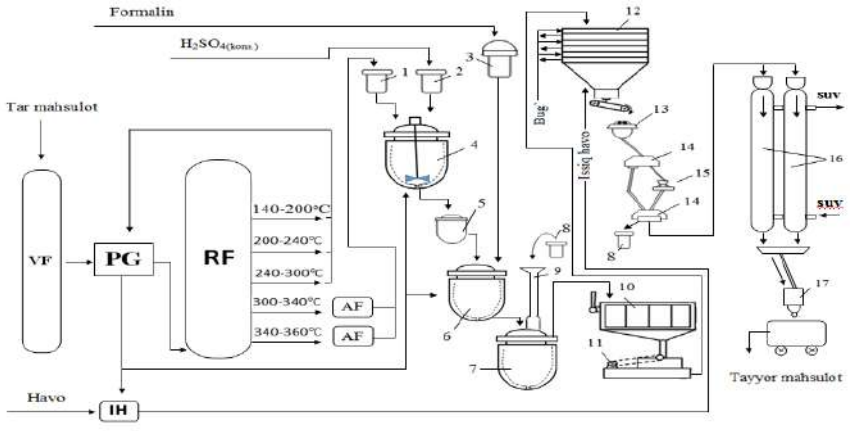
- Sintez qilingan, polikondensat sovitildi va mexanik maydalanib polikondensatsiyani oxiriga yetkazish uchun 18-24 soat davomida 95-100 °C da qizdirildi[6].



Ikkilamchi tar mahsulot asosida sulfokationit ishlab chiqarish texnologiyasi uchta liniyadan iborat bo’lib, bu liniyalar uzliksiz ishlaydi va quyidagicha tavsiflanadi[7].

1- rasmda antratsen fraksiyasidan sulfokationit ishlab chiqarish texnologiyasi sxemasi berilgan.

Dastlab 1-liniyada ikkilamchi mahsulot tar mahsulotdan antratsen fraksiyasini ajratib olish uchun Reaktreaktiv kolonnada da fraksiyalanadi va tozalanadi. Olingan antratsen fraksiyasi 2-o’lchash idishiga yuboriladi. antratsen fraksiyasi 4 - sulfuratorda sulfolanadi. Olingan sulfomassa 5-reaktorda formalin bilan polikondensatlanadi va oligomer sintez qilinadi. So’ngra 10 - quritish kamerasida quritilib, 11 - maydalagichda maydalaniladi. Polikondensatlanishni oxirigacha yetkazish uchun 12-qurilmada qizdiriladi. So’ngra 13,15 - maydalagich yordamida maydalanib, 16-elaklar yordamida fraksiyalanadi. Olingan fazoviy tuzilishli sulfokationit 16 - yuvish ustunlari yordamida ortiqcha sulfat kislota yuviladi va 17 - sentrifugalanib tayyor mahsulot olinadi[8].



1-rasm. Antratsensulfo kislota va formaldegidning polikondensatsiya mahsuloti asosida kuchli kislotali sulfokationitni ishlab chiqarish jarayoni sxemasi.

1-rasmda: 1 - antratsen o’lchash idishi; 2 - konsentrlangan sulfat kislota o’lchash idishi; 3 - formalin o’lchash idishi; 4 - sulfurator; 5 - sulfomassa o’lchash idishi; 6 - oligomer sintezi uchun reaktor; 7 - sovituvchi reaktor; 8 - kukun uchun idish; 9 – varonka;

10 - quritish kamerasi; 11 - maydalagich; 12 - yakuniy kondensatsiya uchun qurilma; 13 - rolikli maydalagich; 14 - tebranuvchi elaklar; 15 - diskli maydalagich 16 - yuvish ustunlari; 17 -sentrifuga.

Antratsensulfo kislota asosida kationit olishning texnologik jarayoni 1-rasmda ko’rsatilgan.

Sulfat kislotasi va oldindan eritilgan antratsen 1, 2 orqali sulfuratorga 4 ga beriladi. Avval sulfat kislotasi solinadi, so'ngra asta-sekin kristall antrasen qo'shiladi. Reaksiya 160-165^{0}C haroratda olib boriladi. Antratsenni sulfolash quyidagi tarkibiy qismlarning massa nisbatida (100% mahsulotlarni hisobga olgan holda) amalga oshiriladi:

Antratsen (g)	178
Sulfat kislota (g)	196

Barcha antratsen qo'shilgandan so'ng, reaksiya 4-6 soat davomida bir xil haroratda davom ettiriladi. Keyin reaksiya aralashmasi (sulfomassa) 90-120 °C gacha sovutiladi va formaldegid bilan polikondensatsiya qilish uchun 5-reaktorga o'tkaziladi. Polikondensatsiya quyidagi massa nisbatida amalga oshiriladi:

Sulfomassa (g)	168
Formaldegid (g)	30

Birinchi hisoblangan formalin miqdori 3-reaktordan yuklanadi, so'ngra aralashtirib turilgan holda sulfomassa asta-sekin kiritiladi. Barcha sulfomassa kiritilgandan so'ng, reaktsiya aralashmasi 3-5 soat davomida 110-160°C da saqlanadi. Keyin reaksiya massasi o'lchagich 8 orqali reaktor 9 ga yuklanadi. Aralashma 10-15 daqiqa davomida aralashtiriladi va 10-kameraga o'tkaziladi, bu erda sovutiladi shundan so’ng aralashma qattiqlashadi[9].

Qattiq holdagi oligomer maydalanib kondensatsiyaning oxirgi bosqichiga o'tadi. Maqsad fazoviy tuzilishga ega bo'lgan kationitni olishdir. Kondensatsiya oxirigacha borishi uchun 12-da kationit 24 soat davomida 90-100°C haroratda o'tadi. Ushbu bosqichda kation almashtirgich dastlabki massaning 15-17% gacha yo'qotadi. Keyin, kationit rolikli maydalagich 13-da maydalanadi, 14 elakdan o’tkaziladi[10]. Maydalanmagan qoldiq diskli maydalagich 15-da o’tkaziladi va 0,3-1,3 mm o’lchamdagi zarrachalarni olish uchun tebranish elaklarida 14-dan o’tkaziladi. Elakdan o’tgan kukn holdagi kationit 8-idishga yig’ib olinadi. Olingan kationitdan erkin sulfat kislotani olib tashlash uchun suv bilan yuviladi. Yuvish 16-ustunlarda sulfat kislota miqdori 0,008% dan ko'p bo’lmaguncha amalga oshiriladi. Keyin kationit 63% namligigacha sentrifugalanadi va qadoqlanadi [11],[12].

4. Ion almashinuvi orqali suvni tozalash.

Ion almashinuvi - bu **kimyoviy jarayon**, unda suvdagi ifloslantiruvchi kationlar (masalan, **Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}, Cr^{3+}) kation almashuvchi polikationit (kuchli kislotali sulfokationit)** tarkibidagi H^+ ioniga almashtiriladi [11],[12].

Oqava suv tarkibidagi **Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}, Cr^{3+}** kabi kationlarni o‘zida ushlab qoladi. Suvdagi kationlar **polikationit bilan kompleks hosil qiladi**, H^+ ioni suvga chiqariladi:

$$R{-}SO_3H + M^{2+} \rightarrow (R{-}SO_3)_2M + 2H^+$$

5. Oqava suvni polisulfokationit orqali tozalashdan so’ng olingan suvning analitik tahlili.

Ushbu jarayonda suvni analitik tahlil qilishda UV-5100 qurilmasi orqali spektrofotometrik tahlil amalga oshirildi va suvdagi ionlar, jumladan, nitrit, nitrat, sulfat, fosfat, **Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}, Cr^{3+} ionlari tahlili amalga oshirildi**. Kislorodga bo’lgan kimyoviy ehtiyoj – Флюорат qurilmasi yordamida fluroesentrik usul yordamida aniqlandi. TDS-gravimetrik usul yordamida, pH-potensiometriya usuli yordamida aniqlandi.

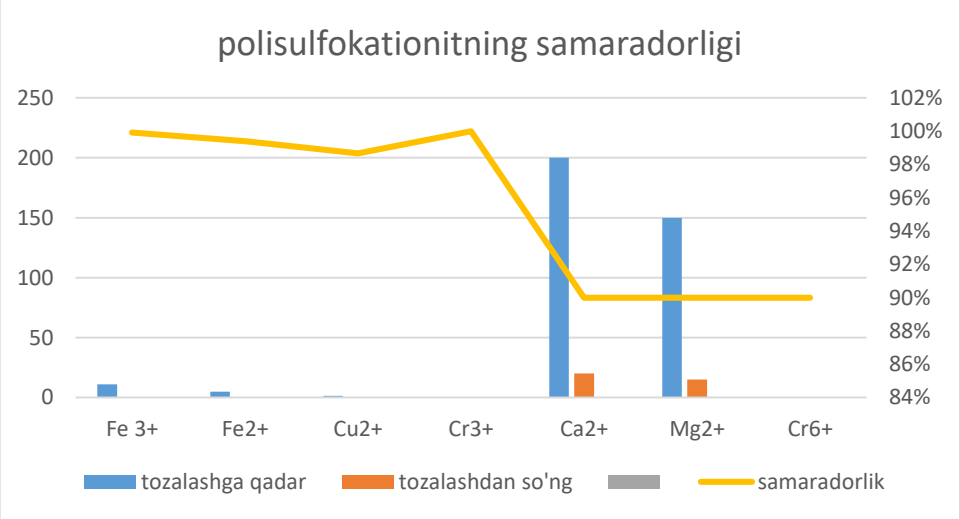
6. Ionik sorbentning samaradorligini aniqlash.

To’qimachilik sanoati oqava suvining tozalashgacha bo’lgan va tozalashdan so’nggi davrlarida olingan natijalari asosida ionic sorbent-polisulfokationitning samaradorligini aniqlash.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi.

Ushbu tadqiqot ishinida olingan polisulfokationitning samaradorligini aniqlash maqsadida tozalashdan avvalgi oqava suv natijalari hamda tozlalashdan so’ng olingan namunalar natijalari taqqsolandi va diagramma yaratildi. 1-diagramma.

Quyidagi 1-diagrammada sintez qilib olingan polisulfokationitning to’qimachilik oqava suvini tozalashdagi samaradorligi keltirilgan.



1-diagramma. Polisulfokationitning samaradorligi.

1-diagrammadan ko’rinib turibdiki, ushbu tadqiqotda polisulfokationitning samaradorligi 90-99% ni tashkil etadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, antratsensulfo kislota va formaldegid polikondensatsiya mahsuloti asosida olingan kuchli kislotali sulfokationit to‘qimachilik sanoati oqova suvlarini og‘ir metall ionlari, jumladan Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{2+}, Cr^{3+} kabi ionlardan 90-99% gacha samaradorlik bilan tozalash uchun yuqori samarali sorbent hisoblanadi. Kationit oqova suvlarning rangliligi va organik yuklanishini (kislorodga bo‘lgan kimyoviy ehtiyoj ko‘rsatkichini) ham sezilarli darajada pasaytiradi. Tadqiqot asosida ushbu sulfokationitni sanoat miqyosida joriy etish, regeneratsiya jarayonini optimallashtirish, boshqa tarmoqlarda sinovdan o‘tkazish va monitoring tizimini takomillashtirish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Turobjonov S.M., Tursunov T., Pulatov X. Oqova suvlarni tozalash texnologiyasi. Darslik. -T.: 2010. -256 b.
2. Musayev M. Sanoat chiqindilarini tozalash texnologiyasi asoslari. Darslik. -T.: O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011.
3. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. В 3-х частях. Ч. 2. Москва: Мир, 1969.
4. Вейцер Ю.И., Кафаров В.В. Очистка промышленных сточных вод. Физико-химические методы. Москва: Стройиздат, 1977.
5. Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. Water Treatment: Principles and Design. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2012.
6. Ahmad, A. L., Sumathi, S., & Hameed, B. H. "Adsorption of reactive azo dye (Reactive Orange 4) from aqueous solution by adsorption onto activated carbon, zeolite and clay: A comparative study." Chemical Engineering Journal, 2005, vol. 113, no. 2-3, pp. 129-136.

7. Sielaff, C., u. a. “Applications of some polyelectrolytes for the treatment of surface waters”. ResearchGate, 2015.
8. Oladoja, N. A. “Polymers for Coagulation and Flocculation in Water Treatment”. Polymeric Materials for Clean Water, 2018.
9. “Role of Polyelectrolytes in the Treatment of Water and Wastewater”. Sustainable Green Chemical Processes and their Allied Applications, 2020, pp. 289-309.
10. Hasanov, A. A. (2022). "ADSORPTION TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER CONTAMINATED WITH SYNTHETIC DYES." *Azerbaijan Chemical Journal*.
11. Yang, X., López-Grimau, V., Vilaseca, M., & Crespi, M. (2020). "Treatment of Textile Wastewater by CAS, MBR, and MBBR: A Comparative Study from Technical, Economic, and Environmental Perspectives." *Water*.
12. Holkar, C. R., et al. (2018). "A review on the textile wastewater treatments: Methods, technologies, and current status." *Applied Water Science*.
13. Jain, R., et al. (2020). "Physicochemical methods for the treatment of textile wastewater: an overview." *Environmental Science and Pollution Research*

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE QUANTITY AND QUALITY INDICATORS OF WATER RESOURCES IN THE AMU DARYA AND SYR DARYA RIVER BASINS UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS

Gapporov Khairillo Lutpillaevich[1], Kulmatov Rashid Anorovich[2]
[1]Independent researcher, Ph.D. , [2]Professor of the National University of Uzbekistan, Ds.

Abstract. Currently, as a result of climate change and anthropogenic factors, depletion and pollution of water resources have become one of the main environmental problems. This paper is designed to ascertain the volume and quality of water resources within the Uzbekistan territory of the Amu Darya and Syr Darya, assesments of the concentration of heavy metals in the river water, evaluate the mineralization and quantity of collector-drainage waters generated in this region, and comprehensively evaluate the primary factors contributing to the pollution of the river water.

In the Amu Darya and Syr Darya basins, the level of water supply to Uzbekistan during the vegetation period has decreased by an average factor of 1.03 in 2020–2024 compared to 2010–2014. For the inter-season vegetation periods, water supply has decreased by an average factor of 1.08 in 2020–2025 compared to 2010–2015.

The mineralization level of the Amu Darya water has increased from the middle to the lower reaches by a factor ranging from 1.34 to 1.90, while in the Syr Darya, it has increased from the upper to the middle reaches from 1.54 to 2.34.

In the Amu Darya, the average concentration of copper ions increased from 1.1 to 1.5 times, zinc ions from 1.1 to 7.3 times, and chromium (VI) from 1.1 to 1.8 times from the middle to the lower reaches. In the Syr Darya, copper ion concentration increased from 1.4 to 2.6 times, zinc ions from 1.7 to 7.1 times, and chromium (VI) from 1.1 to 2.3 times from the upper to the middle reaches.

In the collectors of the Amu Darya basin, the total volume of collector-drainage waters ranges from 6.01 to 9.2 km^3 per year, with mineralization levels between 1.33 and 6.17 g/L. The amount of salts formed annually varies from an average of 19.0 million tons to 27.8 million tons. In the collectors of the Syr Darya basin, the total annual volume of collector-drainage waters ranges from 11.4 to 16.5 km^3, with mineralization levels from 0.62 to 4.31 g/L. The annual amount of salts formed ranges from an average of 12.6 million tons to 20.1 million tons.

Key words: *Amu Darya, Syr Darya, heavy metals, collector- drainage waters, mineralization, quality changes..*

Annotasiya. Bugungi kunda jahonda iqlim o‘zgarishlari va antropogen omillar ta’siri natijasida mavjud suv resurslarining kamayishi va ifloslanishi asosiy global ekologik muammolardan biriga aylandi.

Ushbu makola Amudaryo va Sirdaryoning O‘zbekiston qismidagi suv resurslarining miqdori, sifati va daryo suvi tarkibidagi og‘ir metallar miqdori, mazkur hududda hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining minerallashuvi va miqdorini aniqlash hamda daryo suvi ifloslanishiga sabab bo‘luvchi asosiy omillarni baholashga bag‘ishlangan.

Amudaryo va Sirdaryo havzasida vegetasiya davri uchun 2010-2014 yillarga nisbatan 2020-2024 yillarga kelib, O‘zbekistonni suv bilan ta’minlanish darajasi o‘rtacha 1,03 barobarga kamaygan bo‘lsa, vegetasiya davrlari oralig‘i mavsumi uchun 2010-2015 yillarga nisbatan, 2020-2025 yillarga kelib, suv bilan ta’minlanish darajasi o‘rtacha 1,08 barobarga kamaygan.

Amudaryo suvining minerallashuv darajasi o‘rta qismidan quyi qismiga qadar 1,34 barobardan 1,90 barobargacha ortib borgan bo‘lsa, Sirdaryoning yuqori qismidan, o‘rta qismiga qadar 1,54 barobardan 2,34 barobargacha ortgan.

Amudaryoning o‘rta qismidan quyi qismiga qadar mis ioni miqdorining o‘rtacha qiymati 1,1 barobardan 1,5 barobargacha, rux ioni miqdori 1,1 barobardan 7,3 barobargacha, xrom (VI) miqdori 1,1 barobardan 1,8 barobargacha ortgan, Sirdaryoning yuqori qismidan o‘rta qismiga qadar mis ioni miqdorining o‘rtacha qiymati 1,4 barobardan 2,6 barobargacha, rux ioni miqdori 1,7 barobardan 7,1 barobargacha, xrom (VI) miqdori 1,1 barobardan 2,3 barobargacha ortib borgan.

Amudaryo havzasi kollektorlarida hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining umumiy miqdori yiliga 6,01-9,2 km3, minerallashuvi 1,33-6,17 g/l ni tashkil kilib, hosil bo‘layotgan tuz miqdori yillik o‘rtacha 19,0 mln. tonnadan 27,8 mln. tonnagacha o‘zgarib turgan. Sirdaryo havzasi kollektorlarida hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining umumiy miqdori yiliga 11,4-16,5 km3, minerallashuvi 0,62-4,31 g/l ni tashkil kilib, hosil bo‘layotgan tuz miqdori yillik o‘rtacha 12,6 mln. tonnadan 20,1 mln. tonnagacha o‘zgarib turgan.

Kalit so‘zlar: Amudaryo, Sirdaryo, og‘ir metallar, kollektor-zovur suvlari, minerallashuv, sifat o‘zgarishlari, miqdor o‘zgarishlari, baholash.

Аннотация. В настоящее время сокращение и загрязнение имеющихся водных ресурсов под воздействием глобальных климатических изменений и антропогенных факторов превратилось в одну из основных мировых экологических проблем.

Данная статья посвящена определению количества и качества водных ресурсов в узбекской части Амударьи и Сырдарьи, содержанию тяжёлых металлов в речной воде, уровню минерализации и объёму коллекторно-дренажных вод, формирующихся в данном регионе, а также оценке основных факторов, вызывающих загрязнение речной воды.

В вегетационный период уровень обеспеченности Узбекистана водой в бассейнах Амударьи и Сырдарьи в 2020–2024 годах по сравнению с 2010–2014 годами уменьшился в среднем в 1,03 раза, а в межвегетационный сезон обеспеченность водой в 2020–2025 годах по сравнению с 2010–2015 годами снизилась в среднем в 1,08 раза.

Уровень минерализации воды Амударьи от среднего течения к нижнему течению увеличился от 1,34 до 1,90 раза, тогда как в Сырдарье — от верхнего течения к среднему течению — рост составил от 1,54 до 2,34 раза.

От среднего течения Амударьи к её нижнему течению средние показатели содержания ионов меди увеличились от 1,1 до 1,5 раза, содержания ионов цинка — от 1,1 до 7,3 раза, а концентрация хрома (VI) — от 1,1 до 1,8 раза. От верхнего течения Сырдарьи к её среднему течению средняя концентрация ионов меди возросла от 1,4 до 2,6 раза,

содержание ионов цинка — от 1,7 до 7,1 раза, а концентрация хрома (VI) — от 1,1 до 2,3 раза.

Общий объём коллекторно-дренажных вод, формирующихся в бассейна Амударьи, составляет 6,01–9,2 км³ в год, их минерализация — 1,33–6,17 г/л, а годовое количество образующихся солей изменяется в среднем от 19,0 млн тонн до 27,8 млн тонн. В коллекторах бассейна Сырдарьи общий объём формирующихся коллекторно-дренажных вод составляет 11,4–16,5 км³ в год, их минерализация — 0,62–4,31 г/л, а годовой объём образующихся солей варьируется в среднем от 12,6 млн тонн до 20,1 млн тонн.

Ключевые слова: *Амударья, Сырдарья, тяжёлые металлы, коллекторно-дренажные воды, минерализация, изменения качества, изменения количества, оценка.*

INTRODUCTION

Global climate change, population growth, the expansion of economic sectors, and their increasing annual demand for water have led to a growing shortage of water resources. Preventing the pollution and scarcity of water resources and ensuring their rational and efficient use has become one of the most urgent issues of today.

It is known that the Aral sea basin (ASB) includes five Central Asian countries, Uzbekistan, Kazakhstan, Tajikistan, Kyrgyzstan, and Turkmenistan, covering a total area of 3,882,000 km², with an irrigated land area of 7.95 million hectares [1,2]. The water resources of ASB countries mainly consist of those in the Amu Darya and Syr Darya river basins, with an average multi-year surface water volume of 126 km³ and an additional 14.7 km³ of groundwater reserves [3–6].

Water scarcity and the degradation of water and land resources are observed in all ASB countries, negatively impacting the sustainable development of these nations [7–9]. Due to climate change, rising air temperatures are increasing evaporation rates in river basins, and in high-altitude areas, the accelerated melting of snow and glaciers is further reducing available water resources [10–13].

In the ASB countries, the agricultural sector accounts for the majority of water consumption, followed by industrial and municipal water use [14,15].

From irrigated lands across the ASB, an estimated 55.0–60.0 million tons of salts are discharged annually into collector-drainage networks, contributing to the pollution of water resources. The salt composition includes high levels of calcium bicarbonate, calcium, magnesium, sodium sulfate, and sodium chloride [16–18].

The impact of agricultural activities on the quality of the Amu Darya and Syr Darya water resources has been studied. It has been established that the main cause of negative effects is the continuous use of mineral fertilizers and pesticides in agriculture. As water flows from the upper to lower reaches of the rivers, increases in mineralization and concentrations of various substances in the water have been observed [19–26].

Assessments have been conducted on the quantity and quality of collector-drainage waters in the Syr Darya basin, the impact of agricultural activities on water quality, soil salinization in irrigated areas, the hydroecological condition of the Syr Darya delta, and the concentrations of heavy metals in the Syr Darya River [19].

Due to the discharge of collector-drainage waters formed after agricultural irrigation, along with insufficiently treated industrial and domestic wastewater into the rivers, the mineralization level of water resources, as well as the concentrations of heavy metals and other pollutants, has increased and this process continues to this day [27–31].

Several studies have been carried out to analyze the level of river water pollution in various regions of Uzbekistan. Within the territory of Uzbekistan, the concentrations of heavy metals such as Hg, Cr, Cd, Co, U, Zn, Sc, Fe, Br, Au, and Sm in the Amu Darya and Syr Darya rivers have

been studied using neutron activation and radionuclide methods. In river waters, heavy metals are found in the form of cationic, anionic colloidal, and neutral compounds. For most of the metals studied, the neutral and colloidal forms accounted for approximately 40% [29].

Alongside the pollution of the Syr Darya river, elevated concentrations of nitrates, salts, and heavy metals have also been identified in its waters. The average concentration of copper consistently exceeded the permissible limits [32].

In the Small Aral Sea and the downstream Syr Darya river, the concentrations of several metals, including rare earth elements, have been examined. High levels of Al, As, Cd, Pb, and U were detected. Meanwhile, concentrations of B, Ba, Cr, Cu, Se, and Ni in the river water were found to be below the standards set by the World Health Organization [33].

Research has also been conducted to develop improved methods for accurately estimating water consumption in irrigated oases of Central Asia using remote sensing technologies [34].

The influence of irrigation practices on the volume of water resources in Central Asia has been studied, including an analysis of the spatial dynamics of water resources across the region from climate and water sources to agricultural fields. This research utilized satellite data from GRACE(FO) to measure changes in terrestrial water storage (TWS), as well as MODIS-derived data on snow cover [35].

The aim of this research is to evaluate the changes in the quantity and quality of water resources in the Uzbekistan sections of the Amu Darya and Syr Darya, two main rivers of the ASB countries. It also seeks to assess the spatiotemporal dynamics of heavy metal concentrations in river water, determine the mineralization and volume of collector-drainage waters generated in this region, identify the main factors contributing to river water pollution, and provide recommendations for the protection of these water resources.

RESEARCH OBJECT AND METHODS

The object of the study is the territory of Uzbekistan, specifically the middle and lower reaches of the Amu Darya (*Figure 1a*) and the middle reaches of the Syr Darya (*Figure 1b*) rivers .

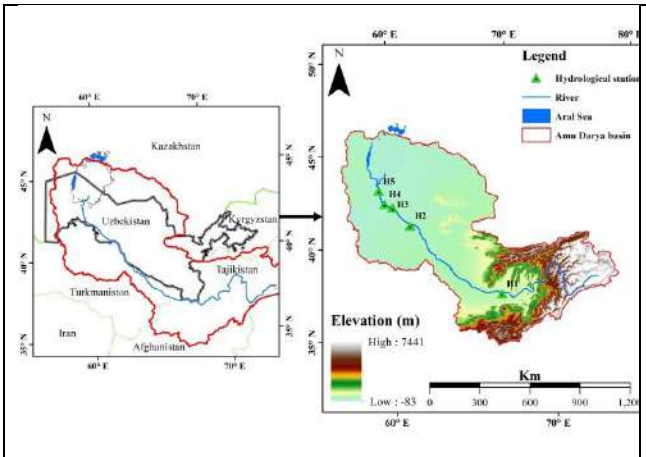


Figure 1a. *Location of the ADR basin and spatial distribution of hydrological stations in Uzbekistan ("H" indicates hydrological stations). The Digital Elevation Model is from the Shuttle Radar Topography Mission (https://srtm.csi.cgiar.org).*

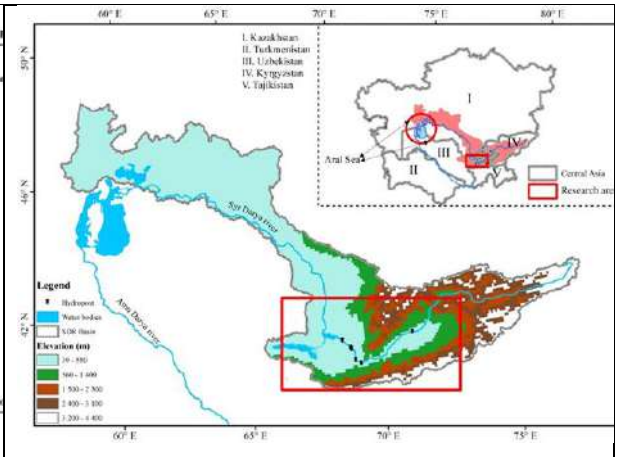


Figure 1b. *The study area with hydro-meteorological stations*

2.1. Climate

The Amu Darya and Syr Darya basins consist of two distinct parts in terms of relief: mountainous regions, where the main river flows are generated, and plains, where the river flow is expended.

The extensive length of the Amu Darya and Syr Darya basins, the significant variation in elevation along the river courses, and the diversity of relief and landscape forms—from high mountain ranges covered with perennial snow and glaciers to hot waterless deserts—result in a wide range of climatic conditions.

The Amu Darya basin is characterized by a continental climate, distinguished by hot and sunny days, due to its location far from seas and oceans. Most of the basin is occupied by the sandy deserts of the Kyzylkum and Karakum, as well as vast plains of semi-deserts that are notable for their aridity.

The climate of the Amu Darya basin is marked by sharply continental and arid conditions, with high, stagnant temperatures in summer and unstable, low temperatures in winter. Air temperature varies significantly over months and throughout the year. Precipitation is low in the upper parts of the basin and unevenly distributed across seasons. Winters are short, and the frequent alternation of cold and warm temperatures, early onset of spring, scorching and dry summers, characterize the climate [36].

The climate of the Syr Darya basin is characterized by sharply continental and arid conditions, with high and stagnant temperatures in summer, unstable and low temperatures in winter, and pronounced fluctuations in temperature over months and throughout the year. Precipitation is low and unevenly distributed across seasons. Winters are short, with frequent alternation of cold and warm periods, early onset of spring, and rapid transition to scorching, dry summers [36].

In the Amu Darya basin, the average annual precipitation is 220 mm, and in the lower reaches of the Amu Darya, it does not exceed 100 mm. In the middle course of the river, the average annual temperature ranges from +14 to +17 °C, in winter from +1 to +2 °C, and in summer from +30 to +32 °C. In the lower course, the average annual temperature ranges from +11 to +14 °C, in winter from -4 to -6 °C, and the annual sum of positive temperatures reaches 5000–5500 °C, rising up to 6000 °C in the far south and desert areas. Intermountain valleys, distinguished by higher precipitation (450–700 mm) and a hot climate, have an average annual temperature of +16 to +18 °C, with summer temperatures reaching +32 °C [22].

According to long-term data from 20 hydrometeorological stations under the jurisdiction of Uzhydromet, located within the Amu Darya basin, the average annual temperature in the basin during 2013–2022 ranged from +14 to +15 °C, the average maximum temperature was +28 to +29 °C, and the average minimum temperature ranged from 1.6 to 2.5 °C (Figure 2).

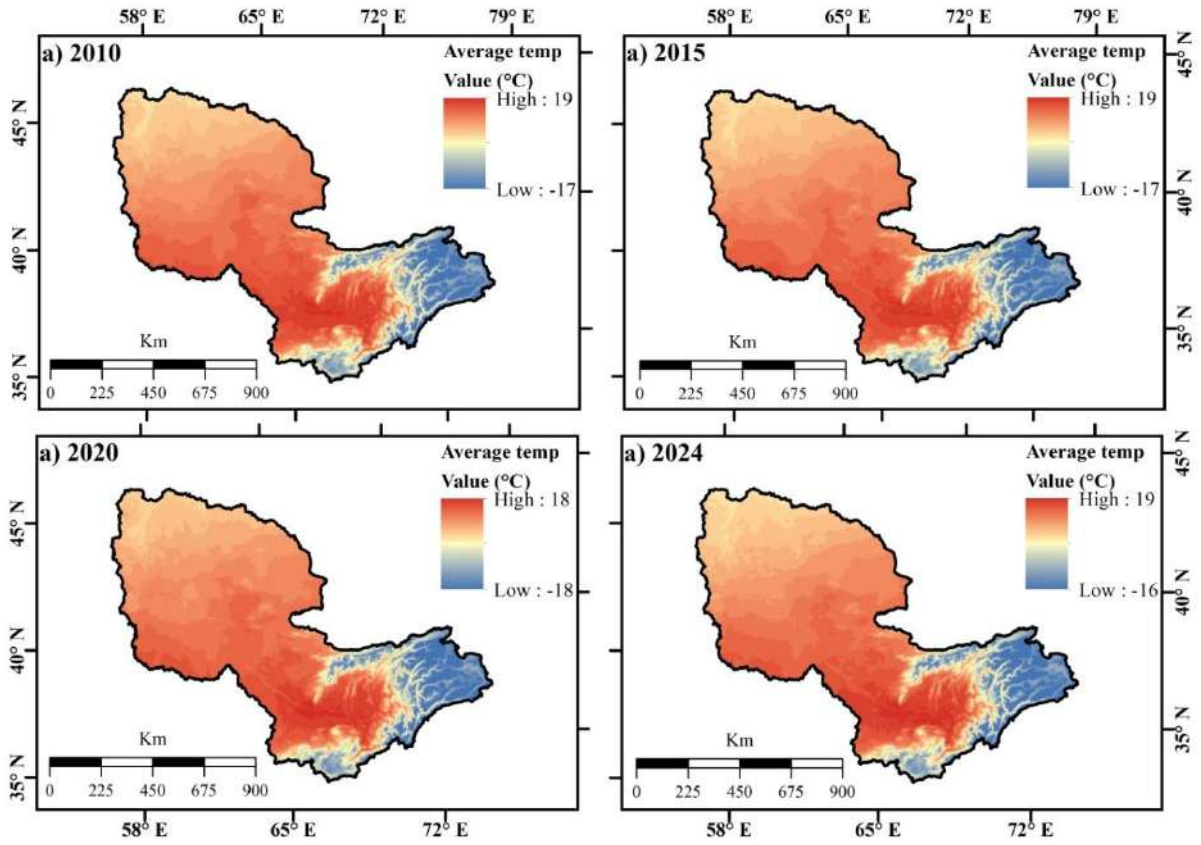


Figure 2. Dynamics of the long-term average air temperature in the Amu Darya basin

In the Amu Darya basin, the average annual precipitation ranges from 73 to 368 mm. Approximately 40–45% of the total annual precipitation occurs in spring, 25–35% in winter, and 15–20% in autumn (Figure 3).

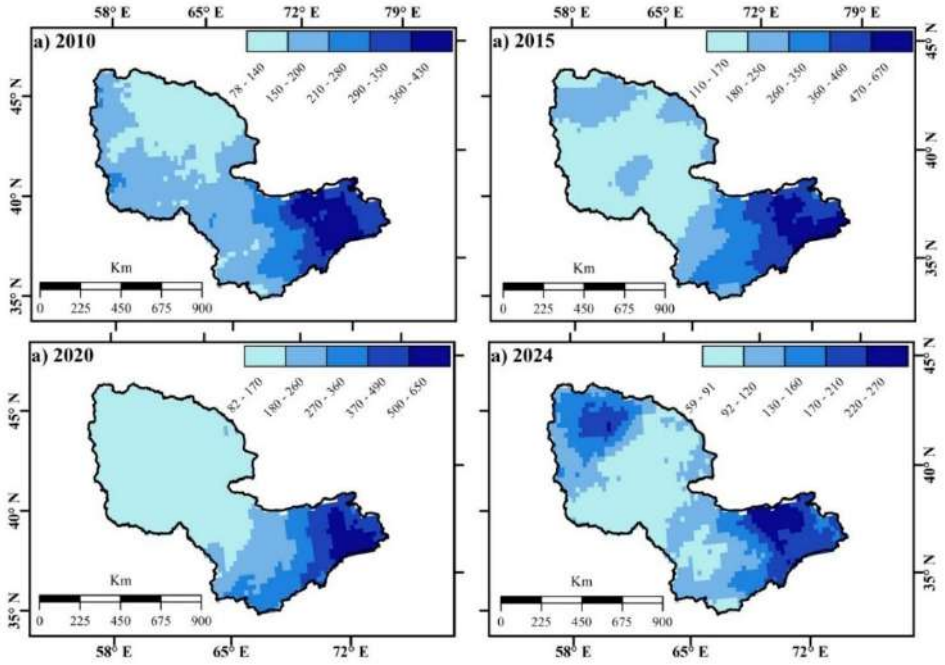


Figure 3. Dynamics of the long-term average precipitation in the Amu Darya basin

According to long-term data from 34 hydrometeorological stations under the jurisdiction of Uzhydromet, located within the Syr Darya basin, the average annual temperature in the basin during 2010–2024 ranged between +13 and +14 °C, the average maximum temperature was +26 to +27 °C, and the average minimum temperature ranged from 0.8 to 1.6 °C (Figure 4).

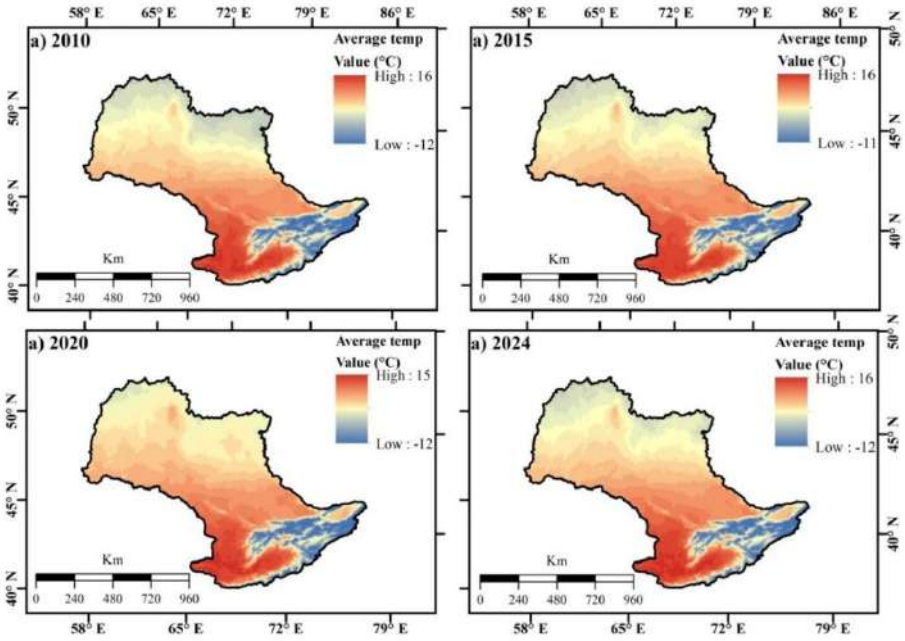


Figure 4. Dynamics of the long-term average air temperature in the Syr Darya basin

In the Syr Darya basin, the average annual precipitation ranges from 262 to 487 mm. Approximately 40–45% of the total annual precipitation occurs in spring, 25–35% in winter, and 15–20% in autumn (Figure 5).

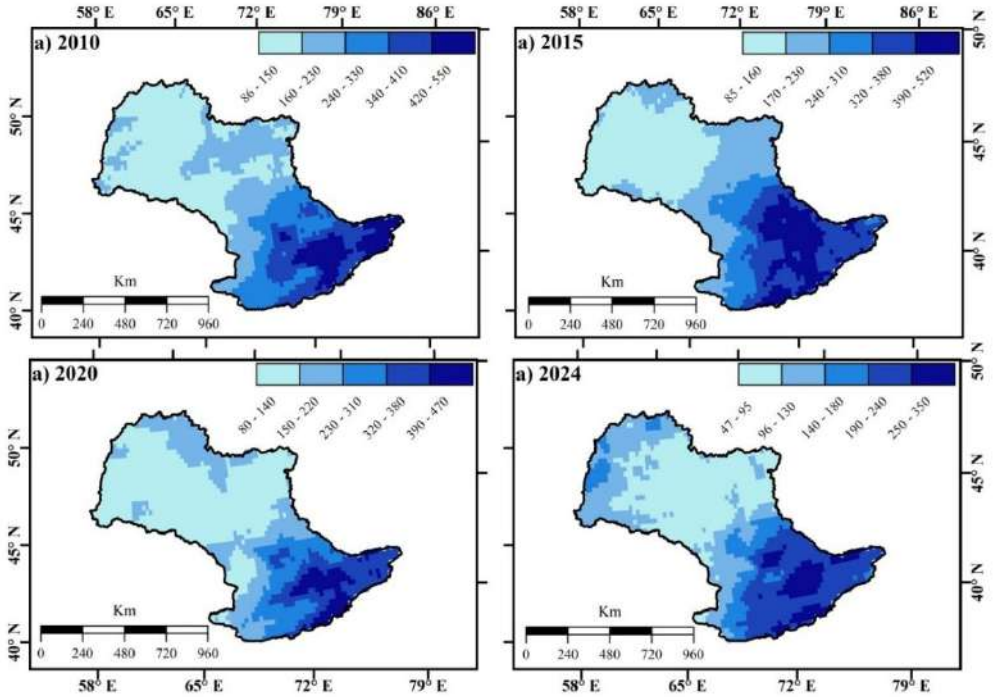


Figure 5. Dynamics of the long-term average precipitation in the Syr Darya basin

During the hot summer days, the amount of moisture evaporating from the soil surface and open water bodies exceeds 75–80%. The moisture deficit (the difference between evaporation and atmospheric precipitation) ranges from 1180 to 1390 mm [36].

2.2. Research methods

In the course of the research, primary data on the quality of surface water were obtained from the agency for Hydrometeorological services of Uzbekistan, and primary data on the collector-drainage network were sourced from the Ministry of Water Resources. These data were subjected to in-depth statistical analysis. The hydrological and chemical assessment of the Amu Darya and Syr Darya waters within the territory of Uzbekistan was carried out based on the analysis of water samples collected from hydrological stations.

RESULTS AND DISCUSSION

An analysis of the dynamics of water supply indicators during the vegetation period (from April 1 to October 1) in the Amu Darya and Syr Darya basins shows that the highest volume was recorded in 2017 at 49.19 km³, while the lowest was in 2011 at 38.57 km³ (Figure 6).

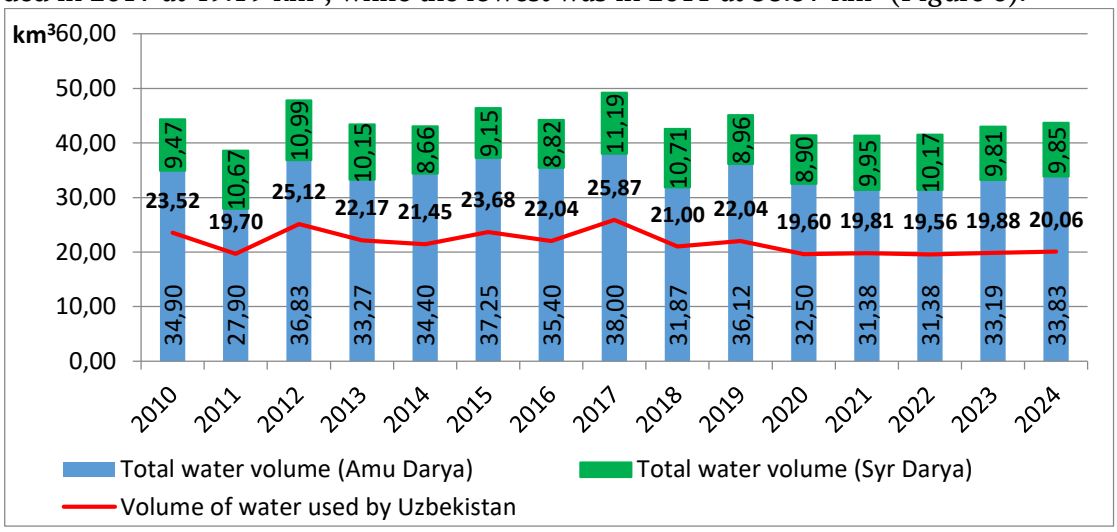


Figure 6. Dynamics of water supply levels during the vegetation period in the Amu Darya and Syr Darya basins.

During the vegetation season, Uzbekistan utilized the highest volume of water from the Amu Darya and Syr Darya rivers in 2017, amounting to 25.87 km³, while the lowest volumes were observed in 2011 and from 2020 to 2023, ranging from 19.56 to 19.88 km³ (Figure 6).

The results of the study indicate that, compared to the period 2010–2014, the average level of water supply during the vegetation season decreased by a factor of 1.03 in 2020–2024.

An assessment of water supply levels during the inter-vegetation period (from October 1 to April 1) for various years shows that the highest volume, 20.44 km³, was recorded in 2012–2013, and the lowest, 17.10 km³, in 2020–2021.

During this inter-seasonal period, Uzbekistan utilized a maximum of 11.26 km³ of water from the Amu Darya and Syr Darya rivers in 2012–2013 and a minimum of 8.41 km³ in 2020–2021 (Figure 7).

According to the data, the average water supply level during the inter-vegetation period decreased by a factor of 1.08 in 2020–2025 compared to 2010–2015.

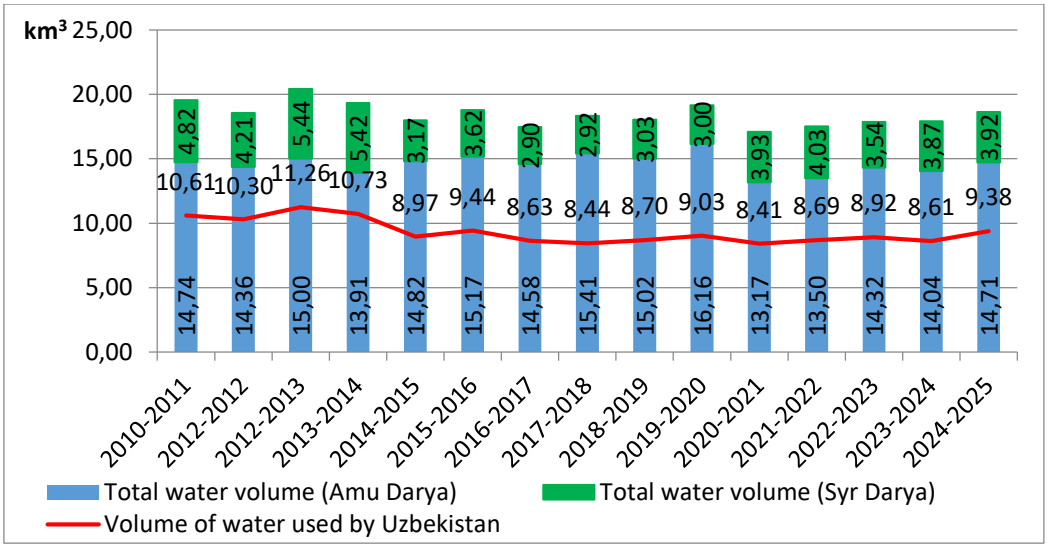


Figure 7. Dynamics of water supply levels during the vegetation periods in the Amu Darya and Syr Darya basins

3.1. Mineralization of the Amu Darya and Syr Darya rivers

The level of river water mineralization is a key indicator for evaluating its suitability for various uses.

During the study period (2013–2024), the average mineralization level of the Amu Darya River increased from 0.618–0.961 g/L to 0.985–1.356 g/L between the Termez city border and the village of Kiziljar (Figure 8).

The research findings show that the lowest mineralization values at most hydrological posts were recorded in 2017, and 2023 years that also had the highest levels of water supply in the Amu Darya basin (Figure 8).

The average level of mineralization in the river increased by a factor of 1.34 to 1.90 from the middle section (near Termez) to the lower section (near Kiziljar) of the Amu Darya river (Figure 8).



***Figure 8.* Dynamics of average mineralization values in the Amu Darya river, g/L**

The average mineralization level of the Syr Darya river increased from 0.515–0.837 g/L to 1.075–1.406 g/L between the Kal village border and a point 0.5 km downstream from the confluence with the Gedgegen river (Figure 9).



Figure 9. **Dynamics of average mineralization values in the Syr Darya River, g/L**

According to the research findings, except for the GPK-S (Chinoz) collector downstream hydrological post, the lowest mineralization values at all other river hydrological posts were recorded in 2017, which coincided with a high-water year when water supply levels in the Syr Darya basin were at their highest (Figure 9).

The decrease in mineralization at the downstream section of the GPK-S (Chinoz) collector is associated with the inflow of water from the Chirchik river, one of the largest tributaries of the Syr Darya. Since the Chirchik River has a lower mineralization level compared to the Syr Darya, the overall mineralization level of the Syr Darya decreased at this hydrological post.

The average mineralization level in the river increased by a factor of 1.54 to 2.34 from the upper section (Kal village) to the middle section (0.5 km downstream from the confluence with the Gedgegen river) (Figure 9).

DETERMINING THE DYNAMICS OF CU^{2+}, ZN^{2+}, AND CR^{6+} ION CONCENTRATIONS IN THE AMU DARYA AND SYR DARYA RIVERS

Between 2013 and 2024, the annual dynamics of average concentrations of heavy metal ions in the Amu Darya and Syr Darya rivers were studied across various hydrological posts (Figures 10,11, and 12).

The average concentrations of Cu^{2+}, Zn^{2+}, and Cr^{6+} ions varied depending on the location of the river hydrological posts as follows:

In the Amu Darya river, from the Termez city hydrological post to the Kiziljar hydrological post, copper ion concentrations varied from 1.1–3.4 µg/L to 1.2–3.7 µg/L, zinc from 1.5–11.3 µg/L to 1.3–26.3 µg/L, and hexavalent chromium (Cr^{6+}) from 0.2–0.6 µg/L to 0.1–0.7 µg/L (Figures 10, 11, and 12, green color).

In certain years, however, metal ion concentrations decreased as water flowed from the middle to the lower reaches of the river. This can be attributed to the flow rate of the river and the settling (sedimentation) processes occurring in reservoirs (Figures 10,11, and 12, blue color).

The average concentration of copper ions increased by a factor of 1.1 to 1.5 from the Termez hydrological post to the Kiziljar hydrological post (Figure 10).

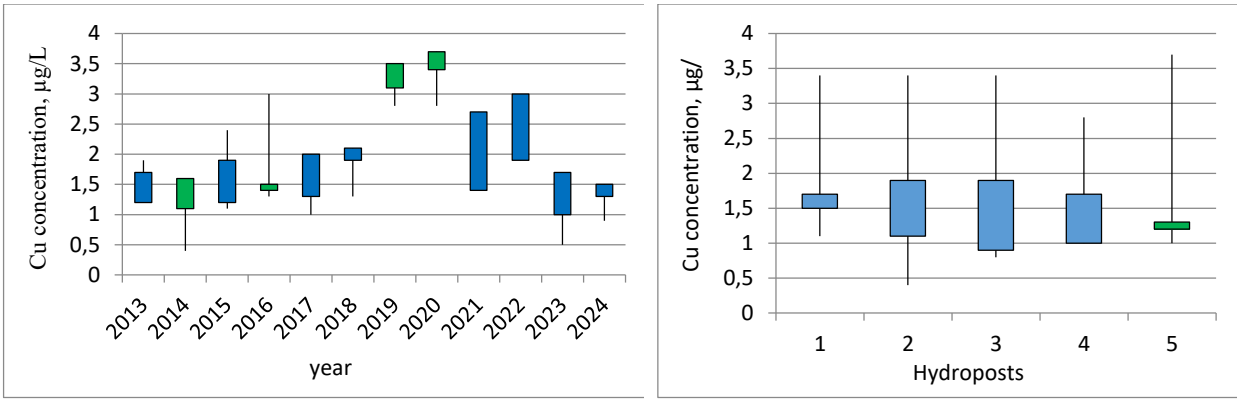


Figure 10. **Dynamics of average Cu^{2+} concentrations in the Amu Darya river by hydrological posts**

As the river flows from the upper to the lower reaches, from the Termez hydrological post to the Kiziljar hydrological post, the concentration of zinc ions increased over the years by a factor ranging from 1.1 to 7.3 (Figure 11).

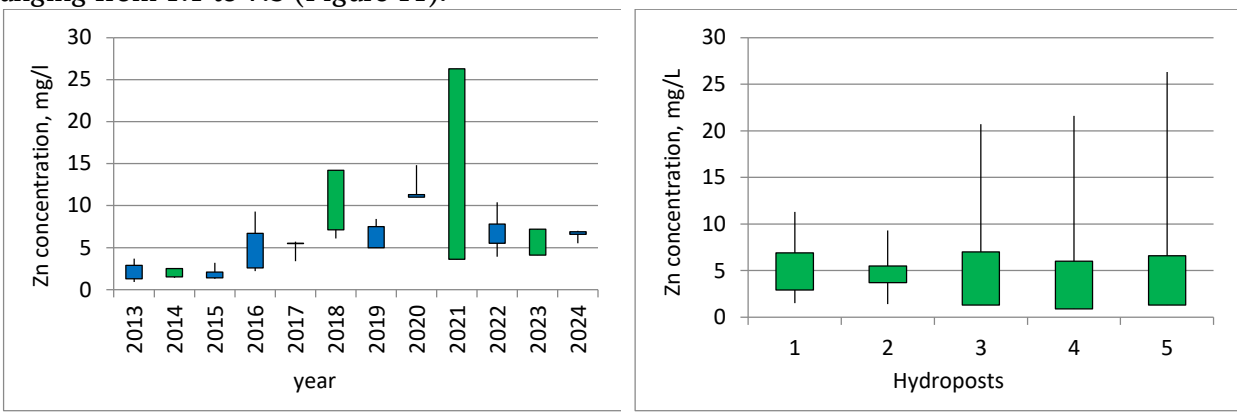


Figure 11. **Dynamics of average Zn^{2+} concentrations in the Amu Darya river by hydrological posts**

As the river flows from the upper to the lower reaches, from the Termez hydrological post to the Kiziljar hydrological post, the concentration of hexavalent chromium (Cr^{6+}) increased over the years by a factor ranging from 1.1 to 1.8 (Figure 12).

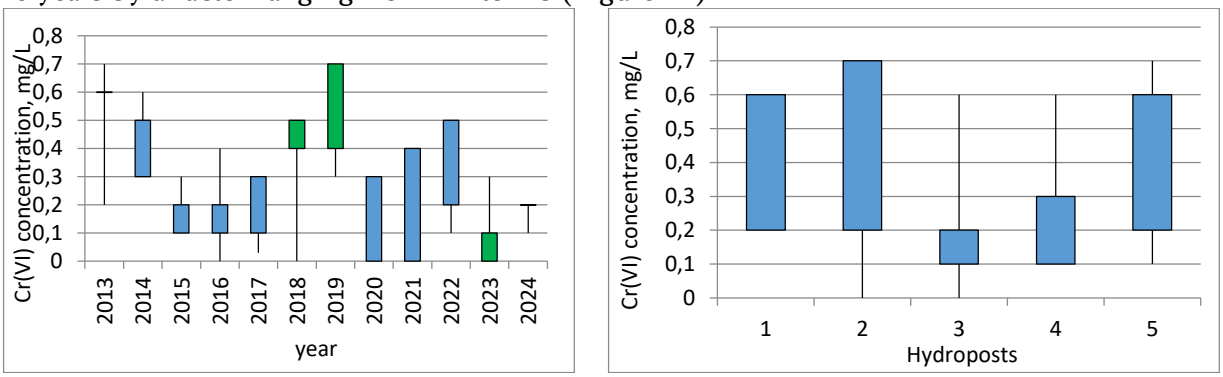


Figure 12. **Dynamics of Cr (VI) concentration levels in the Amu Darya river by hydrological posts**

In the Syr Darya river, from the Kal village hydrological post to a point 0.5 km downstream of the Gedgegen hydrological post (where the river flows in), the concentration of copper increased

from 0.5–3.0 µg/L to 1.2–3.4 µg/L, zinc from 0.9–5.6 µg/L to 1.7–24.2 µg/L, and hexavalent chromium (Cr^{6+}) from 0.22–0.9 µg/L to 0.28–1.0 µg/L (Figures 13, 14, and 15).

From the Kal village hydrological post to the section 0.5 km downstream of Gedgegen, the average copper concentration increased by a factor of 1.4 to 2.6 (Figure 13).

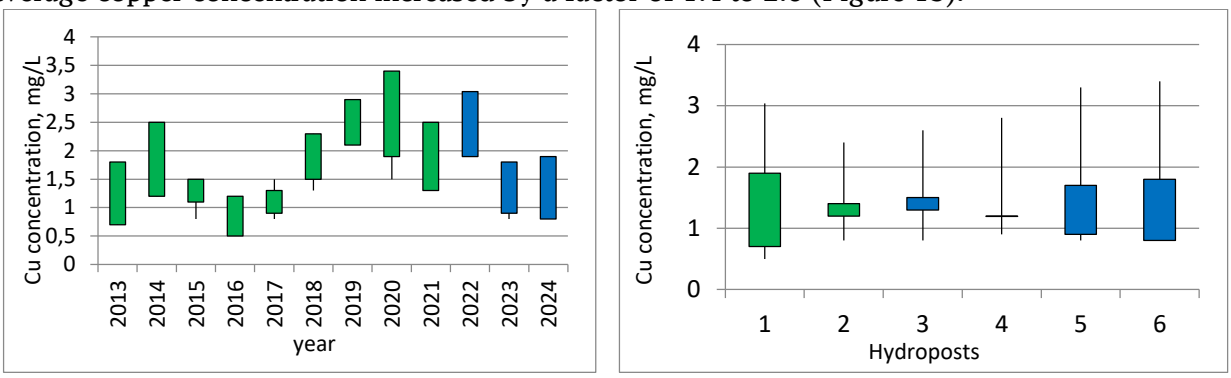


Figure 13. **Dynamics of average Cu concentration in the Syr Darya river by hydrological posts**

As the river flows from the upper to the lower reaches, from the Kal village boundary to the Gedgegen hydrological post, 0.5 km downstream of the confluence, the concentration of zinc increased over the years by a factor ranging from 1.7 to 7.1 (Figure 14).

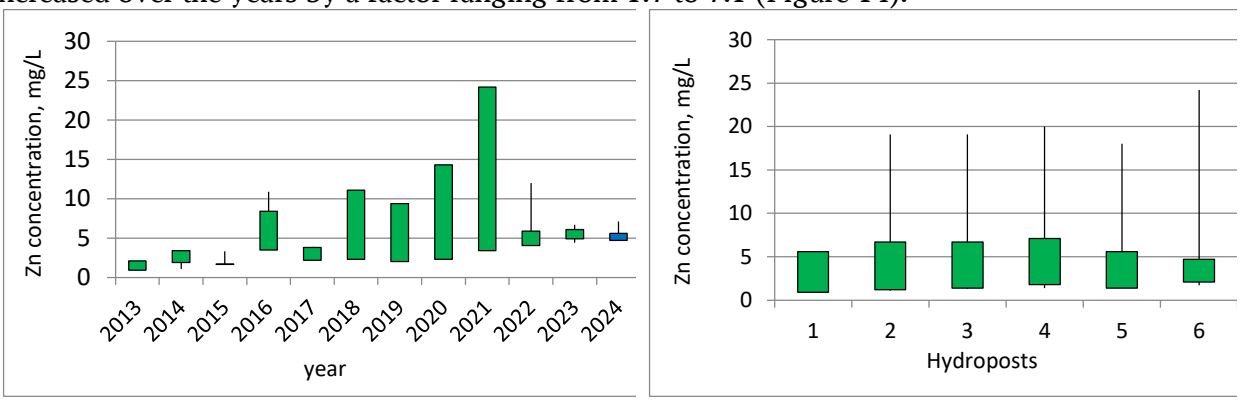


Figure 14. **Dynamics of average Zn concentration in the Syr Darya river by hydrological posts**

As the river flows from the upper to the lower reaches, from the Kal village boundary to the Gedgegen hydrological post, 0.5 km downstream of the confluence, the concentration of hexavalent chromium (Cr^{6+}) increased over the years by a factor ranging from 1.1 to 2.3 (Figure 15).

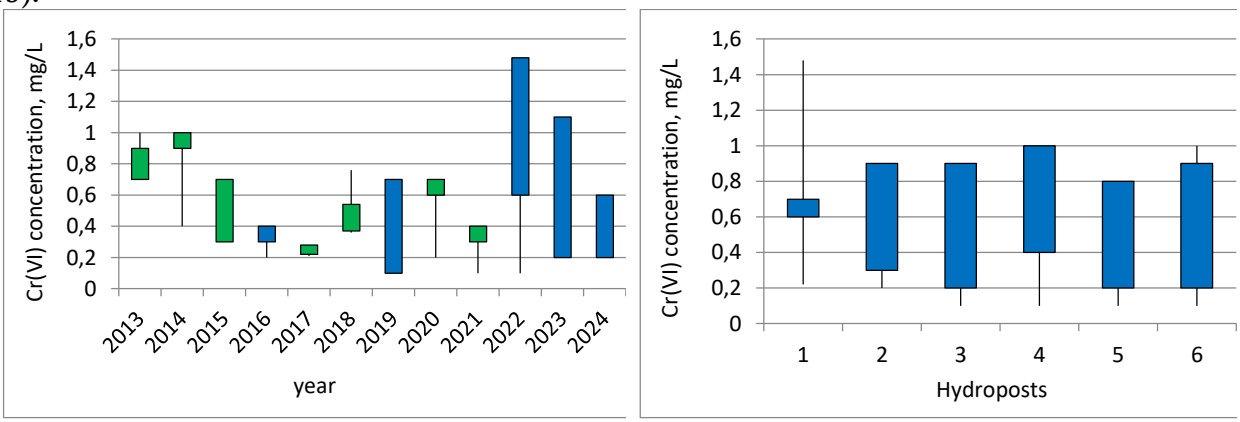


Figure 15. **Dynamics of Cr (VI) concentration levels in the Syr Darya river by hydrological posts**

It was also found that the concentration of Fe ions in the Amu Darya and Syr Darya rivers is 3–4 times lower than the permissible limit.

Both in the middle and lower reaches of the Amu Darya (Termez hydrological post), and in the upper and lower reaches of the Syr Darya (Kal village hydrological post), a gradual decrease in the concentrations of heavy metals (Cu, Zn, Cr(VI), Fe) was observed. The order of decreasing concentrations is: zinc, copper, chromium (VI), and iron.

COLLECTOR-DRAINAGE WATERS IN THE AMU DARYA AND SYR DARYA RIVER BASINS

One of the main reasons for the increase in mineralization levels of the Amu Darya and Syr Darya river waters across hydrological posts is the inflow of collector-drainage waters formed after irrigation of agricultural lands. A significant portion of these collector-drainage waters within the river basins flows directly into the Amu Darya and Syr Darya rivers.

Upon evaluating the volume, mineralization level, and salt content of collector-drainage waters formed in the major collectors of the Amu Darya and Syr Darya basins, the following findings were obtained.

In the Amu Darya basin, the total annual volume of collector-drainage waters generated by the main collectors across the country ranges from 6.01 to 9.2 km³, with mineralization levels between 1.33 and 6.17 g/L. The largest volume of collector-drainage waters in the basin is formed in the Tuyamuyun irrigation system zone, with an average annual volume of approximately 4.7 km³. Most of these waters are discharged into the Sarykamysh depression.

Around 1.2 km³ of collector-drainage waters are generated annually in the Surkhan-Sherabad. In the irrigated areas of the lower Amu Darya basin located in the Republic of Karakalpakstan, an average of 2.3 km³ is formed.

Regarding mineralization, the lowest average annual value of collector-drainage water mineralization in the Amu Darya basin was observed in Surkhandarya region at 1.33 g/L, while the highest was recorded in the Kashkadarya region, reaching 6.17 g/L (Figure 16).



Figure 16. **Dynamics of average mineralization levels in collector-drainage waters of major collectors in the Amu Darya river basins**

In the Amu Darya basin, the annual average amount of salt generated ranges from 19,039 thousand tons to 27,769 thousand tons (*Figure 17)*.

The elevated mineralization level of collector-drainage waters in the Kashkadarya and Bukhara regions, as well as in the Republic of Karakalpakstan, compared to the Surkhandarya and Khorezm regions, is primarily due to the higher soil salinity in these areas and, additionally, to the increase in mineralization of the Amu Darya river as it flows from its upper to lower reaches. Consequently, the mineralization of water used for agricultural irrigation rises, leading to higher mineralization in collector-drainage waters formed in the irrigated lands of these regions. In contrast, the relatively low mineralization level in the Surkhandarya region is attributed to the fact that most irrigated lands are supplied with water from the Surkhandarya and Sherabad rivers, which have lower mineralization, as well as to the comparatively lower soil salinity of the irrigated areas.

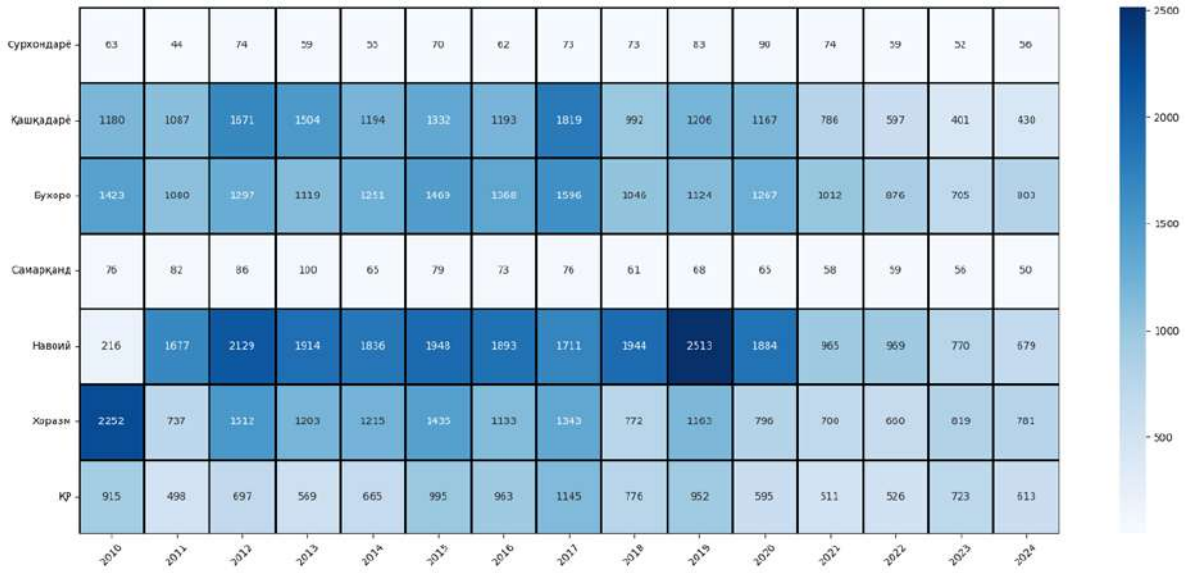


Figure 17. **Dynamics of total salt content in collector-drainage waters of major collectors in the Amu Darya river basins**

In the Syr Darya basin, the lowest annual average mineralization level of collector-drainage waters was recorded in Namangan region at 0.62 g/L, while the highest value was observed in Jizzakh region at 4.31 g/L (Figure 18).



Figure 18. **Dynamics of average mineralization levels in collector-drainage waters of major collectors in the Syr Darya river basins**

The average annual volume of collector-drainage waters in the river basin ranged from 11.4 km³ to 16.5 km³, and the total salt content generated varied between 12,600 thousand tons and 20,100 thousand tons per year (Figure 19).

The higher mineralization level of collector-drainage waters in Sirdarya and Jizzakh regions compared to that of Andijan, Namangan, Fergana, and Tashkent regions can be explained by two main factors:

First, the degree of soil salinization is significantly higher in Sirdarya and Jizzakh regions. Second, as the Syr Darya River flows from its upper to lower reaches, its water mineralization increases. Consequently, the water used for irrigation in these areas also becomes more mineralized, which leads to a higher mineral content in the collector-drainage waters formed in the irrigated lands of these regions.

In contrast, the relatively lower mineralization level of collector-drainage waters in Tashkent region is due to the fact that most of the region's irrigated lands are supplied with water from the Ohangaron and Chirchik rivers, which have lower mineralization levels, and the soil salinization in the region is also relatively low.



Figure 19. **Dynamics of total salt content in collector-drainage waters of major collectors in the Syr Darya river basins**

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

1. Over the years, the mineralization level of the Amu Darya river has increased along its course from 1.35 to 1.74 times, while the mineralization of the Syr Darya River has risen from 1.56 to 2.34 times. The increase in the mineralization of river water is due to the inflow of collector-drainage waters formed in irrigated areas into the rivers, as well as the salts contained in these waters.

2. Along the course of the Amu Darya River, the average concentration of copper has increased from 1.1 to 1.5 times, zinc from 1.1 to 7.3 times, and chromium (VI) from 1.1 to 1.8 times. Along the course of the Syr Darya River, the average concentration of copper has increased from 1.4 to 2.6 times, zinc from 1.7 to 7.1 times, and chromium (VI) from 1.1 to 2.3 times.

3. In the Amu Darya basin, the mineralization level of collector-drainage waters in the middle reaches has been, on average, 2.5 times lower than in the lower reaches. In the Syr Darya basin, the mineralization level of collector-drainage waters in the upper part of the river has been,

on average, 3.25 times lower than in the middle reaches. The mineralization of collector-drainage waters formed in the Surkhandarya and Khorezm regions, located in the Amu Darya basin, has been lower than in the Kashkadarya, Bukhara regions, and the Republic of Karakalpakstan. The higher mineralization of collector-drainage waters in the Kashkadarya, Bukhara regions, and the Republic of Karakalpakstan is due to the high degree of soil salinity and the higher mineralization of irrigation water in these areas.

In the Syr Darya basin, the mineralization of collector-drainage waters in the Fergana Valley regions and Tashkent region has been lower than in the Syrdarya and Jizzakh regions. The higher mineralization of collector-drainage waters in the Syrdarya and Jizzakh regions is explained by the higher soil salinity and the higher mineralization of irrigation water.

4. In both the Amu Darya and Syr Darya basins, the discharge of collector-drainage waters and wastewater from industrial enterprises into the rivers increases the mineralization and pollution of river water, which has a negative impact on the efficient use of water resources. To prevent the pollution of water resources, it is necessary to avoid excessive use of mineral fertilizers in agriculture, to ensure the application of mineral fertilizers to crops through drip irrigation technologies, to control the adequate treatment of wastewater discharged from industrial enterprises, and to conduct regular monitoring.

REFERENCES

1. Oxana S. Savoskul, Elena V. Chevnina, Felix I. Perziger, Ludmila Yu. Vasilina, Viacheslav L. Baburin, Alexander I. Danshin A.I., Bahtiyar Matyakubov, Ruslan R. Murakaev. Edited by O.S. Savoskul Water, Climate, Food, and Environment in the Syr Darya Basin Contribution to the project ADAPT Adaptation strategies to changing environments July 2003.

2. Lemenkova P., Current Problems of Water Supply and Usage in Central Asia, Tian Shan Basin. Environmental and Climate Technologies 2013 /3. http://dx.doi.org/10.7250/iscect.2013.002

3. Saidmamatov O., Rudenko I., Pfister S., and Koziel J. 2020, Water–Energy–Food Nexus Framework for Promoting Regional Integration in Central Asia. Water 12, 1896. https://doi.org/10.3390/w12071896

4. Murray-Rust, H., Abdullaev, I., ul Hassan, M., Horinkova, V. 2003. Water productivity in the Syr-Darya river basin. Research Report 67. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

5. Хикматов Ф., Эрлапасов Н.Б. Иқлим ўзгариши ва ер ости сувларининг Чирчиқ Оҳангарон ҳавзаси дарёлари оқимига қўшган ҳиссаларини баҳолаш. «Иқлим ўзгариши шароитида арид ҳудудлар сув ресурслари: муаммолар ва уларнинг ечимлари» Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. Тошкент, 20 октябрь 2023 йил, 248-252.

6. Кудратов Т., Якубов М., Мирхасилова З. Проблема водообеспечения сельскохозяйственного сектора в условиях изменения климата «Иқлим ўзгариши шароитида арид ҳудудлар сув ресурслари: муаммолар ва уларнинг ечимлари» Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. Тошкент, 20 октябрь 2023 йил, 211-214

7. Kulmatov, R. Problems of sustainable use and management of water and land resources in Uzbekistan. J. Water Resour. Prot. 2014, 6, 35–42. http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.61006

8. Gaybullaev, B.; Chen, S.; Gaybullaev, D. Changes in water volume of the Aral Sea after 1960. Appl. Water Sci. 2012, 2, 285–291. https://doi.org/10.1007/s13201-012-0048-z

9. Бабурин В.Л., Даньшин А.И., Кириллов П.Л., Матякубов Б.Ш.: Оценка достоверности долгосрочного прогнозирования социально-экономического развития бассейна Сырдарьи. Ўзбекистон География жамияти ахбороти, 2019, 55-жилд. 105-112 б.

10. Bernauer T., Siegfried T. Climate change and international water conflict in Central

Asia.) Journal of Peace Research 49(1) 227–239, 2012. https://doi.org/10.1177/0022343311425843

11. Punkari M., Droogers P., Immerzeel W., Korhonen N.,. Lutz A, and Venäläinen A.. Climate Change and Sustainable Water Management in Central Asia. FCG International. No. 5б May 2014.

12. Siegfried T.; Bernauer T.; Guiennet R.; Sellars S.; Robertson A.W.; Mankin J.; Bauer-Gottwein P.; Yakovlev A. Will climate change exacerbate water stress in Central Asia? Clim. Chang. 2012, 112, 881–899. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0253-z

13. Хикматов Ф.Х., Юнусов Г.Х., Эрлапасов Н.Б. и др. Закономерности формирования водных ресурсов горных рек в условиях изменения климата. Монография. – Ташкент: «Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи», 2020. – 232 с.

14. Cai X., McKinney D.C., Rosegrant M.W. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. Agric. Syst. 2003, 76, 1043–1066. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00028-8

15. Жўраев Б.Б., Ходжиев А.К., Хурсандова Н.Р. Иқлим ўзгаришининг Орол бўйи ҳавзасига таъсири, Амударё ҳавзасида сув тақчиллиги муаммоси. «Иқлим ўзгариши шароитида арид ҳудудлар сув ресурслари: муаммолар ва уларнинг ечимлари» Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. Тошкент, 20 октябрь 2023 йил, 101-105

16. Чембарисов Э. И., Махмудов И. Э., Лесник Т. Ю., Вахидов Ю. С., Долидудко А. И. Минерализация и гидрохимичекий режим вод среднего течения реки Сырдарьи. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия, Материалы конференции № 2(62)/2016.

17. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Шодиев С.Р., Лесник А.П.: Особенности распределения минерализации и химического состава грунтовых вод орошаемой зоны Сурхан-Шерабадского оазиса. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия, № 4(64)/2016. Материалы конференции. С. 144-150.

18. Чембарисов Э. И., Хожамуратова Р.Т., Рахимова М.Н., Шодиев С.Р.. Многолетние изменения качества речных вод Узбекистана Природные ресурсы, среда и общество. «Науки о Земле и смежные экологические науки», 2020 стр 55-58.

19. Leng P., Zhang Q., Li F., Kulmatov R., Wang G., Qiao Y., Wang J., Peng Y., Tian C., Zhu N., Hirwa H., Khasanov S.. Agricultural impacts drive longitudinal variations of riverine water quality of the Aral Sea basin (Amu Darya and Syr Darya Rivers), Central Asia. Environmental Pollution 284 (2021) 117405. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117405

20. W. Zhang, L. Ma, J.Abuduwail, Y.Ge, G.Issanova, G.Saparov. Hydrochemical characteristics and irrigation suitability of surface water in the Syr Darya River, Kazakhstan. Environ Monit Assess (2019) 191: 572. https://doi.org/10.1007/s10661-019-7713-8

21. Чембарисов Э.И., Мирзакобулов Ж.Б., Рахимова М.Н., Расулов Б.О., Тиллаева З.У. Гидроэкологичесий мониторинг качества речных вод бассейна реки Амударьи в пределах Узбекистана. Экология и строительство | № 1, 2019 с.12-18 | DOI: 10.35688/2413-8452-2019-01-002

22. Будущее бассейна Амударьи в условиях изменения климата. Под редакцией проф. В.А. Духовного. Ташкент: НИЦ МКВК Центральной Азии, 2018. – 328 с.

23. Верещагина Н.Г., Щетинников А.А., Мухаметзянова А.М.. О химическом составе воды коллекторов и их роли в рассолении земель в низовье Амударьи. Гидрометеорология и экология. №4, 2017. с 82-88.

24. S.Bissenbayeva, J.Abuduwaili, G.Issanova, K.Samarkhanov. Characteristics and Causes of Changes in Water Quality in the Syr Darya River, Kazakhstan. Water Resources, 2020, Vol. 47, No. 5, pp. 904–912. © Pleiades Publishing, Ltd., 2020.

https://doi.org/10.1134/S009780782005019X.

25. Khasanov S.; Li F.; Kulmatov R.; Zhang Q. Evaluation of the perennial spatio-temporal changes in the groundwater level and mineralization, and soil salinity in irrigated lands of arid zone: As an example of Syrdarya Province, Uzbekistan. Agric. Water Manag. 2022, 263, 107444. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107444

26. Kh.Gapporov, R.Kulmatov, and Ch.Opp. Assessment of quantity and quality indicators of water resources in the Zarafshan river basin (within the territory of Uzbekistan). E3S Web of Conferences 623, 01010 (2025), AEES2024, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562301010

27. Абдушукуров Дж.А., Кобулиев З.В., Салибаева З.Н.. Изучение состава и качества воды в притоках реки Амударья. Наука и новые технологии №7, 2013, с 47-51.

28. Chembarisov E.I., Mirzakabulov Zh.B., Ananova K.K., Zabirov F.M. Collectordrainage waters of the middle reaches of the Syrdarya river basin.// Journal "Water resources and water use" No. 1 (168) 2018, Astana, pp. 36-39.

29. Kulmatov R.A. and Hojamberdiev M.. Heavy Metals Concentration and Speciation in Arid Zone Rivers (Amudarya and Syrdarya) of Central Asia. Journal of Environmental Science and Engineering, Aug. 2010, Volume 4, No.8 (Serial No.33). https://doi.org/10.1007/s11869-010-0067-6;

30. X.Gapporov, R.Qulmatov. Iqlim o‘zgarishi sharoitida Amudaryo havzasi suv resurslarining miqdor va sifat ko‘rsatkichlarini baholash (O‘zbekiston hududi). Экология хабарномаси, 2024. №3, 32-41 бетлар.

31. X.Gapporov, R.Qulmatov. Sirdaryo havzasi kollektor-zovur suvlari holatini baholash (O‘zbekiston hududi) . Tabiiy fanlar: dolzarb muammolar va ularning yechimlari Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to‘plami. I-qism. Samarqand. 7-8-May, 2025-yil, 103-106 бетлар.

32. Arystambekova D., Thevs N., Tursumbayeva M.. Assessment of the hydroecological state of the Syrdarya delta. Central Asian Journal of Water Research (2019) 5(1): 29-41. https://doi.org/10.29258/cajwr/2019-r1.v5-1/29-41.eng

33. Rzymski P., Klimaszyk P., Niedzielski P., Marszelewski W., Borowiak D., Nowinski K., Baikenzheyeva A., Kurmanbayev R., Aladin N.. Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya River and Small Aral Sea, Kazakhstan. Chemosphere 234 (2019) 81e88. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.036

34. S.Ragettli, A.Kreiner, A.Yakovlev, O.Anarbekov, M.Al-Zu’bi, A.Urazkeldiyev, T.Siegfried. Unraveling agricultural water use in three Central Asian irrigation oases using remote sensing. Journal of Hydrology: Regional Studies 59 (2025) 102414. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102414

35. Gafurov, A., Selyuzhenok, V., Latinovic, M., Apel, H., Mamaraimov, A., Salokhiddinov, A., Boergens, E., Güntner, A., 2024. GRACE observes the natural and irrigation-induced regional redistribution of water storage in Central Asia. J. Hydrol.: Reg. Stud. 56, 101994. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101994 .

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Курбанбаев Сагит Ережепович[1], Каримова Ольга Юшевна[1], Мадияров Ислам Куралбай углы [1], Уббиниязова Малика Берикбай кызы [2]
Каракалпакский региональный центр при Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем[1]
Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологии[2]

Аннотация. Сўнги йилларда кам сувли йилларнинг такрорланиши сувни қатъий тежаш ва тежамкор фойдаланиш зарурлигини тақозо этади. Қорақалпоғистон Республикасида ҳозирги кунга қадар эгатлаб ва полосали суғориш асосий суғориш усули бўлиб келган. Бироқ, ушбу суғоришнинг номукаммаллиги охир-оқибат сувнинг сезиларли даражада кўп вақт талаб қилишига йўқотилишига олиб келади.

Керакли вақт ичида ва минимал меҳнат билан дала бўйлаб тупроқ намлигини бир хилда таъминлайдиган суғориш технологиясини танлаш суғориш сувидан самарали фойдаланишда муҳим рол ўйнайди. Амударёнинг қуйи оқими учун оптимал суғориш ускуналари ва технологиялари вариантларини ўрганиш ва танлаш долзарб масаладир. Юқоридагиларнинг барчасини инобатга олган ҳолда, ушбу тадқиқот илғор ресурсларни тежайдиган суғориш технологияларини жорий этишдаги муаммоларга қаратилган.

Калит сўзлар: томчилатиб, пуркагич ва дискрет суғориш, пахта суғориш, тупроқ, тупроқ намлиги ва шўрланиши, суғориш режими

Аннотация. Повторяющееся в последние годы маловодье диктует требования жесткого режима водосбережения и экономного использования воды. До настоящего времени доминирующим способом орошения в Республике Каракалпакстан является поверхностный способ полива по бороздам и полосам, однако несовершенство поверхностного способа полива в итоге приводит к большим потерям воды при поливах и большим затратам времени при их проведении.

Немаловажную роль в эффективном использовании оросительной воды играет выбор технологии полива, отвечающий требованиям обеспечения достаточно равномерного по площади поля увлажнения почвы в требуемые сроки и при минимальной затрате труда. Изучение и выбор оптимальных вариантов техники и технологии полива для условий низовий Амударьи является актуальной задачей и учитывая все вышеперечисленное, основное внимание в настоящей работе акцентировалось на проблемы внедрения совершенных ресурсосберегающих технологий орошения.

Ключевые слова: капельное, дождевальное и дискретное орошение, полив хлопчатника, почва, влажность и засоленность почвы, режим орошения

Abstract. The recurring low water levels in recent years dictate the need for a strict water conservation regime and economical use of water. To date, the dominant irrigation method in the Republic of Karakalpakstan has been surface irrigation using furrows and strips. However, the imperfections of surface irrigation ultimately lead to large water losses during irrigation and significant time expenditures during its implementation.

An important role in the efficient use of irrigation water is played by the choice of irrigation technology, which meets the requirements for ensuring a sufficiently uniform soil moisture supply over the field area within the required timeframe and with minimal labor costs. The study and selection of optimal options for irrigation technology and equipment for the conditions of the lower reaches of the Amu Darya is a pressing task and, taking into account all of the above, the main

focus in this work was on the problems of introducing advanced resource-saving irrigation technologies.

Key words: drip, sprinkler and discrete irrigation, cotton irrigation, soil, soil moisture and salinity, irrigation regime

ВВЕДЕНИЕ

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур на основе перехода на новые инновационные технологии - является главными особенностями дальнейшего увеличения производства продовольственной продукции в современных условиях, и основа экономического роста государства. В концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы отмечается, что в целях устойчивого и гарантированного обеспечения водой населения, а также всех секторов экономики будут реализованы широкомасштабные работы по развитию ирригации, улучшению водохозяйственной инфраструктуры и мелиоративного состояния орошаемых земель, а также эффективному и рациональному использованию земельных и водных ресурсов.

Основная цель развития водного хозяйства Республики Узбекистан — создание условий для удовлетворения постоянно растущих потребностей населения, отраслей экономики и окружающей среды на воду, обеспечение эффективного управления и использования водных ресурсов, мелиоративного состояния орошаемых земель, достижение водной и продовольственной безопасности в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, а также глобальных климатических изменений.

В последние годы в нашей стране осуществляются последовательные меры по коренному реформированию механизмов использования водных ресурсов, обеспечению их рационального и эффективного использования, поддержке и поощрению внедрения водосберегающих технологий орошения в отраслях экономики, а также улучшения мелиорации орошаемых земель. Поэтапно ведется работа по совершенствованию мелиорации орошаемых земель, повышается эффективность использования водных ресурсов, совершенствуются системы учета подачи и использования воды.

Всего за период 2019 – 2022 годы под капельное орошение в Республике Каракалпакстан введено 13726 га, из них под капельное орошение хлопчатника введено 11899 га (рис. 1). Экспликация нумерации наименования районов приведенных в рис. 1 показана в табл. 1.

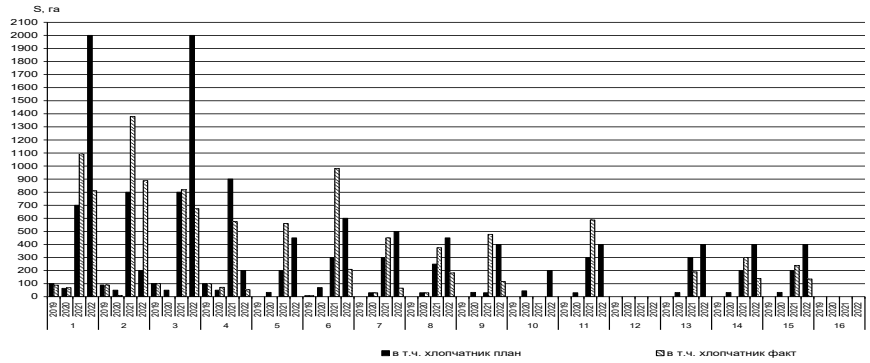


Рисунок 1 - Площади использования капельного орошения при орошении хлопчатника по Республике Каракалпакстан (в разрезе районов)

Таблица 1

Экспликация нумерации наименования районов

№	Районы	№	Районы	№	Районы	№	Районы
1	Турткульский	5	Тахиаташский	9	Кунградский	13	Чимбайский

2	Берунийский	6	Ходжейлийский	10	Нукусский	14	Караузякский
3	Элликалинский	7	Шуманайский	11	Кегейлийский	15	Тахтакупырский
4	Амударьинский	8	Канлыкульский	12	Бузатауский	16	Муйнакский

Помимо капельного орошения в Республике практикуется внедрение дождевального орошения, дискретного орошения, орошение с использованием настила противофильтрационной ирригационной пленки в борозды.

Дискретное орошение хлопчатника — это технология поверхностного полива по бороздам, при которой вода подается в борозды сериями импульсов с паузами, вместо непрерывного потока. Этот метод позволяет избежать размыва почвы за счет подачи воды с предельно допустимым расходом на короткое время, после чего она движется по борозде за счет оставшегося напора, пока не иссякнет, и лишь затем начинается следующий импульс. Каждый импульс воды подается с форсированным расходом и достигает определенного участка борозды. После того как вода в первом участке израсходована, подача переключается на второй участок и так далее.

Дискретное орошение имеет свои преимущества, так оно снижает риск размывания почвы по сравнению с непрерывной подачей воды. Дискретный полив может использоваться как альтернатива традиционному поливу по бороздам для экономии воды и повышения эффективности.

Дождевание - механизированный способ полива, легко поддающийся полной автоматизации, при котором активный слой почвы увлажняется водой, подаваемой на ее поверхность в виде искусственного дождя. Основным условием эффективности полива дождеванием различных сельскохозяйственных культур является создание оптимального водного режима почв, что возможно при правильном соотношении величин расчетной поливной нормы, интенсивности искусственного дождя, продолжительности полива и впитывающей способности почв.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении исследований по проекту применялись экспериментальные и изыскательские методы, которые были направлены на решение поставленной задачи по разработке технологии дискретного и капельного способов орошения хлопчатника в условиях центральной зоны Республики Каракалпакстан.

Исследовательская стратегия заключалась в научном обосновании применимости технологии дискретного и капельного способов орошения хлопчатника в условиях центральной зоны Республики Каракалпакстан позволяющих рационального использования водных ресурсов в условиях низовьев реки Амударьи, а также апробации влияние данной технологии на рост и развития сельхозкультур и улучшения состояния деградированных земель.

Полевые исследования проводились в пределах территории фермерского хозяйства. Полевой сельскохозяйственный опыт - исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке. Задачей полевого опыта является апробация технологии дискретного и капельного способов орошения хлопчатника в условиях центральной зоны Республики Каракалпакстан и разработка режима орошения при применении данных технологий, а также количественная оценка действия факторов жизни и условий или приемов возделывания на урожай растений и его качество.

Измерения параметров осуществлялись на основе методики геодезии (теодолитные и нивелировочные измерения) при определении параметров ирригационно-мелиоративных участков, показатели почвенных разностей по методике почвенных исследований,

измерение расходов воды по методике гидрометрии, а при определении степени засоления был принят экспресс метод электрокондуктометрии.

Определение водно-физических характеристик, также были определены по методике определения водно-физических свойств почвогрунтов путем отбора образцов почвы и обработки данных в лабораторных условиях.

Поливные нормы при поливе рассчитывались по формуле А.Н. Костякова (1960):

$m = 100 \times A \times H \times (B - B_1)$,

где: m – поливная норма $м^3$/га; А- объемная масса почвы, г/$см^3$; В-наименьшая влагоемкость в процентах от абсолютно-сухой почвы; B_1-влажность почвы перед очередным поливом в процентах; Н-глубина расчетного слоя, в наших случаях она равна 0-60 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках исследовательской работы «Разработка способов и режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе современных водосберегающих технологий (на примере Республики Каракалпакстан)» был заложен опытный участок на территории учебного хозяйства Каракалпакского института сельского хозяйства и агротехнологии). В частости на опытном участке прошли апробацию водосберегающие технологии полива такие как, капельное орошение, дискретный полив, а также начаты исследования по возделыванию озимой пшеницы в условиях дождевального орошения. При постановке полевых исследований основное внимание придается вопросам обоснования технических и технологических параметров современной техники полива сельскохозяйственных культур и формирования продуктивного агроландшафта, направленные на качественные сбережения поливной воды и сдерживания солевого режима почвы зоны аэрации.

Дальнейшее совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур связан с изменением способов орошения, позволяющие более ритмично проводить поливы питательным раствором, создавать лучшие условие роста и развития, обеспечить самые высокие коэффициенты использования техногенных и природных ресурсов.

В низовьях Амударьи в вегетационный период поливная вода поступают поздно и в ограниченном объеме, так за отчетный период поливы начались 11 июля. Данные по поливным и оросительным нормам при капельном поливе представлены в табл. 2.

Из данных таблицы 2 следует, что поливы хлопчатника на посевах капельного орошения произвелись с 11 июля по 10 августа. В контрольном варианте при обычном поливе поданы от 480,2 до 527,3 $м^3$/га поливной воды с оросительной нормой 1520,0 $м^3$/га, когда как для поддержания предполивной влажности на уровне 70% от НВ потребовалось провести 3 полива с поливной нормой от 408,9-478,5$м^3$/га, а оросительная норма составила 1339,8$м^3$/га. При этом для поддержания предполивной влажности почвы на уровне 70% от НВ за вегетацию потребовалось провести 3 полива с межполивным периодом 9-11 дней.

Таблица 2

Поливная и оросительная норма хлопчатника при капельном поливе, $м^3$/га

Варианты	Даты проведения поливов	Поливные нормы			Оросительная норма
		1	2	3	
Контроль	12.07.25	480,2			
	26.07.25		527,3		
	10.08.25			512,7	
итого					1520,2
	11.07.25	408,9			
	20.07.25		452,4		

70 % от НВ	31.07.25			478,5	
итого					1339,8
75 % от НВ	16.07.25	339,3			
	23.07.25		391,1		
	31.07.25			435,5	
итого					1165,9
80 % от НВ	17.07.25	269,7			
	22.07.25		427,0		
	26.07.25			313,2	
итого					1009,9

При поддержании пред поливной влажности на уровне 75% от НВ также потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 339,3 - 435,5 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 1165,9 м^3/га межполивной период составил 7-8 дней.

При поддержании пред поливной влажности на уровне 80% от НВ также потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 269,7 - 427,0 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 1009,9 м^3/га с межполивным периодом 4-6 дней.

Данные свидетельствуют, что при капельном орошении хлопчатника в условиях центральной зоны Каракалпакстана можно значительно экономить поливную воду в зависимости от пред поливной влажности почвы. В нашем случае, в отчетный год наиболее приемлемым оказался вариант, где поливы осуществлялись на уровне 80% от НВ. При этом за вегетационный период экономия воды по сравнению с контролем составляло 510,3 м^3/га.

Из данных таблицы 3 следует, что поливы хлопчатника на посевах дискретного орошения произвелись с 14 июля по 08 августа. В контрольном варианте расход поливной и оросительной воды составила от 555,0 до 762,0 м3/га с оросительной нормой 1937,0 м3/га. Для поддержания предполивной влажности на уровне 70% от НВ потребовалось провести 3 полива с поливной нормой от 414,5-465,8 м^3/га, а оросительная норма составила 1328,4 м^3/га.

Таблица 3

Поливная и оросительная норма хлопчатника при дискретном поливе, м^3/га

Варианты	Даты проведения поливов	Поливные нормы			Оросительная норма
Контроль	14.07.25	762,0			
	28.07.25		620,0		
	08.08.25			555,0	
Итого					1937,0
70 % от НВ	23.07.25	414,5			
	31.07.25		465,5		
	09.08.25			448,4	
Итого					1328,4
75 % от НВ	23.07.25	346,8			
	30.07.25		397,6		
	07.08.25			380,7	
Итого					1125,1
80 % от НВ	23.07.25	275,8			

	28.07.25		304,5		
	04.08.25			321,5	
Итого					901,8

При поддержании пред поливные влажности на уровне 75% от НВ также потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 346,8- 397,6 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 1125,1 м^3/га.

При поддержании пред поливные влажности на уровне 80% от НВ также потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 275,8 - 321,5 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 901,8 м^3/га.

Данные свидетельствуют, что при дискретных орошениях хлопчатника в условиях центральной зоны Каракалпакстана можно значительно экономить поливную воду в зависимости от пред поливные влажности почвы. В наших случаях, в отчетный год наиболее приемлемым оказался вариант, где поливы осуществлялись на уровне 80% от НВ. При этом за вегетационный период экономия воды составляло 1035,2 м^3/га, что по сравнению с капельным орошением позволило экономить еще 108,1 м^3/га поливной воды.

Урожайность хлопчатника

Показатели урожайных данных представлены в таблице 4. По результатам математического анализа следует, что на посевах капельного орошения $НСР_{095}$ = 4,6 ц/га, которое указывает о достоверности полученных результатов в варианте 80% от НВ, отклонение от контроля составило - 6,8 ц/га. В дискретном поливе показатель отклонения от контроля в пределах ошибки опыта.

Таблица 4

Урожайность хлопка сырца при различных вариантах полива, ц/га

Варианты	Повторения			Среднее	Отклонение от контроля
	I	II	III		
Капельное орошение, $НСР_{095}$ = 4,6 ц/га					
Контроль	27,8	25,5	28,2	27,2	-
70% от НВ	29,4	27,2	31,6	29,4	2,2
75% от НВ	31,7	29,6	33,1	31,5	4,3
80% от НВ	34,0	32,3	35,7	34,0	6,8
Дискретное орошение, $НСР_{095}$ = 3,26 ц/га					
Контроль	27,4	24,9	28,6	26,9	-
70% от НВ	28,7	25,0	30,3	28,0	1,1
75% от НВ	29,8	27,3	32,0	29,7	2,8
80% от НВ	30,4	27,9	31,4	29,9	3,0

Изучение суммарного испарения методом водного баланса в разрезе декад вегетационного периода показало, что независимо от технологии орошения кривая суммарного испарения имеет одновершинный характер с максимумом в третьей декаде июля, что совпадает с периодом цветение- плодообразование хлопчатника. Полученные

данные для определения суммарного водопотребления (суммарное испарение, эвапотранспирация, общий валовой расход воды) хлопчатника представлены в таблице 5.

Таблица 5

Влияние технологии орошения на элементы водного баланса хлопкового поля в условиях центрального Каракалпакстана

Элементы водного баланса	Ед. изм.	Способ орошения	
		Дискретный	Капельный
Запас влаги в почве в слое 0-60см в начале вегетации	м^3/га	1099,8	1131,0
Запас влаги в почве в слое 0-60см в конце вегетации	м^3/га	820,6	896,1
Использование влаги из запасов почвы	м^3/га	279,2	234,9
Атмосферные осадки вегетационного периода	м^3/га	-	-
Оросительная норма	м^3/га	1118,4	1171,8
Всего: (Суммарное водопотребление)	м^3/га	**1397,6**	**1406,7**
Урожай хлопка-сырца	ц/га	30,7	33,6
Коэффициент водопотребления	м^3/ц	45,5	41,8

Выявлено, что суммарное водопотребление при капельном орошении составило 1406,7 м^3/га, что на 9,1 м^3/га больше, чем при дискретном поливе. При этом коэффициент водопотребления колеблется в пределах 41,8 - 45,5 м^3/ц.

Таким образом, с точки зрения рационального использования оросительной воды и продуктивности хлопка-сырца в условиях Каракалпакстана, ещё раз доказывает, что применение капельного и дискретного способов орошения имеет преимущества относительно бороздкового полива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Исследованием выявлено, что при капельном орошении все параметры роста растений (высота главного стебля, количества завязей и количества коробочек) в исследуемых вариантах были выше, чем при обычном бороздковом поливе. Так, на 1 июля в контрольном варианте высота растений находилась на уровне 64,8 см, когда как в исследуемых вариантах она находилась в пределах 77,6 - 80,7 см, что на 12,8-15,9 см была выше. На 1 сентября по накоплению количества коробочек исследуемые варианты превышали контрольный на 6,6 – 8,3 штук, что показывает преимущество капельного орошения.

При дискретном орошении высота растений по сравнению с капельным орошением уступала на 20 - 22 см в июле месяца, к августу и сентябрю она доходила до 26 - 28 см. На 1 сентября по накоплению числа коробочек в контрольном варианте составила 12,3 шт., когда как в исследуемых вариантах она колебалась в пределах 20,6 - 25,2 шт., что по сравнению с капельным поливом по вариантам опыта было меньше на 3,7 - 6,2 штук.

2. На участке с капельным орошением, поливы были произведены начиная с 11 июля по 12 августа. В контрольном варианте при обычном поливе поданы от 480,2 до 527,3 м^3/га поливной воды с оросительной нормой 1520,0 м^3/га.

Тогда как при капельном орошении:

для поддержания пред поливной влажности на уровне 70% от НВ потребовалось провести 3 полива с поливной нормой от 408,9 - 478,5м^3/га, а оросительная норма составила 1339,8м^3/га;

для поддержания пред поливной влажности на уровне 75% от НВ потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 339,3 - 435,5 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 1165,9 м^3/га;

для поддержания пред поливной влажности на уровне 80% от НВ потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 269,7 - 427,0 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 1009,9 м^3/га.

Данные свидетельствуют, что при капельном орошении хлопчатника в условиях центральной зоны Каракалпакстана можно значительно экономить поливную воду в зависимости от пред поливной влажности почвы. В нашем случае, в отчетный год наиболее приемлемым оказался вариант, где поливы осуществлялись на уровне 80% от НВ. При этом за вегетационный период экономия воды составила 510,3 м^3/га.

3. На участке с дискретным орошением, поливы начаты с 11 июля по 12 августа. В контрольном варианте на данном участке, расход поливной и оросительной воды составил от 555,0 до 762,0 м^3/га с оросительной нормой 1937,0 м^3/га.

Тогда как при дискретном орошении:

для поддержания пред поливной влажности на уровне 70% от НВ, потребовалось провести 3 полива с поливной нормой от 414,5 - 465,8 м^3/га, а оросительная норма составила 1328,4 м^3/га;

для поддержания пред поливной влажности на уровне 75% от НВ, потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 346,8 - 397,6 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 1125,1 м^3/га;

для поддержания пред поливной влажности на уровне 80% от НВ при дискретном орошении, потребовалось провести 3 полива с поливной нормой 275,8 - 321,5 м^3/га, что соответствовало оросительной норме 901,8 м^3/га.

Данные свидетельствуют, что при дискретном орошений хлопчатника в условиях центральной зоны Каракалпакстана можно значительно экономить поливную воду в зависимости от пред поливной влажности почвы. В наших случаях, в отчетный год наиболее приемлемым оказался вариант, где поливы осуществлялись на уровне 80% от НВ. При этом за вегетационный период экономия воды составила 1035,2 м^3/га, что по сравнению с капельным орошением позволило сэкономить еще 108,1 м^3/га поливной воды.

4. По результатам данных исследований следует, что на посевах капельного орошения $НСР_{095}$ =4,6 ц/га, которое указывает о достоверности полученных результатов в варианте 80% от НВ, отклонение от контроля составила - 6,8 ц/га. В дискретном поливе показатель отклонения от контроля в пределах ошибки опыта.

5. Урожайность хлопчатника на капельном орошении в контроле составила 27,2 ц/га и по мере увеличения пред поливные влажности от 70 до 80% от НВ отмечается повышение урожайности на 2,2-6,8 ц/га, когда как на посевах дискретного орошения она составляла 1,1-3,0 ц/га.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. О мерах по дальнейшему ускорению организации внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве, Документы 11 декабря 202013438 Постановление Президента Республики Узбекистан. // Экономическое обозрение №4 (232) 2019

2. Бамбурова Jl. С. Интенсификация производства томатов в открытом грунте (Обзорная информация). М., 1986. - 56 с.

3. Капельное орошение (Пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»). М.: Союзводпроект, 1986. - 149 с.

4. Кравцова Г.М., Павлов Ф.И., Мустафаев Т.М. Капельный полив//Ж. Картофель и овощи. 1985. -№ 1.

5. Нестерова Г. С., Зонн И. С. Вейцман Е. А. Капельное орошение. -М.: ВНИИИТЭИСХ, 1973. С. 38-50.

6. Ходяков Е.А. Режим капельного орошения сельскохозяйственных культур при капельном и внутрипочвенном способах полива. Монография//ВГСХА. Волгогра, 2002. - 144 с.

7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. - М: Колос, 1979. -416 с.

8. Лактаев Н. Т. Полив хлопчатника. – М.: Колос, 1978, 176 с.

9. Комилов Ф.К., Пулатов Я.Э. Влагообеспеченность и густота стояния посевов кукурузы при капельном орошении в условиях Центрального Таджикистана // Доклады ТАСХН. -Душанбе, 2012. -№4. -С.45-50.

10. Пулатов Я.Э. Капельное орошение тонковолокнистого хлопчатника с использованием пленочной мульчи в условиях Центрального Таджикистана Материалы Республиканской научной конференции (13-14 декабря 2002). -
Душанбе 2002. –С.75-77.

INTEGRATSIYALASHGAN BOSHQARUV MAQSADLARIDA SUV RESURSLARINI MATEMATIK STATISTIKA USULIDA BAHOLASH

Muradov Shuhrat Odilovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktori, t.f.d., professor
To‘rayev Ulug‘bek Murtazoyevich
Qarshi davlat texnika universiteti, t.f.f.d., (PhD)
Mengliqulova Munisa Ergash qizi
Qarshi davlat texnika universiteti 2-bosqich magistranti
Inoyatov Ikrom Shaxrilloyevich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti doktoranti
Анарбеков Ойтуре Бердибекович
КАРИТАС Швейцария лойихасиниг катта техник маслахатчиси

Annotatsiya: Pachkamar gidropostining ko‘p yillik gidrologik ma’lumotlari asosida matematik statistika usullaridan foydangan holda tahlil amalga oshirildi, daryo oqimining hudud va vaqtda barqarorligi hamda o‘zgaruvchanligini tavsiflovchi kompleks gidrologik model yaratildi. Ekstremal holatlarning o‘zgaruvchanligi, ehtimollik tavsiflari va ta’minlanganlik ko‘rsatkichlari hisoblab chiqildi, vaqt qatorlarining bir xilligi Romanovskiy mezoni orqali tasdiqlandi. Foster–Ribkin taqsimot ko‘rsatkichlari bo‘yicha olingan modul koeffitsientlarning hisobiy qiymatlari nazariy ehtimollik taqsimotlari qonunlari bilan yuqori darajada mos kelishi aniqlanib, kuzatuvlarning sifati va prognoz modellarini tuzishda ishonchliligi asoslab berildi. Mavsumiy dinamikani tahlil qilish natijasida bahor–yoz davrida oqimning keskin oshishi, kuz–qish mavsumida esa minimal qiymatlarga qaytishi aniqlandi, bu esa havzaning iqlim omillariga yuqori sezgirligini ko‘rsatadi. Ishlab chiqilgan statistik model suv resurslarini uzoq muddatli boshqarish, ekstremal gidrologik vaziyatlarni prognozlash, ta’minlanganlik darajalarini asoslash

hamda sug‘oriladigan hududlarda suv taqsimoti strategiyalarini optimallashtirish uchun ilmiy-uslubiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Olingan natijalar Pachkamar gidroposti ma’lumotlarining amaliy va nazariy ahamiyatini tasdiqlaydi hamda ularni suv resurslarini integrallashgan boshqarish shakily loyihalarini ishlab chiqishda muhim axborot manbai sifatida qo‘llash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Pachkamar gidroposti, matematik statistika, tavsifli sarflarni hisoblash, suv resurslarini integrallashgan holda boshqarish.

Annotation: Based on long-term hydrological data from the Pachkamar Hydrological Station, a comprehensive analysis was performed using methods of mathematical statistics, resulting in the development of an integrated hydrological model that characterizes the spatial and temporal stability and variability of river discharge. Variation and probabilistic characteristics of extreme states, as well as reliability indicators, were calculated, while the homogeneity of the time series was confirmed using the Romanovsky criterion. The calculated modular coefficients obtained from the Foster–Ribkin distribution parameters demonstrated a high degree of consistency with theoretical probability distribution laws, which substantiates the high quality and reliability of observations for developing predictive models. The analysis of seasonal dynamics revealed a sharp rise in discharge during the spring–summer period and a return to minimum values in autumn–winter, indicating the high sensitivity of the basin to climatic factors. The developed statistical model provides a scientific and methodological basis for long-term water resources management, forecasting extreme hydrological events, determining reliability (supply) levels, and optimizing water allocation strategies in irrigated areas. The results confirm both the practical and theoretical significance of the hydrological data from the Pachkamar Hydrological Station and allow their consideration as an important information source for designing integrated water resources management schemes.

Keywords: Pachkamar Hydrological Station, mathematical statistics, characteristic discharge calculation, integrated water resources management.

Аннотация: На основе многолетних гидрологических данных гидропоста Пачкамар выполнен анализ с применением методов математической статистики, получена комплексная гидрологическая модель, характеризующая пространственно-временную устойчивость и изменчивость речного стока. Рассчитана вариация, вероятностные характеристики экстремальных состояний и показатели обеспеченности, однородность временных рядов подтверждена критерием Романовского. Расчётные модульные коэффициенты, полученные по показателям распределения Фостера–Рибкина, продемонстрировали высокую степень согласованности с теоретическими законами распределения вероятностей, что обосновывает высокое качество наблюдений и их надёжность для построения прогностических моделей. Анализ сезонной динамики показал резкое увеличение стока в весенне-летний период и возвращение к минимальным значениям в осенне-зимний сезон, что указывает на высокую чувствительность бассейна к климатическим факторам. Разработанная статистическая модель формирует научно-методическую основу для долгосрочного управления водными ресурсами, прогноза экстремальных гидрологических ситуаций, обоснования уровней обеспеченности, а также оптимизации стратегий распределения воды на орошаемых территориях. Полученные результаты подтверждают, как практическую, так и теоретическую значимость данных гидропоста Пачкамар и позволяют рассматривать их в качестве важного информационного источника для разработки схем интегрированного управления водными ресурсами.

Ключевые слова: гидропост Пачкамар, математическая статистика, расчет характерных расходов, интегрированное управление водными ресурсами.

KIRISH

Suv resurslari har bir davlatning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishida muhim strategik omil bo‘lib, ularni boshqarish, taqsimlash va muhofaza qilish jarayonlari ilmiy asoslangan qarorlarni talab etadi. Hozirgi davrda iqlim o‘zgarishi, global isish, aholining ko‘payishi, sanoat va qishloq xo‘jaligining kengayishi sharoitida suv tanqisligi masalasi yanada keskinlashib bormoqda. Bunday vaziyatda suv resurslarini integrallashgan boshqarish tamoyillariga asoslangan yondashuv, gidrologik kuzatuvlarning aniqligi va ilmiy tahlillarning ishonchliligini oshirish nihoyatda dolzarbdir. Tog‘oldi mintaqalardagi Pachkamar gidroposti, daryo havzasining gidrologik rejimini aniqlashda asosiy manba bo‘lib xizmat qiladi [1].

O‘zbekiston suv resurslaridan oqilona foydalanish bo‘yicha mustahkam normativ-huquqiy asosga ega. O‘zbekiston Respublikasining Suv kodeksi (2025-yil) [13] mamlakatdagi barcha suv resurslarini davlat mulki ekanini belgilab, ularni boshqarishning huquqiy, tashkiliy va iqtisodiy asoslarini aniq belgilab berdi. Kodeksda har bir daryo havzasida suvni hisobga olishning aniq metodologiyalari joriy etilishi, gidropostlar faoliyati to‘liq raqamlashtirilishi va suv taqsimoti jarayoni shaffof bo‘lishi ustuvor yo‘nalish sifatida qayd etilgan [13]. Bundan tashqari, “Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida”gi [14], “Atrof-muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonunlari, PF-4947-sonli Harakatlar strategiyasi, shuningdek suv xo‘jaligini rivojlantirish konsepsiyalari suv resurslarini boshqarish tizimini modernizatsiya qilish, suv ehtiyojini prognozlash, suvni tejaydigan texnologiyalarni keng joriy etish va gidromonitoringni mustahkamlashga qaratilgan [15]. 2025-yilda O‘zbekiston Prezidenti ekologiya va suv barqarorligi sohasi bo’yicha nutqida suv resurslarini boshqarish masalasi davlat siyosatining eng ustuvor yo‘nalishlaridan biri ekanini ta’kidlab: “Iqlim o‘zgarishi sharoitida suv har bir hududimizning eng muhim strategik boyligiga aylanmoqda. Har bir tomchi suv hisobda bo‘lishi, har bir hudud suvdan oqilona foydalanishi shart. Buning garovi — aniq gidrologik ma’lumotlar va ilmiy asoslangan boshqaruvdir”dedi. Shuningdek, davlat rahbari suv inshootlarini modernizatsiya qilish, suvni tejaydigan texnologiyalarni keng joriy etish va gidrologik monitoringni raqamlashtirishning ahamiyatini alohida qayd etib: “Biz suvni isrof qilmasligimiz va ilmiy yondashuv asosida boshqarishimiz — kelajak avlodlar oldidagi eng muhim burchimizdir” deya ta’kidladilar.

Bu yondashuv suv xo‘jaligi tizimida ilmiy tadqiqotlar, gidrologik hisob-kitoblar va gidropostlar faoliyatining ahamiyatini yanada oshiradi [6]. Ayniqsa Pachkamar gidroposti kabi yirik kuzatuv punktlari suv oqimining yillik va mavsumiy o‘zgaruvchanligini tahlil qilish, suv taqsimoti rejimini shakllantirish va havza bo‘yicha integrallashgan boshqaruvni takomillashtirishda asosiy manba hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi — Pachkamar gidroposti gidrologik ma’lumotlari asosida suv resurslarining mavjudligi, ularning ko‘p yillik o‘zgarish tendensiyalari, ekstremal holatlar va suvdan integrallashgan foydalanish imkoniyatlarini baholashdir [1]. Ushbu ilmiy natijalar suv xo‘jaligi amaliyoti, havzaviy boshqaruv organlari, ekologik tahlil markazlari va boshqa mutaxassislar faoliyatida muhim metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.

ASOSIY QISM

Ma’lumki, matematik statistika ehtimollar nazariyasining instrumenti hisoblanadi va tabiiy suv resuruslarini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Quruqlik gidrilogiyasida hodisalar va jarayonlar ko‘p hollarda bir qancha omillarga bog‘liq holda sodir bo‘ladi. Masalan yillik oqim shu davr davomidagi yog‘ingarchilik miqdoriga,alohida fasllar bo‘yicha yog‘in miqdoriga, havoning haroratiga, bug‘lanishiga va hokozalarga bog‘liq bo‘ladi *[$Y = f((X_y, (X_{qish}, t_0$ t....)]. Bu omillarning har biri o‘z navbatida,bir qator omillar ta’siri bilan aniqlanadi.Gidrologiyada statistik qonuniyatlarni tadbiq etish, gidrologik rejim tavsiflarini (Q_{max}, Q_{min}, $Q_{o‘rt}$, X, ...) tasodifiy miqdorlar yig‘indisi deb qarashga asoslangan [1].*

Ehtimollik nazariyasining cheklangan teoremalari, gidrologik qatorlarning tasodifiy miqdorlar yig‘indisi hisoblanadi.Bu teoremalarning asosiy holati katta sonlar qonuniga bog‘liq

bo‘lib, bir xil hodisalar ko‘p qaytarilganda, ularning o‘rtacha qiymati umuman tasodifiy bo‘lmay qoladi va yetarlicha aniqlik bilan prognoz qilish imkoni tug‘iladi [2].

Tabiiy hodisalardagi qonuniyatlarni o‘rganish va yoritishda matematik statistika usullaridan foydalaniladi.Ehtimollar nazariyasining xulosalari, albatta, uzoq davom etadigan ba‘zi kuzatishlar,daryoning ma’lum oqim tezligining paydo bo‘lish ehtimoloni aniqlash mumkin, ma’lum vaqt oralig‘ida va shu ma’noda ushbu xulosalar biz uchun foydali bo‘lib chiqadi.

Biroq, meteorologik va gidrologik kuzatuvlar ketma-ketligini har qanday o‘rganishda, ularga matematik statistika usullarini qo‘llashdan oldin, hodisaning fizik mohiyatini o‘rganish, mavjud sabablar va omillari bilan bo‘liq holda uning mexanizmini yoritib berish kerak, bu ta’sir ostida ma’lum hodisa yuzaga keladi va shakllanadi [2].

Tadqiqotda tayanch gidropost sifatida O‘radaryoning Pachkamar gidropostini tanlangan. *Taqsimlanishning asosiy parametrlariga qatorning o‘rtacha miqdori, o‘zgaruvchanlik va simmetriyalik tavsiflari ham kiradi. Oqimning o‘rtacha qiymat quyidagicha hisoblangan*:

$$X_0 = \frac{\sum_1^n X_i}{n} \quad \text{yoki} \quad Q_0 = \frac{\sum_1^n Q_i}{n} \quad \text{yoki} \quad W_0 = \frac{\sum_1^n W_i}{n} \qquad (1)$$

Bu yerda:

X_0 – *o‘rtacha qiymat;*

X_i – *yillik o‘rtacha qiymat;*

Q_o – *suv sarfining me’yori;*

W_o – *oqim me’yori;*

Q_i – *o‘rtacha yillik suv sarfi;*

n –*qatorlar soni.*

Statistik qatorning o‘zgaruvchanligi turlicha tavsiflar bilan baholanadi. Ulardan eng oddiysi amplituda ko‘rinishida:

$$\mathbf{A=X_{max}-X_{min}}\ , \qquad (2)$$

Bu yerda: A – statistik qatorning o‘zgaruvchanligi, X_{max} – qatordagi maksimal qiymat, X_{min} – qatordagi minimal qiymat

Gidrologik tavsiflarning ta’minlanganligi, ularning boshqa har qanday miqdorlaridan oshib ketish ehtimolidir. Agar gidrologik miqdorlar qatori (Q_i) kamayib borish tartibida joylashtirilsa, ta’minlanish ehtimoli (P %) quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi .

$$P = \frac{m}{n} * 100\%; \quad P = \frac{m}{n-1} * 100\%; \quad P = \frac{m-0,3}{n+0,4} * 100\% \qquad (3)$$

Bu yerda: P– taminlanish koeffitsienti;

m – qatorning kamayib borish tartibidagi raqami (1,2,3,., n);

n – qatorlarning umumiy soni.

$P = \frac{m}{n-1} * 100\%$ formulasi maksimal suv sarflarining empirik ta’minlanganligini hisoblash uchun S.N.Kriskiy va M.F.Menkel tomonidan ishlab chiqilgan.

$P = \frac{m-0,3}{n+0,4} * 100\%$ formulasi o‘rtacha yillik suv sarflarining empirik ta’minlanganligini hisoblash uchun N.N.Chegodayev tomonidan tavsiya qilingan.

$P = \frac{m}{n} * 100\%$. *Kuzatuv yillari qatorlari soni ko‘p bo‘lganda ushbu formuladan foydalaniladi (n> 70) [1].*

O‘radaryoning Pachkamar gidropost ma’lumotlari bo‘yicha suv resuruslarining ehtimolligi hisoblari keltirilgan.

O‘zgaruvchanlik darajasini belgilovchi sifatida o‘rtacha kvadratli farqdan foydalaniladi va ushbu ifoda bilan aniqlanadi. O‘rtacha kvadratli farqning o‘rtacha arifmetik miqdorga nisbati o‘zgaruvchanlik koeffitsiyenti (variatsiya), deb ataladi.

X_i/X_0 (yoki X_i/X_{max}) qiymatni "K" (modul koeffitsiyenti) bilan almashtirganda, o‘zgaruvchanlik koeffitsiyenti quyidagi formula bilan hisoblangan:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_1^n (k-1)^2}{n}} = \sqrt{30.03}/96 = 0{,}56 \qquad \textbf{(4)}$$

Bu yerda: *K– modul koeffitsienti*
Cv–o‘zgaruvchanlik koeffitsienti
Wmax–maksimal suv sarfi

Variatsiya koeffitsiyentining xatoligi quyidagi formula orqali topilgan:

$$\varsigma C_v = \pm\sqrt{\frac{1+C_v^2}{2n}} * 100\% = \sqrt{\frac{1+0.56^2}{2*96}} * 100\% = 8{,}2\ \% \qquad \textbf{(5)}$$

Ushbu hisobdan ko‘rinadiki, C_v ning xatoligi talab darajasida, chunki xatolik foizi 10 dan oshmagan.

C_v xatoligini tekshirish me’yorlari:

C_v= 0,2-0,3 = 20 %
C_v= 0,4-0,8 = 10 % (6)
C_v > 0,8 = 5 %

Romanovskiy bo‘yicha o‘rtacha kvadratik chetlashish (yoyilish) n>30 bo‘lsa, maxrajda n bo‘ladi, n<30 bo‘lsa, maxrajda (n-1) bo‘ladi. Shuni inobatga olib, quyidagi formuladan foydalandik:

$$\varsigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n W_i^2 - W_0^2}{n}} \ \textbf{(6)}\text{, yoki } \varsigma = \frac{100}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{\sum_1^n (k-1)^2}{n}} = \frac{100}{\sqrt{96}} * \sqrt{30.03}/96 = 5.7 \qquad \textbf{(7)}$$

Qatorning simmetriyasi quyidagi assimetriya koeffitsiyenti formulasi asosida hisoblanadi:

$$C_s = \frac{\sum_1^n (W_i - W_0)^3}{n\varsigma} \qquad \textbf{(8)}$$

yoki o‘lchovsiz qator uchun:

$$C_s = \frac{\sum_1^n (k-1)^3}{n\varsigma} \qquad \textbf{(9)}, \qquad C_s = \frac{\sum_1^n (k-1)^3}{n * C_v^3} = 31.11/96 * 0.56^3 = 1{,}84 \qquad \textbf{(10)}$$

Assimetriya koeffitsiyentining xatoligi quyidagi formula bo‘yicha aniqlandi:

$$C_s = \pm\frac{1}{C_s}\sqrt{\frac{6}{n}(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)} * 100\% = \frac{1}{1{,}84} * \sqrt{6}/96(1 + 6 * 0.56^2 + 5 * 0.56^4) * 100\% =$$

21,6 % **(11)**

Ma’lumki, aniq C_s ni hisoblash uchun qatorlar soni (n) 100 dan oshishi talab etiladi. Aks holda C_s ni ko‘p hollarda C_v ga nisbatan qabul qilinadi:

$$\frac{C_s}{C_v} = 0{,}5;\ 1{,}0;\ 2{,}0;\ 3{,}0;\ 4{,}0;\ 5{,}0 \qquad \textbf{(12)}$$

Yuqoridagilarga asoslanib nazariy ta’minlangan egri chizig‘ining asosiy parametrlari (X_0,C_v, C_s) aniqlandi.

A.Foster 1923-yili ta’minlanganlik egri chizig‘i ordinatalarining jadvalini tuzishga muvaffaq bo‘lgan, buning uchun C_v va C_s qiymatlaridan foydalaniladi. Foster tuzgan jadvalga keyinchalik S.I.Ribkin aniqlik kiritgan va bu jadval Foster-Ribkin jadvali, deb ataladi [2] .

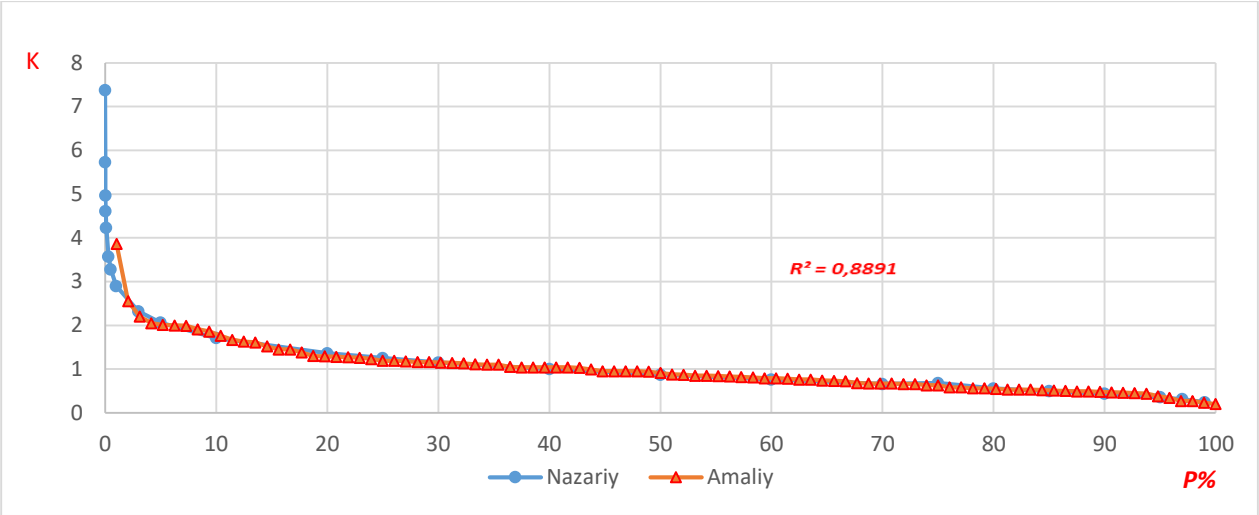
Bevosita kuzatish ma’lumotlari asosida hisoblangan o‘zgaruvchanlik koeffitsiyenti (C_v =0.56) ni *Interpolyatsiya usulida* $C_s$ni= X **C_v,** (1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4.) nisbatlari uchun modul koeffitsiyenti (**K**) miqdorlarni aniqlandi. Ushbu Foster-Ribkin jadvalidan foydalangan holda ta’minlanganlik nazariy egri chizig‘i empirik egri chizig‘i bilan taqqoslangan. Amaliy ko‘rsatkichlar nazariy egri chiziqlar bilan taqqoslandi. (1-rasm).

Tanlangan (C_s=3C_v) nazariy egri chiziqdan P=50, 75, 85, 95 % ga teng modul koeffitsiyentlar aniqlangan. Har bir oqimni xarakterli taminlanishga nisbatan aniqlangan nazariy

egri chiziq modul koeffitsiyentni amaliy oqim meyoriga ko‘paytirib tegishli suv oqimini aniqlangan.

$$W_p=K_i \cdot W_0 \quad \textbf{(13)}$$

Bu yerda K_i – qabul qilingan nazariy egri chiziqdan olingan modul koeffitsiyent qiymatlari.



1-rasm. Nazariy va amaliy egri chiziqlar ($C_s=3C_v$)

Natijada, ko‘p yillik ma’lumotlarga asoslanib, har bir hisoblangan suv sarflariga Q_p yaqin kelgan jadval o‘rtacha yilning suv sarfi aniqlangan va yillardagi o‘rtacha oylik suv sarflari olingan hamda har bir oy uchun quyidagi formula yordamida oqim hajmi hisoblangan [1] (1-jadval):

$$W=Q_{o‘rtacha\ oylik}*T \quad \textbf{(14)}$$

Bu yerda T – bir oydagi sekundlar soni.

1-jadval

Yer usti suv resurslarining ehtimolligi

Ko‘rsatkichlar	Ta’minlanish, P %			
	50	**75**	**85**	**95**
K_i	0,871	0,68	0,495	0,355
$W_x=K_i*W_0$ mln/m^3	143,1053	111,724	81,3285	58,3265
Qp=W/T, T=31,5*10^6	4,54	3,55	2,58	1,85

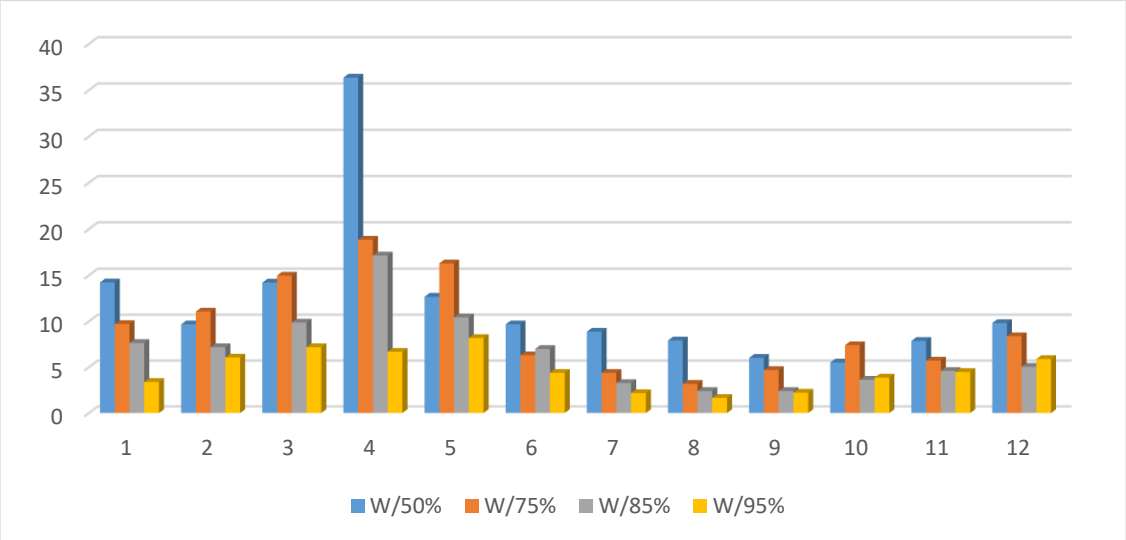
Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, tanlab olingan tayanch gidroposti ko‘p yillik gidrologik ma’lumotlarining oqim hisobining ishonchliligi yuqori bo‘lib, bu ta’minlanganlikning nazariy va amaliy egri chiziqlarida ko‘rinib turibdi. Demak, yuqoridagilardan kelib chiqib, tumanda suv resurslarini integrallashgan holda boshqarishni amalga oshirish mumkin [5].

2-jadval

Yer usti suvlari hajmining oylar bo‘yicha taqsimlanishi

Ko‘rsat kichlar	O‘lchov birligi	Yillik hajmi	Oylar											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T	s	31,5	2,64	2,42	2,67	2,59	2,67	2,59	2,67	2,67	2,67	2,59	2,59	2,67
Q=50% 1970-yil	m^3/s	4,55	5,39	4,00	5,32	14,04	4,75	3,73	3,32	2,96	2,25	2,13	3,04	3,67
W/50%	mln/m^3		14,23	9,67	14,21	36,35	12,68	9,67	8,87	7,91	6,02	5,51	7,87	9,81
Q=75% 1995-yil	$м^3/с$	3,54	3,68	4,57	5,61	7,28	6,10	2,43	1,64	1,19	1,76	2,86	2,21	3,14
W/75%	mln/m^3		9,71	11,07	14,97	18,85	16,29	6,30	4,38	3,18	4,69	7,40	5,72	8,38
Q=85% 1974-yil	m^3/s	2,57	2,89	2,97	3,70	6,62	3,91	2,70	1,23	0,90	0,90	1,40	1,77	1,89
W/85%	mln/m^3		7,64	7,18	9,87	17,14	10,44	6,99	3,27	2,40	2,40	3,63	4,59	5,04
Q=95% 2000-yil	m^3/s	1,79	1,28	2,50	2,69	2,58	3,07	1,69	0,81	0,62	0,83	1,49	1,73	2,21
W/95%	mln/m^3		3,39	6,05	7,18	6,68	8,18	4,38	2,17	1,65	2,22	3,86	4,48	5,89

Hisoblangan ma’lumotlarga asosan, oqimning umumlashgan gistogrammasi tuzilgan (2-rasm).



2-rasm. Daryo oqimining umumlashgan gistogrammasi

XULOSA

Pachkamar gidropostida yig‘ilgan ko‘p yillik gidrologik kuzatuvlar qatori matematik statistika usullari asosida tahlil qilinishi, ushbu hududning suv resurslari rejimini chuqur o‘rganish, mavjud gidrologik jarayonlarning qonuniyatlarini aniqlash hamda suv resurslarini barqaror boshqarish bo‘yicha ilmiy asoslarni shakllantirish imkonini berdi. Tadqiqot davomida suv sarflari qatorining statistik barqarorligi, mavsumiy dinamikasi, yillik oqimning o‘zgaruvchanlik darajasi,

ta’minlanganlik ehtimollari, ekstremal holatlar va ularning ehtimollik taqsimotlari puxta o‘rganilib, oqimning statistik modeli ishlab chiqildi [1]. Uzoq muddatli variatsion tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, yillik suv sarflarining o‘zgarishi tasodifiy tebranishlar bilan birga, hududning fizik-geografik sharoitlari bilan bog‘liq barqaror va tizimli qonuniyatlarga ega. O‘rtacha yillik suv sarfi mintaqaning gidrologik rejimini tavsiflovchi asosiy integral ko‘rsatkich bo‘lib, daryo oqimining umumiy sig‘imi, qishloq xo‘jaligini suv bilan ta’minlash darajasi va gidromeliorativ tadbirlarning samaradorligini baholashda muhim ahamiyatga ega. Variatsiya koeffitsiyenti (C_v) oqimning o‘zgaruvchanlik darajasini aniqlashda asosiy mezon bo‘ldi. C_v qiymatlarining nisbatan yuqoriligi daryo oqimining iqlimiy omillarga sezgirligini, suv sarflarining yillik farqi keskin ekanini ko‘rsatdi. Romanovskiy mezonlari bo‘yicha amalga oshirilgan tahlil, kuzatuv qatorlarining statistik barqarorligini tasdiqladi, bu esa Pachkamar gidroposti ma’lumotlaridan prognozlash va matematik modellashtirish jarayonlarida ishonchli foydalanish mumkinligini anglatadi [6].

Foster–Ribkin jadvali asosida ta’minlanganlik darajalari bo‘yicha modul koeffitsiyentlarning aniqlanishi, oqimning ekstremal qiymatlarini baholash imkonini berdi. 50 %, 75 %, 85 % va 95 % ta’minlanganlik darajalari bo‘yicha olingan suv sarfi qiymatlarining amaliy egri chiziqlar bilan yuqori darajada mos kelishi, kuzatuv ma’lumotlarining aniqligi va nazariy taqsimotga yaqinligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, 75–85 % ta’minlanganlik oralig‘idagi aniq natijalar sug‘oriladigan hududlar uchun suv taqsimlash rejalarini takomillashtirishda alohida ahamiyatga ega.Oylik va mavsumiy taqsimot tahlili bahor-yoz davrida suv sarflarining sezilarli darajada ko‘payishi, kuz-qish davrida esa minimal qiymatlarga tushishini ko‘rsatdi. Ushbu mavsumiylik tog‘ mintaqalaridagi qor va muzliklarning erishi, yog‘inlar taqsimoti, harorat va bug‘lanish jarayonlari bilan uzviy bog‘liq. Suv sarflarining bunday mavsumiy tebranishi suv omborlaridan foydalanish, suv zahiralarini shakllantirish va mavsumiy suv tanqisligini yumshatish bo‘yicha boshqaruv qarorlarining ahamiyatini yana bir bor tasdiqlaydi.Tadqiqot jarayonida qurilgan oqim gistogrammasi gidrologik rejimning barqarorligi va taqsimot xususiyatlarini vizual tasdiqladi.

Gistogramma aprel oyiga to‘g‘ri keladigan aniq ifodalangan bahorgi toshqin maksimumini hamda uzoq davom etadigan yoz–kuz kam suv davrini ko‘rsatadi. Oqimni miqdori yilning suvligiga sezilarli darajada bog‘liq: suvi kam bo‘lgan yillarda (W/85–95%) oqim hajmlari 30–70% gacha kamayadi, ayniqsa bahorning asosiy davrida. Barqaror suv boshqaruvini ta’minlash uchun bahorgi suvlarni jamlash va kam suv mavsumida suvni tejovchi texnologiyalarni joriy etish zarur.

Bu esa suv toshqinlari va qurg‘oqchilik yillaridagi ekstremal holatlarni matematik modellashtirish orqali oldindan baholash imkoniyatini kengaytiradi.

Olingan natijalar Pachkamar gidroposti bo‘yicha mavjud kuzatuvlar ilmiy jihatdan yuqori aniqlikka ega ekanini ko‘rsatdi. Ushbu ma’lumotlar suv resurslarini integrallashgan boshqarish tizimini joriy etish uchun zarur bo‘lgan asosiy gidrologik parametrlarga aniqlik kiritadi. Suv ta’minotining ehtimollik bo‘yicha baholanishi, statistik taqsimotning ishonchli aniqlanishi hamda oqimning barqaror va beqaror davrlarining belgilanishi, qishloq xo‘jaligi samaradorligini oshirish, meliorativ tizimlarni optimallashtirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.Shuningdek, ushbu natijalar hududda suv tanqisligi xavfining kelajakdagi ehtimolini baholash, suv resurslarini uzoq muddatli prognozlash va strategik boshqaruv bo‘yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishda ham katta ahamiyat kasb etadi. Pachkamar gidropostida olib borilayotgan kuzatuvlar tizimining yetarlicha aniqligi, gidrologik modellashtirish va suv xo‘jaligi rejalashtirish ishlarida yuqori ishonchlilikni ta’minlaydi. Umuman olganda, matematik statistika usullari asosida olib borilgan mazkur gidrologik tahlillar, Pachkamar gidroposti ma’lumotlarining ilmiy qiymati yuqori ekanini, ular suv resurslarini miqdoriy va sifat jihatdan baholash, ekstremal holatlarni prognozlash, ta’minlanganlik darajalarini aniqlash va suv

resurslarini optimal boshqarish bo‘yicha muhim, barqaror va keng qamrovli ilmiy manba ekanini to‘liq tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Muradov Sh.O., To‘rayev U.M. Suv resurslarini integrallashgan holda boshqarish (Qashqadaryo viloyati misolida). Monografiya. Qarshi. “ILM-FAN -MA’NAVIYAT” nashriyoti, 2025. 159 bet.
2. Сирлибоева З.С. Гидрологик ҳисоблашлар. – Тошкент 2001. – 115 б.
3. Джалалов А.А. Экологические аспекты управления водными ресурсами на реках – механизмы лимитирования и регулирования // Интегрированное управление водными ресурсами. Часть 2. НИЦ МКВК. – Ташкент. 2001. – С. 4-18.
4. Мурадов Ш.О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана. Монография. – Ташкент: Фан, 2012. – 376 с.
5. Мурадов Ш.О., Тўраев У.М. Саноат корхоналари ва қишлоқ хўжалигида сув ресурсларидан мукаммал фойдаланиш ва муҳофаза қилиш – ичимлик суви муаммосини ечишдир // “Экология хабарномаси” журнали. – Тошкент. 2018, № 6. – Б. 20-22.
6. Мурадов Ш.О., Тураев У.М., Турдиева Ф.А., Раджабова Д.А., Тураева Б.Б. Маркетинг и менеджмент экологических проблем аридных территорий в период изменения климата // Теория и практика экономики гражданской защиты на страже безопасности жизнедеятельности современного общества. Материалы III Международной научно-практической конференции. – Москва, 2023. – С. 259-265.
7. Чуб В.Е. Водные ресурсы бассейна реки Кашкадарьи. Актуальные проблемы обеспечения водоустойчивости // Материалы республиканской научно-технической и методической конференции. – Карши, 2010. – С. 16-21.
8. Шикломанов И.А. Развитие орошения в мире и его влияние на водный баланс // Современные проблемы гидрологии орошаемых земель. Ч. 1. – М.: МГУ, 1981. – С. 3-15.
9. Юнусов Г.Х., Трофимов Г.Н. Оценка основных характеристик стока рек бассейна Кашкадарьи в современных условиях // Фан-техника тараққиёти ва география: илмий-амалий анжуман материаллари. – Самарқанд, 2007. – Б. 53-55.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020 – 2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” PF-6024-son Farmoni.
11. Муравская М.Л. Правовые аспекты интегрированного управления водными ресурсами на основе бассейнового принципа // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. NOTA BENE (ООО "НБ-Медиа") (2013) 4, С. 726-731.
12. Свинцов И.П. Рациональное природопользование в аридных регионах России // Мелиорация и водное хозяйство. – М., 2005. №1. – С. 3-6.
13. O‘zbekiston Respublikasining Suv kodeksi. – Toshkent, 2025
14. “Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida”gi Qonun. – Toshkent, 2020 (oxirgi o‘zgartirishlar bilan).
15. O‘zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha Harakatlar strategiyasi. PF–4947-son Farmon, 2017-yil 7-fevral.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL IMPACT OF GROUNDWATER LEVEL MANAGEMENT IN FERGANA REGION AND A SUSTAINABLE LAND-WATER SYSTEM MODEL

Samiev Lukmon Naimovich
Prof., department of Hydraulics and hydroinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers – National Research University, Faculty of Hydromelioration,
Akromov Jamoliddin Ikromjon ugli
PhD student, Research Institute of Environment and Nature Conservation Technologies
Jalilova Khumora Abdumumin kizi
PhD student, department of Hydraulics and hydroinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers – National Research University, Faculty of Hydromelioration

Abstract. This study is devoted to a comprehensive assessment of the dynamics of groundwater level and its impact on agro-ecological systems in the case of Fergana region. Within the framework of the study, data from monitoring wells, land reclamation statistics, Sentinel-2 NDVI data, Landsat-8 LST (Land Surface Temperature) and soil salinity maps were analyzed in an integrated manner for the period 2014–2023. Based on GIS and remote sensing technologies, a map of ecological risk zones related to groundwater level and the spatial distribution of land degradation intensity were developed.

The results showed a sharp increase in salinity, plant stress and land degradation processes in areas with groundwater levels shallower than 1.5 m. A negative correlation was found between the depth of groundwater and NDVI, confirming that shallow groundwater layers have a negative impact on plant vegetation. In the ecological risk maps compiled based on GIS, it was found that high and very high degradation zones are mainly located in irrigated lowland areas.

Also, the reconstruction of drainage systems and the introduction of water-saving irrigation technologies were evaluated as effective measures to stabilize groundwater levels, improve the physical and chemical state of the soil, and restore plant cover. The results of the study create a scientific and practical basis for sustainable management of land and water resources in the Fergana region and the rehabilitation of degraded areas.

Keywords: groundwater, land degradation, Fergana region, NDVI, GIS analysis, soil salinity, water resources management, agroecology, remote sensing

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot Farg'ona viloyati misolida yer osti suvlari sathining dinamikasi va uning agroekologik tizimlarga ta'sirini kompleks baholashga bag'ishlangan. Tadqiqot doirasida 2014–2023 yillar uchun monitoring quduqlaridan olingan ma'lumotlar, yerlarning meliorativ holati statistikasi, Sentinel-2 NDVI ma'lumotlari, Landsat-8 LST (Yer yuzasi harorati) va tuproq sho'rlanish xaritalari kompleks tahlil qilindi. GIS va masofadan zondlash texnologiyalari asosida yer osti suvlari sathi va yerlarning degradatsiyasi intensivligining fazoviy taqsimlanishi bilan bog'liq ekologik xavf zonalari xaritasi ishlab chiqildi.

Natijalar yer osti suvlari sathi 1,5 m dan kam bo'lgan hududlarda sho'rlanish, o'simliklar stressi va yerlarning degradatsiyasi jarayonlarining keskin oshganligini ko'rsatdi. Yer osti suvlari chuqurligi va NDVI o'rtasida salbiy korrelyatsiya aniqlandi, bu esa sayoz yer osti qatlamlari o'simliklariga salbiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi. GIS asosida tuzilgan ekologik xavf xaritalarida yuqori va juda yuqori degradatsiya zonalari asosan sug'oriladigan pasttekislik hududlarida joylashganligi aniqlandi.

Shuningdek, drenaj tizimlarini rekonstruksiya qilish va suvni tejaydigan sug'orish texnologiyalarini joriy etish yer osti suvlari sathini barqarorlashtirish, tuproqning fizik-kimyoviy holatini yaxshilash va o'simlik qoplamini tiklash bo'yicha samarali choralar sifatida baholandi. Tadqiqot natijalari Farg'ona viloyatida yer va suv resurslarini barqaror boshqarish va degradatsiyaga uchragan hududlarni tiklash uchun ilmiy va amaliy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: yer osti suvlari, yer degradatsiyasi, Farg'ona viloyati, NDVI, GIS tahlili, tuproq sho'rlanishi, suv resurslarini boshqarish, agroekologiya, masofaviy zondlash

Аннотация. Данное исследование посвящено комплексной оценке динамики уровня грунтовых вод и его влияния на агроэкологические системы на примере Ферганской области. В рамках исследования были комплексно проанализированы данные мониторинговых скважин, статистика мелиорации, данные Sentinel-2 NDVI, данные Landsat-8 LST (температура поверхности земли) и карты засоления почв за период 2014–2023 годов. На основе ГИС и технологий дистанционного зондирования была составлена карта зон экологического риска, связанная с уровнем грунтовых вод и пространственным распределением интенсивности деградации земель.

Результаты показали резкое увеличение засоленности, стресса растений и процессов деградации земель на территориях с уровнем грунтовых вод менее 1,5 м. Была обнаружена отрицательная корреляция между глубиной залегания грунтовых вод и NDVI, что подтверждает негативное влияние неглубокого залегания грунтовых вод на растительный покров. На картах экологического риска, составленных на основе ГИС, установлено, что зоны высокой и очень высокой деградации преимущественно расположены на орошаемых равнинных территориях. Также реконструкция дренажных систем и внедрение водосберегающих технологий орошения были оценены как эффективные меры по стабилизации уровня грунтовых вод, улучшению физико-химического состояния почв и восстановлению растительного покрова. Результаты исследования создают научно-практическую основу для устойчивого управления земельными и водными ресурсами в Ферганской области и реабилитации деградированных территорий.

Ключевые слова: грунтовые воды, деградация земель, Ферганская область, NDVI, ГИС-анализ, засоление почв, управление водными ресурсами, агроэкология, дистанционное зондирование

INTRODUCTION

The level of ground water and its changes are one of the most sensitive and decisive factors of the ecological stability of areas located in arid and semi-arid zones. The Central Asian region, including the territory of Uzbekistan, is characterized by a socio-economic system based on irrigated agriculture, and any changes in the groundwater regime in this region directly affect land resources, agricultural productivity, soil quality and the general ecological state. In recent decades, as a result of global climate change, overuse of water resources, aging and mismanagement of irrigation systems, environmental problems related to ground water have become more acute. In particular, the rise in groundwater levels and the increase in their mineralization in the plains of Central Asia are leading to increased soil salinity, reduced crop yields, and landscape degradation.

Anthropogenic pressure on groundwater is increasing year by year as the area of irrigated land in Central Asia expands. In particular, the groundwater regime is being disrupted as a result of the construction of large hydraulic structures regulating river flows, violations of irrigation standards, and insufficient development of drainage systems. The ecological disasters in the Amu Darya and Syrdarya basins, which were previously studied as classic examples of the region, including the Aral Sea disaster, clearly demonstrated the importance of groundwater management problems. Researchers such as Qosimov et al. 2018, Micklin et al. 2014, and Karimov et al. 2020 have systematically analyzed the impact of groundwater level changes on climate and land

resources in Central Asia and emphasized the need to consider this problem as a global environmental threat.

The Fergana Valley is one of the most densely populated and intensively irrigated regions of Central Asia, and its natural and geographical conditions are very sensitive in terms of ecological stability. The closed relief system of the valley, the presence of alluvial-deposit plains, and the limited water discharge in the lower reaches make the runoff regime very sensitive. The runoff level in this area is often in the range of 1–3 meters, which is considered a dangerous zone for the agroecosystem. In most irrigated areas of the Fergana region, soil salinization is activated due to the approach of runoff to the surface, and fertility is sharply decreasing. Tursunov et al. 2017 and Dukhovny et al. 2015, who studied soil degradation issues in Uzbekistan, identified the Fergana Valley as one of the highest risk zones.

Although intensive irrigation systems were initially introduced as a means of increasing productivity, in the long term they have caused many secondary environmental problems. In particular, due to the excessive supply of water, the technical inadequacy of collector-drainage systems, and poor monitoring of groundwater content, the groundwater level rises and the soil structure begins to deteriorate. As a result of this process, salts rise to the surface through capillary rise and a highly mineralized environment appears in the root zone of crops. As noted in the studies of Gelashvili et al. 2019 and Rakhimov et al. 2021, salinity levels have sharply increased in areas where the groundwater level does not fall below 2 meters in the Fergana Valley, and this is also clearly reflected in vegetation indices.

This approach allows us to present groundwater management not only as a land reclamation issue, but also as an integrated system that ensures ecological stability. In this regard, this study offers a new, comprehensive and systematic approach to the problem of runoff water in the conditions of Central Asia and is of significant scientific and practical importance for densely irrigated regions such as Fergana region.

Natural conditions. Fergana region is located in the eastern part of the Republic of Uzbekistan, in the southeastern part of the Fergana Valley, and its total area is approximately 6.8 thousand km^2. The region borders the Republic of Kyrgyzstan to the north, Andijan and Namangan regions to the west and south, and some areas of Tashkent region to the southeast. Geographically, the region belongs to the Syrdarya basin, and its relief is mainly composed of plains and alluvial-delta deposits. The central part of the region consists of lowlands located close to rivers and irrigation systems, while the eastern and southeastern parts have hilly areas and foothill zones. These geomorphological features play an important role in the formation of the runoff regime.

The climate of the Fergana region is sharply continental, with hot and dry summers and relatively mild and short winters. The average annual air temperature is around 13–14 °C, in July the average temperature rises to 27–30 °C, and in some years it reaches 40–43 °C. The average temperature in January ranges from –2 °C to +3 °C. The annual precipitation averages 150–200 mm in the plains of the region, and 250–350 mm in the foothills. The bulk of the precipitation falls in the spring and autumn months, while natural precipitation is very low during the growing season, and agriculture relies entirely on irrigation. Therefore, anthropogenic water impact becomes one of the main factors in the formation of runoff.

The distribution of groundwater in the region is uneven, mainly in the central and western parts of the valley, namely in the Margilan, Fergana, Kuva, Toshlok and Oltiariq districts, the level is observed very close to the surface. In the foothill and foothill zones, the groundwater level is relatively deeper (4–6 meters). The territorial distribution of groundwater levels is conditionally systematized below.

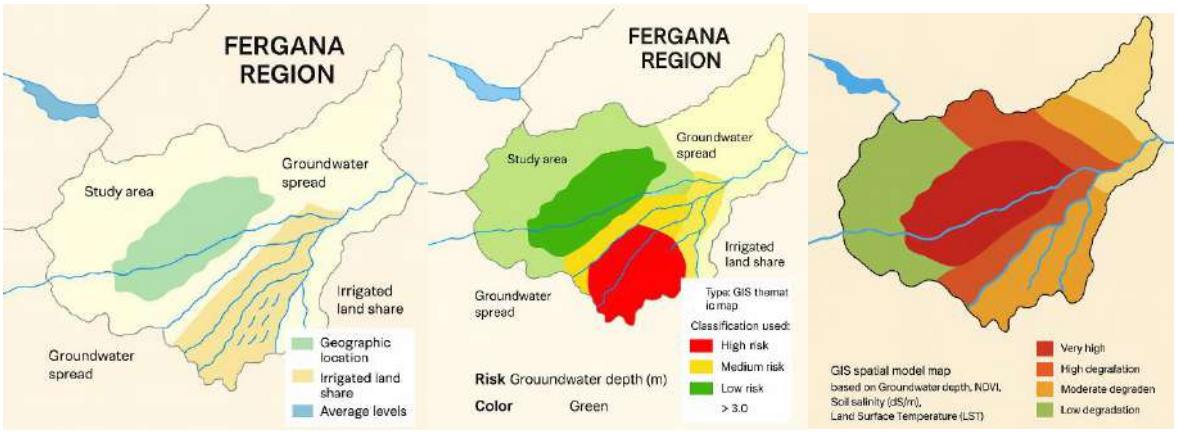


Figure 1. Study area. Spatial distribution of land degradation intensity

The map of the study area systematically reflects the geographical location of the Fergana region and the main hydrogeological features related to runoff. The map composition clearly defines the boundaries of the region, the main irrigated areas are represented by green colors, and areas with high runoff levels are represented by light blue gradients. Also, the directions of runoff distribution, sources of nutrition (irrigation networks, foothill infiltration zones) and ecological hazard areas are indicated by separate symbols.

METHODOLOGY

This study used a comprehensive, multi-source, and integrated methodological approach to assess groundwater levels and their environmental impacts in Fergana region. The methodology combines field observations, statistical data analysis, remote sensing technologies, and GIS-based spatial modeling. This approach allows for the identification of complex relationships between groundwater levels and environmental indicators and the scientific assessment of regional differences.

Remote sensing data formed the third important information base of the study. To assess the ecological state of vegetation, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was calculated based on Sentinel-2 satellite images. Multispectral channels with a spatial resolution of 10 meters were used to calculate the NDVI index, and images of the 2018–2023 growing season were analyzed. This index was used as the main indicator to determine the level of plant stress and degradation in areas with high groundwater levels.

As a methodological basis for the study, a conceptual and statistical model was developed to assess the cause-and-effect relationships between groundwater levels and ecological indicators. This model allows for a quantitative and qualitative assessment of the impact of groundwater level management on the natural environment.

The main idea of the model is based on the analysis of the interaction of the ecological components associated with it, taking the groundwater level as the main factor. The first main link was established between the groundwater level and soil salinity. In this case, the mechanism of salt accumulation in the upper soil layer as a result of the capillary rise of groundwater located near the surface was systematically analyzed. This link was assessed using a regression model and correlation analysis.

This methodology allows for the assessment of the problem of groundwater not only as a reclamation issue, but as a complex ecological system and serves as a reliable scientific platform for the development of sustainable land and water management strategies in the Fergana region.

RESULTS

Groundwater level dynamics. Analysis of data from monitoring wells in the study area for the period 2014–2023 showed that the groundwater level in Fergana region is unstable and changes

based on seasonal and annual cycles. The average groundwater level fluctuated from 1.7 to 2.4 meters during the observation period, with a sharp increase in groundwater levels observed, especially in years with increased irrigation intensity. As a result of the hydrological optimum conditions observed in 2017 and 2020, it was found that the groundwater level decreased by an average of 1.6 meters during periods of high water supply, while in 2021–2023, the level decreased relatively and stabilized around 2.2–2.5 meters against the background of water resource shortages and heat waves.

The analysis within the vegetation period showed that from April to July, due to intensive irrigation, the groundwater level rises sharply and falls to an average of 1.5–1.8 meters. Starting from August–September, as a result of reduced water supply and high evaporation rates, the groundwater level begins to slowly decrease. The deepest levels usually fall in February–March, when the level averages 2.4–2.8 meters.

According to the results of the territorial analysis, it was determined that areas with a groundwater level below 2 meters account for approximately 38–41 percent of the irrigated land of the region. This zone was assessed as an ecologically hazardous area, since at this level the process of soil salinization is significantly activated. Especially in the low-lying parts of the Toshlok, Kuva, Oltiariq, and Margilan districts, areas with water levels around 1.2–1.8 meters occupy a large area and pose a serious threat to the stability of the agroecosystem.

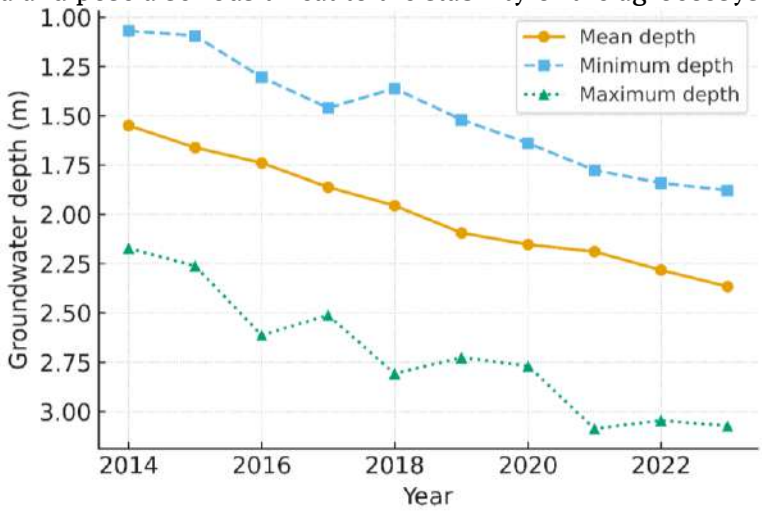


Figure 2. Interannual dynamics of groundwater level (2014-2023)

This graph reflects the multi-year changes in the groundwater level in Fergana region for the period 2014–2023. The graph shows the mean, minimum and maximum levels separately, allowing to assess the long-term trend of the groundwater regime. According to the results, during the study period, the groundwater level gradually deepened, that is, the level decreased from about 1.6 m to 2.4 m. This is mainly due to the partial reconstruction of drainage systems, the introduction of water-saving technologies in irrigation, and the optimization of water consumption.

The difference between the minimum and maximum values indicates that the groundwater level in the region is subject to significant fluctuations under the influence of climatic and anthropogenic factors. In some years, as a result of increased irrigation intensity in the spring-summer season, the groundwater level has approached the surface, increasing the ecological risk. The results show that long-term monitoring of groundwater levels serves as an important scientific basis for sustainable land resource management.

Ecological impact assessment. The impact of groundwater levels on ecological components was assessed based on soil salinity, vegetation status, biomass density, and landscape degradation

indicators. As a result of the analyses, the ecological situation by groundwater levels was summarized in the following zonal description.

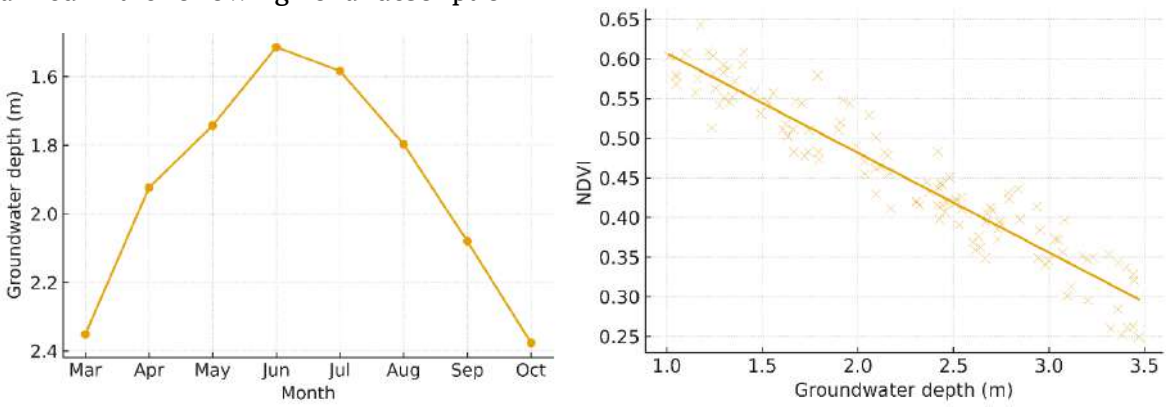


Figure 3. Seasonal variation of groundwater level during vegetation period

This graph shows the seasonal changes in the groundwater level in the Fergana region from March to October. The graph shows that the groundwater level rises sharply in April to July and reaches its lowest values (approximately 1.5–1.7 m) in June to July. This is explained by the intensive use of irrigation water during the growing season and the infiltration of water through the soil into the groundwater layer. In August to October, the groundwater level decreases relatively and returns to the range of 2.2–2.5 m. This is due to the decrease in the water supply regime and the active processes of evaporation and transpiration. Taking into account this seasonal dynamics is important in predicting the ecological risks associated with groundwater. In particular, levels between 1.5–2.0 m are a major factor increasing the risk of salinization, plant stress, and secondary degradation. In the experimental areas, it was found that in areas with groundwater levels of 1.5 meters and above, the soil electrical conductivity increased on average to 2.5–3.8 dS/m, and vegetation indices were recorded in the range of 0.32–0.41 on average. On the contrary, in areas with groundwater levels of 3 meters and deeper, the electrical conductivity was observed at the level of 1.2–1.7 dS/m, and the NDVI was in the range of 0.55–0.68. This indicates a significant inverse proportional relationship between groundwater levels and plant development.

This diagram shows the statistical relationship between groundwater depth and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). According to the results, NDVI values show a tendency to decrease as the groundwater depth deepens. This is explained by the level of water supply to plants and the soil moisture regime.

At groundwater depths between 1.0–1.5 m, water saturation in plants was high, and in some places even supraoptimal conditions were created, but this also increased the risk of salinization. At depths deeper than 2.5–3.0 m, plants experienced moisture deficiency and a decrease in the vegetation index was observed. This relationship confirms the need for an agroecological approach to groundwater management, not just a hydrological one.

Also, in areas with high groundwater levels, the biological activity of the soil decreased by an average of 30–40%, and a slowdown in microbiological processes was noted. In these areas, the deterioration of root zone aeration and limited oxygen exchange are considered the main reasons.

4.3. Risk zones based on GIS

As a result of GIS spatial analysis, ecological risk zones related to groundwater levels were identified in the Fergana region and divided into three main categories: high risk zone, medium risk zone, and relatively stable zone. High risk zones are located in the irrigated lowlands of the central and western parts of the region, with a total area of approximately 120 thousand hectares.

Degradation zones are mainly formed in areas where the groundwater level is less than 2 m and drainage networks are not sufficiently active. In these areas, soil salinization, erosion of vegetation cover and microrelief degradation are significant, and a decrease in vegetation indices was detected through spatial analysis. Based on these risk zones, an ecological stability map was developed, which can be used as a key visual and analytical tool in formulating sustainable management strategies.

As part of the study, measures for the restoration and reconstruction of existing drainage systems were modeled. According to the results, it was found that the optimized location of drainage collectors at an average interval of every 400–600 meters allows reducing the level of soil salinity by 0.7–1.1 meters. This can provide a 28–35% reduction in soil salinity during one growing season.

The impact of water-saving irrigation technologies. The modeling results of drip irrigation technology have shown that, compared to traditional flow irrigation, infiltration losses in the soil are reduced by 40–50% and the seasonal rise in the groundwater level is sharply reduced. As a result, the groundwater level can decrease by 0.6–0.9 meters.

Very high degradation zones are mainly located in the southeastern regions, where groundwater is located in the shallow layer and salinity levels are high. Moderate degradation zones cover areas that have been partially reclaimed but are not yet fully stabilized. Low degradation zones reflect relatively healthy ecological areas. This map serves as an important visual and analytical basis for developing regional planning and ecological rehabilitation strategies.

An average increase of 0.12–0.18 units in the NDVI index was observed in areas where drip irrigation was introduced, which indicates an increase in biomass production by 20–25%. At the same time, water use efficiency increased by 1.5–2 times, and the water balance was stabilized.

Positive infraecological changes. As a result of the implementation of management measures, a softening of the microclimate in the region was also noted. The surface temperature in intensively saline areas decreased by 1.8–2.4 °C, and the soil moisture regime stabilized. As a result of the restoration of vegetation cover, wind erosion decreased and the intensity of dust emission decreased.

This study was aimed at a comprehensive assessment of the dynamics of the runoff water level and its impact on agroecological systems in the conditions of the Fergana region. The results clearly show that regional and seasonal changes in the depth of groundwater are one of the main hydroecological factors activating land degradation processes. It was found that the average groundwater level decreased from 1.6 m to 2.4 m between 2014 and 2023, which was confirmed by the partial reconstruction of drainage systems and the introduction of water-saving irrigation technologies. At the same time, in some areas with high irrigation intensity, the groundwater level is still shallower than 1.5 m, which poses an ecological risk. It was found that the groundwater level undergoes significant seasonal fluctuations during the growing season: in the spring-summer months, the level rises, increasing the risk of salinization and plant stress, and in the fall, it relatively decreases. These results indicate the need to adapt the irrigation regime to the phases of vegetation and optimize water distribution. The negative correlation between NDVI and groundwater levels confirmed that as groundwater levels become shallower, plants become stressed and vegetation intensity decreases. In particular, it was found that groundwater layers shallower than 1.5 m create physiologically unfavorable conditions for plants, reduce productivity, and lead to a decrease in biomass.

The results of the management measures showed that the reconstruction of drainage systems is the most effective tool for reducing runoff levels. At the same time, drip irrigation technology increases the efficiency of water resource use, prevents runoff from rising, and improves plant

health. As a result of the widespread introduction of these technologies, significant positive changes were noted in NDVI and biomass indicators.

CONCLUSION

This study was aimed at a comprehensive analysis of the level of groundwater and its impact on agro-ecological systems in the conditions of the Fergana region and formed important scientific conclusions for the sustainable management of land and water resources. The results of the study confirmed that the dynamics of groundwater directly affect not only hydrogeological processes, but also soil degradation, the state of vegetation cover, land fertility and overall agro-ecological stability.

Multi-year analyses conducted on the basis of data from 2014 to 2023 showed that seasonal and annual changes in groundwater levels are closely related to intensive irrigation, the technical condition of drainage systems and climatic factors. It was found that in some irrigated areas, the shallow location of groundwater levels below 1.5 m leads to increased soil salinity, the release of salts into the root zone as a result of capillary rise, and, as a result, to stress of crops. This is manifested in a decrease in crop yields, a decrease in biological activity, and a deterioration in soil structural properties. Environmental risk and degradation maps compiled using remote sensing data and GIS technologies made it possible to identify spatial differences within the region. The study found that the most ecologically dangerous zones mainly correspond to irrigated lowland areas, where soil salinization, a decrease in the vegetation index, and high LST indicators are observed. Such areas pose a real threat to agro-ecological sustainability in the long term and can lead to a decrease in agricultural production potential.

The study assessed the modernization of drainage systems and the introduction of water-saving irrigation technologies as effective measures to regulate the level of runoff. While the reconstruction of drainage systems allowed to lower the groundwater level by an average of 0.7–1.0 m, drip irrigation not only reduced water consumption, but also increased the vegetation activity of plants, providing positive changes in NDVI and biomass indicators. This once again confirms the need for the widespread introduction of innovative irrigation technologies for the rational use of water resources and maintaining the stability of agroecosystems.

REFERENCES

1. Hassan, S. M., & Abdelhady, A. A. (2018). Groundwater rise and soil salinization in irrigated arid lands. *Agricultural Water Management*, 201, 42–53.
2. Qureshi, A. S., McCornick, P. G., Sarwar, A., & Sharma, B. R. (2010). Challenges and prospects of sustainable groundwater management in the Indus Basin. *Irrigation and Drainage*, 59(5), 533–547.
3. Li, Z., et al. (2019). Groundwater dynamics and vegetation response in arid agricultural regions. *Journal of Hydrology*, 573, 798–810.
4. Forkutsa, I., et al. (2009). Modeling of groundwater dynamics and soil salinity in irrigated lands of Central Asia. *Agricultural Water Management*, 96(3), 551–559.
5. Samiev, L., Qurbanov, H., Xusanova, J., Djalilov, S., Jalilova, K. (2023). Development of technology for reuse of collector trench waters. *E3S Web of Conferences*, 365, 03031.
6. Arifjanov, A., Kaletova, T., Abduraimova, D., Samiev, L., Jalilova, K. (2022). Evaluation of the hydraulic efficiency of the sprinkler irrigation system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1112(1), 012131.
7. Khamidov, M., et al. (2015). Irrigation management and salinity control practices in Uzbekistan. *Irrigation Science*, 33, 43–56.
8. Zhao, W., et al. (2020). Monitoring groundwater–vegetation interactions using satellite data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 5072–5084.

9. Aybek, A., Luqmon, S., Abduraimova, D., Jalilova, K**.** (2025). Selecting an effective sprinkler irrigation system spacing: Based on isodensity contour mapping, Voronoi-like connection and hotspot clustering models. *Water Conservation and Management*, 9(3), 446–454.
10. Arifjanov, A., Samiev, L., Abduraimova, D., Jalilova, K. (2024). Sustainable green development: Water-saving irrigation technologies. *E3S Web of Conferences*, 574, 05002.
11. Shiklomanov, I., & Rodda, J. C. **(**2003). *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge University Press.
12. Tilstra, J., et al. **(2019**). Land degradation assessment using NDVI and LST indicators. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(4), 236.
13. Mirzabaev, A., et al. (2016). Economics of land degradation in Central Asia. *Land Degradation & Development*, 27(2), 457–470.
14. Chen, Y. N., et al. (2010). Response of vegetation to groundwater variations under arid climate. *Journal of Arid Environments*, 74(12), 1583–1593.
15. Ghassemi, F., Jakeman, A. J., & Nix, H. A. **(1995**). *Salinisation of Land and Water Resources*. UNSW Press.
16. Samiev, L., Jalilova, K., Jalilov, S., Xusanova, J., Mamatova, D. (2023). Draft sprinkler irrigation system design development. *E3S Web of Conferences*, 365, 03024.

CHIRCHIQ DARYOSI SUVINING SIFAT KO‘RSATKICHLARI ASOSIDA EKOLOGIK HOLATINI BAHOLASH

Xo‘jamova Intizor Mahmadamin qizi
Gidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot instituti
Toshturdiyev Nurbek Nurali o‘g‘li
O‘zbekiston Milliy Universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqola Chirchiq daryosining ekologik holatini G‘azalkent stvori bo‘yicha 2013–2021-yillar va so‘nggi yillik suv sifati ma’lumotlari asosida baholaydi. Tadqiqot davomida suvning asosiy ko‘rsatkichlari — erigan kislorod, BPK$_5$, XPK, shuningdek ammoniy, nitrit va nitrat azoti tahlil qilindi. Natijalar ayrim yillarda organik yuklama va azot birikmalar miqdorining oshganini, mavsumlar bo‘yicha esa ko‘rsatkichlarning sezilarli o‘zgarishini ko‘rsatadi. Erigan kislorodning barqaror darajada saqlanishi suvning o‘z-o‘zini tozalash jarayonlari davom etayotganini bildiradi. Tadqiqot shuningdek, suv sifati monitoringi va gidrokimyoviy ko‘rsatkichlar asosida ekologik holatni baholashning ahamiyatini ko‘rsatadi. Umuman olganda, Chirchiq daryosining G‘azalkent qismida ekologik holat o‘rta darajada baholandi va ifloslanishni kamaytirishga qaratilgan tavsiyalar ishlab chiqildi..

Kalit so‘zlar: Chirchiq daryosi, suv sifati, ekologik baholash, kislorod, BPK$_5$, XPK, azot birikmalari, suv ifloslanishi, gidrokimyoviy tahlil, monitoring.

Annotatsiya: V dannoy state otsenivayetsya ekologicheskoye sostoyaniye reki Chirchik na uchastke Gazalkentskiy stvor na osnove dannыx nablyudeniy za 2013–2021 godы i poslednix godovыx pokazateley kachestva vodы. V xode issledovaniya analizirovalis osnovnыe pokazateli vodы — rastvoryonnыy kislorod, BPK$_5$, XPK, a takje formы azota: ammoniy, nitrit i nitrat. Rezultatы pokazali, chto v nekotorыe godы uvelichivalas nagruzka organicheskix veщestv i soderjaniye soyedineniy azota, a v techeniye sezonov nablyudalis znachitelnыe kolebaniya pokazateley. Stabilnыy uroven rastvoryonnogo kisloroda svidetelstvuyet o prodoljayuщixsya protsessax samoochiщeniya vodы. Issledovaniye takje podchyorkivayet vajnost monitoringa kachestva vodы i gidroximicheskix pokazateley dlya otsenki ekologicheskogo sostoyaniya. V

selom ekologicheskoye sostoyaniye uchastka reki Chirchik v rayone Gazalkenta otsenivayetsya kak srednee, i danы rekomendatsii po snijeniyu zagryazneniya.

Klyuchevые slova: reka Chirchik, kachestvo vodы, ekologicheskaya otsenka, kislorod, BPK$_5$, XPK, soyedineniya azota, zagryazneniye vodы, gidroximicheskiy analiz, monitoring.

Abstract: This article assesses the ecological status of the Chirchiq River at the G‘azalkent gauging station based on 2013–2021 monitoring data and the most recent annual water quality measurements. The study focused on key water quality parameters — dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD), and nitrogen forms: ammonium, nitrite, and nitrate. The results indicated that in some years the organic load and nitrogen compounds increased, while seasonal variations showed significant fluctuations in these parameters. The stable level of dissolved oxygen reflects ongoing natural self-purification processes in the river. The study also highlights the importance of continuous water quality monitoring and hydrochemical analysis for evaluating the ecological condition. Overall, the ecological status of the Chirchiq River at the G‘azalkent section is assessed as moderate, and recommendations for reducing pollution are provided.

Keywords: Chirchiq River, water quality, ecological assessment, dissolved oxygen, BOD_5, COD, nitrogen compounds, water pollution, hydrochemical analysis, monitoring.

KIRISH

Chirchiq daryosi — O‘zbekiston shimoli-sharqiy qismida joylashgan, uning suvlari Sirdaryo havzasiga kiruvchi yirik o‘ng qirg‘oq irmoqlaridan biridir. So‘nggi tadqiqotlar bo‘yicha, uning suv havzasi va kimyoviy yuklamasi nafaqat tabiat — geologik jarayonlar natijasida, balki kuchli antropogen ta’sir ostida ham shakllanmoqda.

2024-yilda chop etilgan bir tadqiqotda, Chirchiq–Ohongaran havzalarida qazilgan va yuzaki suvlar kimyoviy tahlili asosida, daryo suvidagi ikki asosiy manba — geogen (tog‘ jinslarining eroziya va ob-havo yurishi) va antropogen (qishloq xo‘jaligi va sanoat chiqindilari) yuklama aniqlangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki: yuqori tog‘ segmentlaridan kelayotgan suvlar ko‘proq Ca–HCO_3 tipidagi erigan ionlarni o‘z ichiga olsa, quyi, tekisliklar orqali oqayotgan suvda Na^+, K^+, SO_4^{2-}, Cl^- va NO_3^- ionlarining miqdori sezilarli darajada oshadi — bu esa agro-kimyoviy, mineral göt-qaytish va sanitar/higiyena yuklamasining ko‘rsatkichidir [1]. Shu ma’noda, Chirchiq daryosi faqat tabiiy geologik jarayonlar ta’sirida emas, balki intensiv qishloq xo‘jaligi va mineral-tuzli eriyotgan yerlar bilan ham bog‘liq ifloslanish jarayonlarining qulay platformasiga aylanmoqda. Bundan tashqari, nafaqat kimyoviy tarkib, balki organik yuklama va umumiy suv sifati ko‘rsatkichlari ham daryo ekologik holatini aniqlashda muhim hisoblanadi. 2018-yilda e’lon qilingan tadqiqotda MAXAM-Chirchik korxonasi hududidan keyin Chirchiq daryosi bo‘yicha o‘tkazilgan monitoringda, ammoniy (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-) azotlari bilan birgalikda Biochemical Oxygen Demand (BOD) va Chemical Oxygen Demand (COD) ko‘rsatkichlari sanitariya-gigiyena normativlaridan oshgani qayd etilgan [2]. Bu holat daryo suvida organik va azotli ifloslanishning mavjudligini va inson hamda suv organizmlari salomatligi uchun potensial xavfni ochib beradi — ayniqsa, aytib o‘tish joizki, Bu ko‘rsatkichlar aquatik fauna, floraga salbiy ta’sir ko‘rsatishi, suvning o‘z-o‘zini tozalash qobiliyatini pasaytirishi mumkin.

Shuningdek, 2024-yilda o‘tkazilgan kimyoviy-gidrogeologik tahlillar natijasida, Chirchiq–Ahangaran havzasidagi suvda metal va iz elementlar (masalan, Zn, Mo, Sb, Pb, Ni, U, As, B) ham sezilarli konsentratsiyada aniqlanganligi qayd qilingan [1]. Bu — daryo suvining faqat makroionlar yoki oziqa moddalari bilan balki metal va toksik elementlar bilan ham ifloslanish ehtimolini ko‘rsatadi; shuning uchun suv sifati monitoringi keng ko‘lamli bo‘lishi zarur. Biroq mazkur tadqiqatlar (kimyoviy yuklama, erigan load tahlillari) bilan bir vaqtda, biologik monitoring ham o‘tkazilishi muhim: masalan, 2022–2023-yillarda daryo bo‘yida baliq fauna bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar, faqat tabiiy — autoxton turlari emas, balki XX-asr ikkinchi yarmida

aklimatizatsiya qilingan invaziv turlar ham uchrayotganini ko‘rsatgan [3][4]. Bu holat daryo ekologiyasining jadal o‘zgarganligini, faunada ham stress va strukturaviy o‘zgartirishlar sodir bo‘layotganligini bildiradi. Shu bilan birga, biologik xilma-xillik kamayishi, ekotizimlarning barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Shunday qilib, mavjud ilmiy manbalar — kimyoviy-gidrokimyoviy tahlillar, organik/azot yuklamasi monitoringi, iz elementlar analizi va biologik fauna kuzatuvlari — birgalikda Chirchiq daryosining kompleks ekologik bahosini berishga imkon beradi. Hozirgi tadqiqot esa aynan shu ilmiy materiallar asosida, 2013–2021-yillardagi doimiy monitoring ma’lumotlari hamda so‘nggi yillik suv sifati tahlillarini tahlil qilib, ekologik holatni baholash, trendlarni aniqlash va tavsiyalar berishga qaratilgan.

TADQIQOT USLUBLARI

Chirchiq daryosining gidrokimyoviy rejimi va yuzaki suv sifati O‘zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati (Uzgidromet) tomonidan muntazam ravishda 9 ta kuzatuv stvoridan baholanadi [5]. Tadqiqot doirasida, suv sifati va ekologik holatini batafsil baholash maqsadida faqat bitta asosiy stvor — G‘azalkent tanlandi. Ushbu stvor daryo yuqori oqimi va pastki oqimlar o‘rtasidagi ekologik holatni aks ettirishga eng mos joy sifatida tanlangan bo‘lib, shahar, qishloq xo‘jaligi va sanoat chiqindilarining umumiy ta’sirini hisobga oladi [6].

Tanlangan stvorda suv sifati monitoringi quyidagi gidrokimyoviy ko‘rsatkichlar bo‘yicha amalga oshirildi: erigan kislorod (DO), biokimyoviy kislorod iste’moli (BPK_5), kimyoviy kislorod iste’moli (XPK), azot birikmalari — ammoniy (NH_4^+), nitrit (NO_2^-) va nitrat (NO_3^-). Har bir parametr bo‘yicha suvning ruxsat etilgan maksimal konsentratsiya (PDK) me’yorlariga nisbatan baholash amalga oshirildi, natijada ayrim hollarda me’yor oshishi yoki oshmasligi aniqlangan. Shu orqali G‘azalkent stvori asosiy indikator sifatida daryo ekologik holatini aniqlash imkonini berdi.

Monitoring jarayonida suv namunalari muntazam ravishda olingan va laboratoriyada xalqaro standartlar bo‘yicha tahlil qilingan. Olingan natijalar gidrokimyoviy parametrlar bo‘yicha ekologik xavf darajasini aniqlash, antropogen yuklamaning suv sifati va daryo ekotizimiga ta’sirini baholash imkonini yaratdi. Shu bilan birga, ushbu yondashuv kelajakda suv resurslarini barqaror boshqarish, suv sifati monitoringini rivojlantirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [5][6]. Ushbu me’yorlar suvning ekologik holatini baholashda asosiy gigiyenik ko‘rsatkichlar hisoblanadi. XPK va BPK qiymatlarining oshishi suvda organik moddalar ko‘pligini, neft mahsulotlari hamda fenollarning me’yoridan yuqori bo‘lishi esa kimyoviy ifloslanishning kuchayganini ko‘rsatadi. Shuningdek, ammoniyli, nitratli va nitritli azot shakllari konsentratsiyasi suvning biologik o‘zgaruvchanligi va undagi azot aylanishi jarayonlarining buzilgan-buzilmaganini baholash imkonini beradi. Misning me’yoriy chegaradan ortishi esa og‘ir metall bilan ifloslanishni bildiradi. Keltirilgan chegaraviy qiymatlar tadqiqot davomida olingan natijalarni solishtirish hamda suv sifatining sanitariya-gigiyena talablariga mosligini aniqlash uchun asos bo‘lib xizmat qiladi (1-jadval).

1-jadval

Suvning asosiy nazorat qilinadigan ko‘rsatkichlari

№	Ko‘rsatkichlar	Me’yor (REM)
1	XPK (kimyoviy kislorod sarfi)	15 mg O_2/dm^3
2	BPK (biologik kislorod sarfi, 5 sutka)	3,0 mg O_2/dm^3
3	Neft mahsulotlari	0,05 mg/dm^3
4	Fenollar	0,001 mg/dm^3
5	Mis (Cu)	1,0 mkg/dm^3
6	Ammoniyli azot	0,39 mg/dm^3
7	Nitratli azot	9,1 mg/dm^3
8	Nitritli azot	0,02 mg/dm^3

G‘azalkent stvori tanlanishining asosiy sababi shundaki, u daryo suvining aholi, sanoat va qishloq xo‘jaligi faoliyatidan ta’sirlangan holatini to‘liq aks ettiradi. Shuningdek, bu stvor orqali suv sifati parametrlari vaqt bo‘yicha kuzatilib, PDK me’yorlaridan oshish holatlari aniqlanadi va ekologik holat tahlil qilinadi. Natijada daryo bo‘yicha ekologik barqarorlikni ta’minlashga qaratilgan tavsiyalar ishlab chiqish mumkin bo‘ladi.

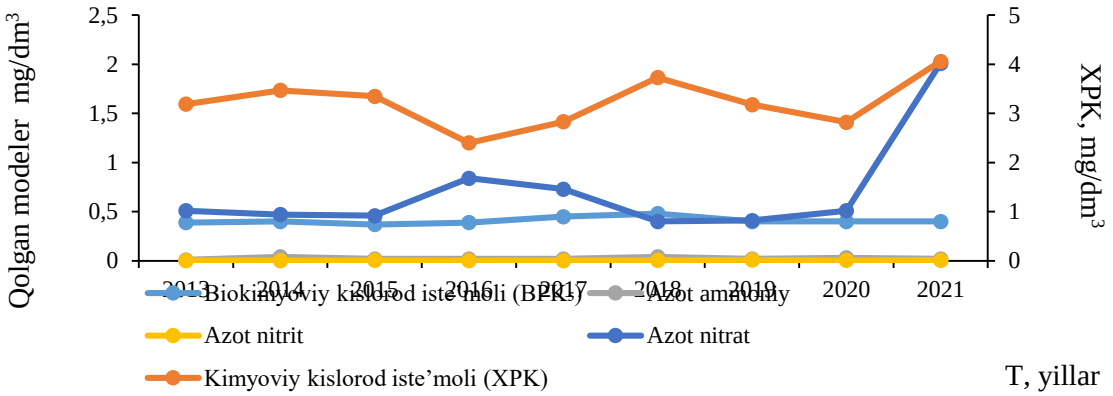
Tadqiqot natijalari va muhokamasi. Ushbu bo‘limda G‘azalkent stvori bo‘yicha 2013–2021 yillar orasida olingan gidrokimyoviy ma’lumotlar tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida suvning asosiy sifat ko‘rsatkichlari — erigan kislorod, biokimyoviy kislorod iste’moli (BPK_5), kimyoviy kislorod iste’moli (XPK), azot birikmalari (ammoniy, nitrit, nitrat) — aniqlanib, ularning PDK me’yorlaridan oshgan yoki oshmaganligi baholandi. Natijalar olingan ma’lumotlar asosida daryo ekologik holatining vaqt bo‘yicha o‘zgarish tendensiyalarini aniqlash, antropogen yuklamaning suv sifati va ekotizimga ta’sirini tahlil qilish imkonini beradi [7]. Maqola davomida me’yoriy talablarga gidrokimyoviy ko‘rsatkichlar nisbatan baholandi va gidrokimyoviy holatning umumiy tavsifi berildi. Shu orqali suv sifati o‘zgarishining asosiy sabab va manbalari aniqlandi, ekologik xavf darajasi baholanadi hamda kelajakda suv resurslarini barqaror boshqarish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

2-jadval

Chirchiq daryosi (G‘azalkent stvori) suvining 2013–2021-yillardagi o‘rtacha gidrokimyoviy ko‘rsatkichlari (mg/dm³)

Parametrlar	2013-y	2014-y	2015-y	2016-y	2017-y	2018-y	2019-y	2020-y	2021-y
Kislorod	9,62	9,52	9,53	9,58	9,45	9,43	9,56	9,63	9,50
Biokimyoviy kislorod iste’moli (BPK_5)	0,39	0,40	0,37	0,39	0,45	0,48	0,40	0,40	0,40
Kimyoviy kislorod iste’moli (XPK)	3,19	3,47	3,35	2,40	2,83	3,73	3,18	2,82	4,06
Azot ammoniy	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02
Azot nitrit	0,003	0,002	0,005	0,001	0,003	0,005	0,008	0,005	0,006
Azot nitrat	0,51	0,47	0,46	0,84	0,73	0,40	0,41	0,51	2,01

Chirchiq daryosi (G‘azalkent stvori) suvining 2013–2021-yillardagi o‘rtacha gidrokimyoviy ko‘rsatkichlari tahlil qilindi. Erigan kislorod darajasi 9,43–9,63 mg/dm³ oralig‘ida bo‘lib, suvning kislorod bilan to‘yinish holati yuqori ekanligini ko‘rsatadi, bu esa daryo ekotizimi uchun qulay sharoit mavjudligini bildiradi [8].



1-rasm. 2013–2021-yillardagi Chirchiq daryosi (G‘azalkent stvori) suvi gidrokimyoviy parametrlarining o‘zgarishi

Biokimyoviy kislorod iste’moli (BPK_5) o‘rtacha 0,37–0,48 mg/dm³ ni tashkil qilgan bo‘lib, ruxsat etilgan maksimal konsentratsiya (3,0 mg O_2/dm³) bilan solishtirganda sezilarli darajada pastdir. Shu bilan birga, kimyoviy kislorod iste’moli (XPK) 2,40–4,06 mg/dm³ oralig‘ida bo‘lib, PDK me’yori (15 mg O_2/dm³) bilan solishtirganda ham ancha pastdir. Bu natijalar suvning organik va kimyoviy ifloslanish darajasi minimal ekanligini va daryoning biologik barqarorligini tasdiqlaydi [8]. Azot birikmalariga kelsak, ammoniyli azot 0,01–0,04 mg/dm³, nitritli azot 0,001–0,008 mg/dm³, nitratli azot esa 0,40–2,01 mg/dm³ oralig‘ida o‘zgarib, ruxsat etilgan maksimal konsentratsiya me’yorlaridan past bo‘ldi. Bu esa suvda qishloq xo‘jaligi yoki sanoat oqova suvlaridan keladigan azot ifloslanish xavfi mavjud emasligini ko‘rsatadi [9].

Shu bilan birga, barcha parametrlar bo‘yicha G‘azalkent stvori suv sifati ekologik jihatdan xavfsiz hisoblanadi. Erigan kislorodning yuqori darajasi, BPK_5 va XPK ko‘rsatkichlarining pastligi, shuningdek azot birikmalarining me’yoriy qiymatdan oshmasligi daryo ekologiyasining barqarorligini va suvning biologik va kimyoviy jihatdan toza ekanligini bildiradi. Bu natijalar asosida, kelajakda daryo suv sifati monitoringi davom ettirilishi, antropogen yuklamalar kamaytirilishi va ekologik xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilishi lozim [8][9].

G‘azalkent stvori bo‘yicha 2021–2024-yillar orasidagi SII indeksi qiymatlari Chirchiq daryosining suv sifati va ekologik holatining vaqt bo‘yicha o‘zgarishini baholash imkonini beradi. Ushbu baholash davomida suv sifati sinfi aniqlanadi, SII indeksining kattaligi orqali suvdan foydalanish imkoniyati va ekologik xavf darajasi baholanadi. Keyingi qismda, har bir yil bo‘yicha SII qiymatlari va suv sifati tahlili keltiriladi.

4-jadval

Chirchiq daryosi (G‘azalkent stvori) SII indeksi, 2021–2024-yillar

Yil	Oylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021	1,3	1,4	1,5	1,3	1,3	1,1	1,3	0,6	1,3	1,9	3,1	3,9
2022	0,9	1,6	1,2	0,4	0,8	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8
2023	1,1	0,8	0,8	1,4	1,7	1,3	0,8	0,5	0,31	0,6	0,5	0,4
2024	0,56	0,43	0,7	0,6	0,52	0,58	0,45	0,4	0,4	0,63	0,31	0,95

Chirchiq daryosining G‘azalkent stvori bo‘yicha 2021–2024-yillar davomida olingan SII indeksi natijalari suv sifati va ekologik holatning o‘zgarishini baholash imkonini beradi. Ushbu

davrda daryoda gidrokimyoviy parametrlar monitoringi asosida o‘rtacha SII qiymatlari hisoblandi va ularning suv sifati sinflariga mosligi aniqlanadi.

2021-yilda SII indeksi o‘rtacha 1,7 ga teng bo‘lib, bu III sinf – o‘rtacha ifloslangan suvga mos keladi [11]. Oylar bo‘yicha kuzatilgan o‘zgarishlar, yil boshida 1,1–1,5 oralig‘ida bo‘lgan indeksning yil oxiriga kelib 3,1–3,9 ga yetishi, suv sifatining IV sinfga yaqinlashganini ko‘rsatadi. Bu esa yil oxirida daryoga organik va nitrat ifloslanishining ortganligini bildiradi.

2022 va 2023-yillarda o‘rtacha SII qiymatlari mos ravishda 0,8 bo‘lib, II sinf – toza suv darajasiga mos keladi [11]. Shu yillarda suv sifati barqaror bo‘lib, ekologik holat yaxshilangan, antropogen yuklamalar kamaygan va qisqa muddatli ifloslanish cho‘qqilari kuzatilgan. Oylar bo‘yicha indekslar 0,31–1,7 oralig‘ida bo‘lib, daryo suvining ko‘pchilik oylarda ichimlik va sanoat maqsadlarida ishlatilishi mumkinligini ko‘rsatadi.

2024-yilda o‘rtacha SII qiymati 0,55 bo‘lib, I–II sinf – juda toza yoki toza suv sinfiga yaqinlashadi [12].

Oylar bo‘yicha SII indeksi 0,31–0,95 oralig‘ida bo‘lib, daryoda organik va kimyoviy ifloslanish minimal ekanligini bildiradi. Shu tarzda, G‘azalkent stvori suv sifati barqaror va ekologik xavfsiz bo‘lganini ko‘rsatadi. Umuman olganda, 2021–2024-yillar davomida G‘azalkent stvori suv sifati umumiy trend bo‘yicha yaxshilanishni ko‘rsatadi. 2021-yilda yil oxirida kuzatilgan o‘rtacha SII oshishi qisqa muddatli ifloslanishlar bilan izohlanadi, keyingi yillarda esa daryoda ekologik barqarorlik ta’minlangan. Shu natijalar daryo monitoringi va gidrokimyoviy kuzatuvlarning ahamiyatini yana bir bor tasdiqlaydi.

XULOSA

Chirchiq daryosi G‘azalkent stvori bo‘yicha 2013–2024-yillar davomida olib borilgan gidrokimyoviy monitoring va SII indeksi tahlillari daryo suvining ekologik holati, ifloslanish darajasi va foydalanish imkoniyatini aniqlashga imkon berdi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, 2013–2021-yillar davomida kislorod miqdori barqaror bo‘lib, BPK_5 va XPK ko‘rsatkichlari PDK me’yorlarida saqlangan. Ammoniy, nitrit va nitrat kabi azot birikmalari qiymatlari ko‘pchilik oylar bo‘yicha PDK chegarasida yoki undan past bo‘lib, suv sifati ekologik jihatdan xavfsizligini ta’minlagan. 2021–2024-yillar davomida SII indeksi natijalari suv sifati trendini aniq ko‘rsatdi. 2021-yilda o‘rtacha III sinf (o‘rtacha ifloslangan) darajasida bo‘lib, yil oxirida o‘sish kuzatilgan. 2022 va 2023-yillarda SII indeksi II sinf – toza suv sinfiga mos kelgan bo‘lsa, 2024-yilda o‘rtacha qiymat 0,55 ga teng bo‘lib, I–II sinf – juda toza yoki toza suv sinfiga yaqinlashdi. Bu natijalar daryo suvining ekologik barqarorligini va inson faoliyati ta’sirining kamayganligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, suvdan ichimlik, sanoat va qishloq xo‘jaligi maqsadida foydalanish imkoniyati ortganligi aniqlanadi.

Tavsiyalar:

1. **Doimiy va keng qamrovli monitoringni takomillashtirish** – gidrokimyoviy parametrlar (kislorod, BPK_5, XPK, azot birikmalari) va SII indeksini muntazam kuzatish orqali suv sifati va ekologik holat o‘zgarishlarini tizimli baholash.
2. **Sanoat va qishloq xo‘jaligi oqova suvlarining ekologik nazoratini kuchaytirish** – chiqindi suvlarni tozalash tizimlarini modernizatsiya qilish va me’yorlarga mos ishlashini ta’minlash orqali daryoga kiradigan ifloslanishni kamaytirish.
3. **Qishloq xo‘jaligi faoliyatining ekologik barqarorligini oshirish** – mineral o‘g‘itlar va pestitsidlar miqdorini optimallashtirish, sug‘orish tizimini samarali boshqarish orqali azot birikmalari konsentratsiyasini kamaytirish.
4. **Suv resurslaridan oqilona foydalanish va ekologik boshqaruvni joriy etish** – suv taqsimoti va daryo bo‘yidagi faoliyatni boshqarish orqali suv sifati barqarorligini ta’minlash.

5. **Jamoatchilik va sohaga oid mutaxassislarni xabardor qilish** – ekologik ta’lim, ommaviy axborot va ilmiy tadqiqotlar orqali daryoning suv sifati va ekologik xavfsizligi bo‘yicha ma’lumotlarni keng targ‘ib qilish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fornasaro S., Ghezzi L., Shukurov N. va boshq. Water quality and dissolved load in the Chirchik and Akhangaran river basins (Uzbekistan, Central Asia). Environmental Monitoring and Assessment, 196 (2024): 854. SpringerLink.
2. Makhmudova D.E., Buriyev E.S. Assessment of Water Quality of Small Rivers of the Syrdarya Basins for the Safe Water Use (Chirchik va Akhangaran daryolari bo‘yicha). PalArch’s Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology, 17 (9) (2020).
3. Kamilov B.G., va boshq. Ichthyofauna of River Chirchik at Tashkent region, Uzbekistan. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheriyes, 26 (5) (2022), 841-850.
4. Quvatov A.Q., va boshq. Annotated List of Fishes of the Chirchik River, Uzbekistan. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheriyes, 27 (5) (2023), 1253-1261.
5. Abdullayev I., To‘xtayev M. Hydrochemical regime and surface water quality of the Chirchiq River, Uzbekistan. Central Asian Journal of Water Research, 2021; 12(3): 45-58.
6. Nazarov S., Qodirov B. Monitoring and assessment of river water quality in the Syrdarya basin: case study of the Chirchiq River. Journal of Environmental Studiyes, 2022; 28(4): 112-130.
7. Islomov F., Rakhmonov S. Hydrochemical monitoring of surface waters of Uzbekistan. Tashkent: TDIU, 2018; 145 p.
8. Sultonov J., Murodov A. Assessment of nitrogen and phosphorus compounds in the rivers of Central Asia. Water Sciyence & Technology, 2021; 84(5): 1020-1033.
9. Bekchanov M., Baimuratov D. Sustainable water resources management in the Syrdarya basin. Journal of Water and Climate Change, 2020; 11(6): 1589-1603.
10. Omonov Z., Usmanov I. Ecological assessment of surface waters using water quality indices. Tashkent: Fan, 2017; 122 p.
11. Abdullayev I., To‘xtayev M. Surface water quality classification using SII index: Chirchiq River case study. Central Asian Journal of Water Research, 2021; 12(4): 78-90.
12. Murtazayev O., Toshturdiyev N. Anthropogenic and natural factors affecting water quality of rivers in Uzbekistan. Tashkent: Fan va Texnologiya, 2023; 205 p.

“YASHIL MAKON” UMUMMILLIY LOYIHASI DOIRASIDA EKILGAN KO‘CHATLARNING SUV BILAN TA'MINLANGANLIGI TAHLILI

Muradov Shuhrat Odilovich, Ashirova Olga Aleksandrovna,
Boboev Hasan Odilovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy tadqiqot instituti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida ekilayotgan daraxtlarning suv ta’minoti holati dinamikasi va sug‘orish ehtiyojlari tahlil qilingan hamda 2030-yilgacha hududlar kesimida daraxtlarning suvga bo‘lgan talabi bashoratli baholash va suv balansini modellashtirishdan foydalanib mintaqaviy suvga bo‘lgan ehtiyoj baholangan. Tahlillardan respublika bo‘yicha daraxt ekish hajmi ortib borayotgani, biroq ularni suv ta’minoti masalasi, parvarish va sug‘orish tizimlarida kamchiliklar mavjudligi aniqlangan. Daraxt turlarining biologik xususiyatlari va iqlim sharoitlari asosida bir tup daraxt uchun o‘rtacha suv talabi hisoblangan hamda cho‘l va qurg‘oqchil hududlarda sug‘orish suviga ehtiyoj me’yorlardan oshganligi aniqlangan. Shuningdek, respublika bo‘ylab yashil hududlarning baqarorligini*

ta’minlashda suv tejamkor texnologiyalarni joriy etish va samarali sug‘orish yondashuvlari taklif qilingan.

Kalit so‘zlar: *“Yashil Makon” loyihasi, suv tejamkor texnologiyalar, sug‘orish suv ta’minoti, sug’orish ehtiyojlari, suvga bo‘lgan talab prognozi.*

Аннотация. *В статье анализируется динамика состояния водообеспеченности и потребности в орошении деревьев, высаженных в рамках общенационального проекта «Yashil Makon», а также оценивается региональная потребность в воде по регионам до 2030 года с использованием прогнозной оценки водопотребности деревьев и моделирования водного баланса. Анализы показывает, что объёмы посадки деревьев в республике увеличиваются, однако имеются недостатки в вопросах водоснабжения, ухода и орошения. На основе биологических особенностей деревьев и климатических условий рассчитана средняя потребность одного дерева в воде и установлено, что потребность в поливной воде в пустынных и засушливых регионах превышает нормативы. Также предлагается внедрить водосберегающие технологии и эффективные подходы к орошению для обеспечения устойчивости зеленых зон по всей республике.*

Ключевые слова*: проект «Yashil Makon», водосберегающие технологии, водоснабжение орошения, потребности в орошении, прогноз спроса на воду.*

Abstract. *In this article analyzes the dynamics of water availability and irrigation requirements for trees planted as part of the nationwide project "Yashil Makon", as well as estimates regional water needs by region until 2030 using a predictive assessment of tree water needs and water balance modeling. The analysis shows that tree planting volumes in the republic are increasing, but there are shortcomings in water supply, maintenance and irrigation. Based on tree biology and climatic conditions, the average water requirement per tree was calculated, revealing that irrigation water requirements in desert and arid regions exceed standards. It is also proposed to implement water-saving technologies and effective irrigation approaches to ensure the sustainability of green spaces throughout the republic.*

Key words: *“Yashil Makon” Project, Water-saving technologies, Irrigation water supply, Irrigation requirements, Water demand forecasting.*

KIRISH

Global iqlim o‘zgarishi muammosi dunyoning boshqa mamlakatlari kabi bizning respublikamizda ham o‘z aksini ko‘rsatmoqda, oqibatda cho‘llanish, yashil hududlarning yo‘qolishi va suv tanqisligi bilan bog‘liq jiddiy ekologik muammolarga duch kelmoqda. Bunga javoban hukumatimiz tomonidan 2025-yil 30-maydagi PF-90-sonli ““Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida hamda o‘rmonlarni boshqarish tizimida islohotlarni izchil davom ettirish, yashil hududlarni kengaytirish chora-tadbirlari to‘g‘ri-sida”gi Prezident farmoni ezgu maqsadni huquqiy jihatdan mustahkamlash borasida qabul qilindi [1].

Biroq, bu loyihani qurg‘oqchil iqlim sharoitida amalga oshirish suv ta'minoti va suvdan foydalanish samaradorligini sinchkovlik bilan tahlil qilishni talab qiladi. Iqlim o‘zgarishi ta’sirida hududlarda qurg‘oqchilik kuchaymoqda va daryolar oqimi kamaymoqda, bu esa qishloq xo‘jaligi va atrof-muhitni suvga bolgan ehtiyojlarini yanada oshirmoqda. Jahon resurslari instituti tomonidan o‘tkazilgan global baholashlarga ko‘ra, O‘zbekiston 2040-yilga kelib jiddiy suv tanqisligiga duch kelishi bashorat qilingan 33 ta mamlakat qatoridan joy olgan. Shuning uchun, suv taqsimotini takomillashtirish va barqaror sug‘orish amaliyotini joriy etish ekinlarning omon qolishi va o‘sishini ta’minlash uchun juda muhimdir [2].

Ushbu maqolada yashil hududlarning daraxtlarni suv ta‘minoti holatini baholash, suvdan samarali foydalanish, sug‘orishga bo‘lgan ehtiyojning mintaqaviy taqsimoti va uzoq muddatli barqarorlikni ta‘minlash uchun suv tejamkor va raqamli texnologiyalarni joriy etish salohiyatiga e’tibor qaratilgan.

Yashil hududlarni barpo etish dasturlari yerlarning degradatsiyasiga qarshi kurashish va ekotizim xizmatlarini yaxshilash uchun butun dunyo bo‘ylab keng qo‘llaniladi. Biroq, tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, keng ko‘lamli daraxt ekish loyihalari mahalliy suv balansini sezilarli darajada o‘zgartirishi mumkin. Amerikalik, “Efiopiya va boshqa davlatlarda bir gurug tadqiqotchilar [3], [4], [5], [6] quruq yerlarda o‘rmonlarni barpo etish asosan bug‘lanishni kuchaytirishini, bu esa yer osti suvlarining qayta tiklanishining pasayishiga olib kelishini aniqlashgan. Huddi shunday, Xitoy shimolidagi Lyoss platosida o‘rmonlarni barpo etish daraxtlar suviga bo‘lgan talabning ortishi tufayli daryo oqimini 20% gacha kamaytirganini aniqlashgan.

Qurg‘oqchil hududlarda o‘rmonlarni barpo etishning barqarorligi asosan qurg‘oqchilikka chidamli daraxt turlarini tanlash va samarali sug‘orish tizimlariga bog‘liq. Ko‘p sonli tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki [7], [8], [9], [10] mahalliylashtirilgan tomchilatib va impulsli sug‘orish tizimlari an’anaviy usullarga nisbatan suv sarfini 40-60% ga kamaytirish mumkin.

Markaziy Osiyoning suv tanqisligi sharoitida yashil hududlarni barpo etish tajribasi cheklanganligicha qolmoqda. Orol dengizi havzasida sho‘rlanish va suvdan foydalanish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar [11], [12], [13] o‘simliklarni saqlab qolish uchun tuproq va suvni integratsiyalashgan boshqarish zarurligini ko‘rsatadi. Qoraqalpog‘iston hududida olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari natijalarida [14], [15], [16] sho‘rlangan qishloq xo‘jaligi yerlarini tiklash uchun fitoremediatsiya uchun halofit o‘simlik turlari, saksovul, tamarik va kalligonum kabi mahalliy galofit turlari O‘zbekistonning qurg‘oqchil sharoitlariga eng mos kelishi aniqlangan.

“Yashil Makon” milliy loyihasi ushbu ekologik va gidrologik ustuvorliklarni birlashtirib, keng ko‘lamli daraxtlarni ekishni zamonaviy sug‘orish va monitoring tizimlari bilan bog‘laydi. Biroq, yashil hududlarni sug‘orishda suv ta‘minoti yetarliligi va texnologik samaradorligini baholash masalasini ko‘rib chiqishni taqazo etadi.

TADQIQOT USLUBLARI

Ushbu tadqiqotda “Yashil Makon” umummilliy loyihasi doirasida yaratilgan platformasida mavjud ma’lumotlardan foydalangan holda 2022-yildan 2030-yilgacha daraxtlarning sug‘orishga bo‘lgan ehtiyojini baholash uchun qiyosiy tahlil, bashoratli modellashtirish va analitik usullari qo‘llanildi. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligining suv manbalaridan ma’muriy hududlar bo‘yicha foydalanilgan suv to‘g‘risidagi hisobot ma’lumotlaridan foydalanildi.

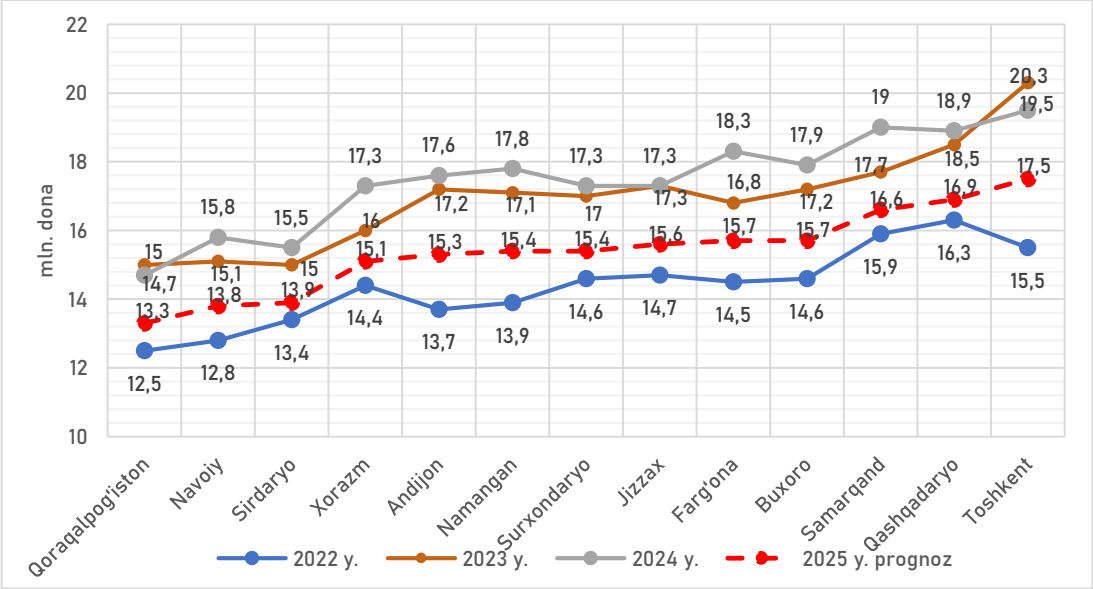
TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Hozirgi kunga qadar respublika bo‘yicha suv manbalaridan ma’muriy hududlarda foydalanish ma’lumotlariga asosan “Yashil Makon” umummilliy loyihasi doirasida ekilayotgan daraxtlarni suv ta’minoti uchun alohida suv limiti ajratilmaganligi aniqlandi. Bundan tashqari ushbu loyihani amalga oshirishda bir qator kamchiliklar, jumladan: daraxtlarni parvarishlash tizimi yo‘lga qo‘yilmaganligi sababli ko‘chatlar nobud bo‘layotganligi, parvarishlash, sug‘orish tadbirlari uchun mas’ul shaxslar biriktirilmaganligi, ekilgan ko‘chat qalamchalar hududning tuproq-iqlim sharoitidan kelib chiqib tanlanmaganligi, ko‘chat ekish uchun yer maydonlarini talab darajasida tayyorlanmasligi, ko‘chat ekish texnologiyasiga to‘liq rioya etilmaganligi, sug‘orish tizimlari e’toborga olinmaganligi aniqlangan. Loyiha doirasida 2022-2024 yillarda respublika bo‘yicha ekilgan umumiy daraxtlar soni quyidagi grafikda keltirilgan (1-rasm).



1-rasm. Respublika bo‘yicha ekilgan umumiy daraxtlar soni

Shuningdek, ekilgan daraxtlar va butalar sonining hududlar kesimida o‘zgarishi tahlil qilindi. Tahlillar natijasida ekilgan daraxtlar soni yillar mobaynida oshib borayotganini ko‘rishimiz mumkin va bu daraxtlarni sug‘orishga alohida e’tibor qaratish zaruratini ko‘rsatadi. Mavjud ma’lumotlarga asoslangan holda hududlar bo‘yicha sug‘oriladigan daraxtlar soni 2025 yil uchun bashorat qilindi va 2-rasmda grafik ko‘rinishida olingan natijalar keltirilgan.

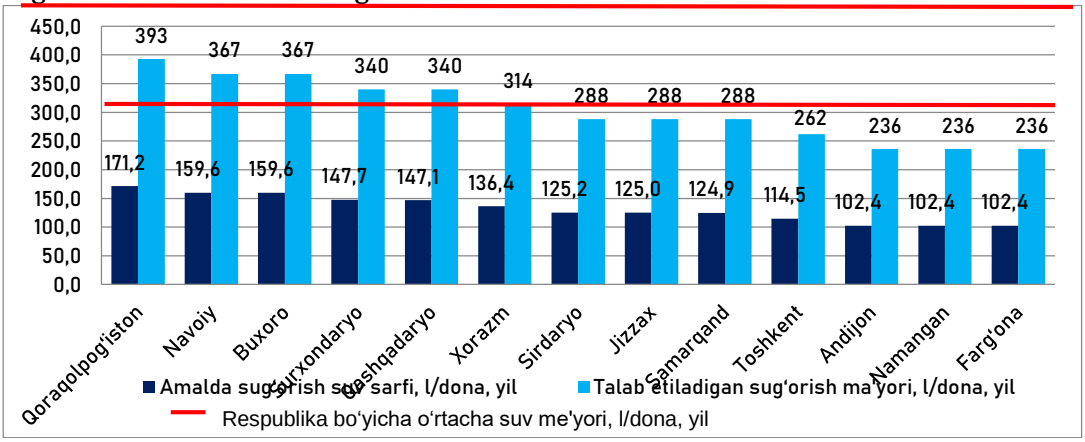


2-rasm. Respublika hududlari bo‘yicha sug‘oriladigan daraxtlar sonining 2025 yil uchun bashorati

Grafiklarda aks ettirilgan ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, 2022-yildan boshlab respublika bo‘yicha ekilayotgan daraxtlar soni izchil ortib bormoqda. Bunday tendensiya esa yashil hududlar barqarorligini ta’minlashda sug‘orish suvi bilan ta’minlash masalasini alohida ko‘rib chiqishni taqozo etadi.

Tadqiqot jarayonida loyiha doirasida ekilayotgan daraxt turlarining biologik xususiyatlari, ularga belgilangan sug‘orish me’yorlari [17], [18], shuningdek, ekish hududlarining iqlim sharoitlari batafsil o‘rganildi. Ushbu ma’lumotlar asosida respublika hududlari bo‘yicha bir tup daraxt uchun o‘rtacha suv talabi hisoblab chiqildi. Shundan so‘ng mavjud statistik ma’lumotlar yordamida hududlar kesimida ekiladigan daraxtlarni sug‘orish uchun zarur bo‘ladigan umumiy suv sarfi tahlil qilindi.

Olingan natijalar asosida 2030-yilgacha bo‘lgan davr uchun daraxtlarni sug‘orish ehtiyojiga zarur suv hajmi prognoz qilindi. Tadqiqotning asosiy natijalari 3-rasmda respublika hududlari kesimida grafik ko‘rinishda keltirilgan.



3-rasm. **Respublika hududlari bo‘yicha daraxtlarni sug‘orish me’yorlari, suv sarflari va talab etiladigan o‘rtacha suv me’yori (2022-2030 yy.)**

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, amalga oshirilgan bashoratlar mamlakatning cho‘l va qurg‘oqchil hududlarida daraxtlarni sug‘orish uchun zarur bo‘ladigan suv miqdori belgilangan me’yorlardan sezilarli darajada oshishini anglatadi. Bu esa mazkur hududlarda ekilgan ko‘chatlarning yashab qolishini ta’minlash uchun qo‘shimcha choralar ko‘rishni talab etadi. Bundan tashqari, ushbu mintaqalarda yog‘ingarchilik miqdorining yildan yilga kamayib borayotgani inobatga olinsa, mavjud suv resurslaridan samarali foydalanish, suv tanqisligi xavfini yumshatish hamda yangi barpo etilayotgan yashil hududlarda suv tejamkor sug‘orish texnologiyalarini joriy etish zaruriyatini yanada kuchaytiradi. Shu munosabat bilan suv resurslarini samarali boshqarishda, agrotexnik tadbirlar va ekologik barqarorlik o‘rtasidagi integratsiyalashgan yondashuv alohida ahamiyat kasb etadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Tadqiqot natijalari 2022-yildan boshlab “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida respublika bo‘yicha ko‘kalamzorlashtirish ishlari keng ko‘lamda olib borilayotganini va daraxt ekish hajmlarining yildan-yilga ortib borayotganini tasdiqlaydi. Daraxtlar sonining ko‘payishi ular uchun zarur bo‘lgan sug‘orish suviga bo‘lgan talabning oshishiga olib kelmoqda. Hududlar bo‘yicha o‘rtacha sug‘orish me’yorlari, ekilayotgan turlar va iqlim sharoitlarini hisobga olgan holda 2030-yilgacha bo‘lgan davr uchun suv sarfi bashorati shuni ko‘rsatadiki, ayniqsa cho‘l va qurg‘oqchil hududlarda sug‘orish suviga ehtiyoj me’yorlardan sezilarli darajada oshishi mumkin.

Jahon tajribasidan xulosa qilib aytsak, yog‘ingarchilikning kamayib borishi va suv resurslarining cheklanganligi sharoitida yashil hududlarni kengaytirish jarayonlarida an’anaviy sug‘orish usullaridan foydalanish kelajakda sezilarli suv taqchilligiga olib kelishi ehtimoli yuqori. Shu bois yashil hududlarning barqarorligini ta’minlashda suv tejamkor texnologiyalarni joriy etish va suv resurslaridan oqilona foydalanish ustuvor vazifa sifatida qaralishi zarur.

Shuningdek, suv resurslari cheklangan sharoitda ko‘kalamzorlashtirish samaradorligini oshirish uchun hududlarga mos daraxt turlarini tanlash, ilmiy asoslangan sug‘orish me’yorlarini qo‘llash, suv tejamkor texnologiyalarni joriy etish va monitoring tizimlarini kuchaytirish bo‘yicha integratsiyalashgan yondashuvni tatbiq etish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1] “O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 30-maydagi PF-90-son Farmoni.” Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, Feb. 06, 2025. [Online]. Available: https://lex.uz/docs/-7552003

[2] A. Maddocks, R. Samuel, Y. Reig, and P. Reig, “Ranking the World’s Most Water-Stressed Countries in 2040,” Water Resources Institute, Washington, 2015. [Online]. Available: https://www.wri.org/insights/ranking-worlds-most-water-stressed-countries-2040?utm_source=chatgpt.com

[3] R. B. Jackson *et al.*, “Trading Water for Carbon with Biological Carbon Sequestration,” *Science*, vol. 310, no. 5756, pp. 1944–1947, Dec. 2005, doi: 10.1126/science.1119282.

[4] A. A. Fenta, H. Yasuda, K. Shimizu, and N. Haregeweyn, “Response of streamflow to climate variability and changes in human activities in the semiarid highlands of northern Ethiopia,” *Reg. Environ. Change*, vol. 17, no. 4, pp. 1229–1240, Apr. 2017, doi: 10.1007/s10113-017-1103-y.

[5] X. Han and X. Jin, “A Study on Comprehensive Evaluation of the Water-saving Irrigation in Arid Area of Northeast China,” in *Proceedings of the 2015 International Conference on Economics, Management, Law and Education*, Kaifeng, China: Atlantis Press, 2015. doi: 10.2991/emle-15.2015.37.

[6] J. Xue, H. Guan, Z. Huo, F. Wang, G. Huang, and J. Boll, “Water saving practices enhance regional efficiency of water consumption and water productivity in an arid agricultural area with shallow groundwater,” *Agric. Water Manag.*, vol. 194, pp. 78–89, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.agwat.2017.09.003.

[7] A. Han, J. Huang, X. Wang, and Z. Zhu, “Efficient Water-Saving Irrigation, Space Efficiency and Agricultural Development — Study Based on Spatial Stochastic Frontier Model,” *J. Syst. Sci. Complex.*, vol. 36, no. 6, pp. 2559–2579, Dec. 2023, doi: 10.1007/s11424-023-1383-x.

[8] Z. Lv *et al.*, “Impacts of lateral spacing on the spatial variations in water use and grain yield of spring wheat plants within different rows in the drip irrigation system,” *Agric. Water Manag.*, vol. 212, pp. 252–261, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.agwat.2018.09.015.

[9] W. Wan *et al.*, “A moderate reduction in irrigation and nitrogen improves water-nitrogen use efficiency, productivity, and profit under new type of drip irrigated spring wheat system,” *Front. Plant Sci.*, vol. 13, p. 1005945, Oct. 2022, doi: 10.3389/fpls.2022.1005945.

[10] S. Wen *et al.*, “Optimizing deficit drip irrigation to improve yield,quality, and water productivity of apple in Loess Plateau of China,” *Agric. Water Manag.*, vol. 296, p. 108798, May 2024, doi: 10.1016/j.agwat.2024.108798.

[11] Z. Sultonov and H. K. Pant, “Potential Impacts of Climate Change on Water Management in the Aral Sea Basin,” *Water Resour. Manag.*, vol. 37, no. 14, pp. 5743–5757, Nov. 2023, doi: 10.1007/s11269-023-03627-5.

[12] D. Rawat, V. Garg, P. K. Thakur, and A. Chouksey, “Tracing the Impact of Irrigation Development on Aral Sea Desiccation and Land Use Dynamics Using Remote Sensing,” *J. Indian Soc. Remote Sens.*, Oct. 2025, doi: 10.1007/s12524-025-02308-7.

[13] A. Bao *et al.*, “Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea,” *J. Arid Land*, vol. 16, no. 3, pp. 315–330, Mar. 2024, doi: 10.1007/s40333-024-0055-6.

[14] R. Sangcharoen *et al.*, “Screening Halophytic Plant Species for Phytoremediation to Rehabilitate Salinised Farmlands in Uzbekistan,” *J. Water Environ. Technol.*, vol. 23, no. 3, pp. 179–193, 2025, doi: 10.2965/jwet.25-004.

[15] K. N. Toderich *et al.*, “Phytogenic resources of halophytes of Central Asia and their role for rehabilitation of sandy desert degraded rangelands,” *Land Degrad. Dev.*, vol. 20, no. 4, pp. 386–396, July 2009, doi: 10.1002/ldr.936.

[16] N. Yu. Andrulionis, P. O. Zavialov, and A. S. Izhitskiy, “Current Evolution of the Salt Composition of Waters in the Western Basin of the South Aral Sea,” *Oceanology*, vol. 61, no. 6, pp. 899–908, Nov. 2021, doi: 10.1134/S0001437021060035.

[17]“KXA-8-029 II «Агротехника ускоренного выращивания посадочного материала конского каштана и софоры японской»,” Научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Ташкент, Сводный отчет проекта, 2011.
[18]З. А. Артукметов, *Экинларни суғориш асослари*. Тошкент, 2007.

РАСЧЕТ НОРМ ПРОМЫВНЫХ ПОЛИВОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ С УЧЕТОМ ВОДНОСТИ ГОДА

Кудратов Толибжон Кудратович.
к.т.н. НИИ ирригации и водных проблем,
Якубов Мурат Адилович
д.т.н., профессор, НИИ ирригации и водных проблем,
Мирхасилова Зулфия Кочкаровна
доцент PhD, НИУ ТИИИМСХ;

Аннотация. В статье рассмотрена проблема возникновения засоленных почв в условиях аридных земель на примере Бухарской области и предложена методика расчета промывной нормы по борьбе с засолением на основе метода водно-солевого баланса. Основным методом исследования является обобщение опыта и расчет промывной нормы на основе водно-солевых балансов. Результаты расчетов показывают, что для маловодного года, когда эксплуатационные промывки проводятся небольшими нормами, конечное содержание солей в корнеобитаемом слое сохраняется высоким Приведенный методический подход позволит рассчитать оптимальную промывную норму для борьбы с засолением.

Ключевые слова: засоление почв, типы засоления, промывная норма, водно-солевые балансы, методы расчета.

Annotatsiya. Maqolada arid hududlar sharoitida, xususan Buxoro viloyati misolida sho‘rlangan tuproqlarning vujudga kelish muammosi ko‘rib chiqilgan hamda suv–tuz balansiga asoslangan sho‘rlanishga qarshi kurashishda qo‘llaniladigan sho‘r yuvish me’yorini hisoblash metodikasi taklif etilgan. Tadqiqotning asosiy usuli — tajriba va ilmiy manbalarni umumlashtirish hamda suv–tuz balanslari asosida sho‘r yuvish me’yorini hisoblashdir. Hisob-kitoblar natijalari shuni ko‘rsatadiki, suv tanqis yilda, ekspluatatsion sho‘r yuvish kichik me’yorlarda o‘tkazilganda, ildiz o‘sadigan qatlamdagi yakuniy tuz miqdori yuqori darajada saqlanib qoladi. Keltirilgan metodik yondashuv sho‘rlanishga qarshi optimal sho‘r yuvish me’yorini aniqlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: tuproq sho‘rlanishi, sho‘rlanish turlari, sho‘r yuvish me’yori, suv–tuz balanslari, hisoblash usullari**.**

Abstract. The article examines the problem of saline soil formation in arid regions using the Bukhara region as an example and proposes a method for calculating the leaching requirement to combat salinization based on the water–salt balance approach. The main research method is the analysis of existing experience and the calculation of the leaching requirement using water–salt balance models. The results show that in low-water years, when operational leaching is carried out with small volumes, the final salt content in the root zone remains high. The proposed methodological approach makes it possible to calculate the optimal leaching requirement for combating soil salinization.

Keywords: soil salinization, types of salinization, leaching rate, water-salt balances, calculation methods.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из насущных проблем орошаемого земледелия в аридных и полуаридных зонах является борьба с засолением и осолонцеванием почв. Засоление и осолонцевание почв, повышение минерализации и щелочности представляют собой большую проблему во многих странах мира, по всему земному шару площади засоленных земель составляют около 76,6 млн.га и борьба с засолением почв широко применяются промывки земель на фоне дренажа. Имеются довольно широкие аспекты регулирования солевого режима выполненные в Азербайджане, Туркмении, Узбекистане и данная проблема является очень актуальной. Теоретические и практические основы по установлению промывных норм и опыта по их проведению в зависимости от гидрогеолого - почвенно мелиоративных условий, степени засоления и их химического состава достаточно подробно описаны в трудах С.Ф. Аверьянова, И.П.Айдарова, Р.К.Икрамова, М.А.Якубова, Х.И. Якубова, Ш.Х.Якубова, А.Р.Рамазанова и Якубов М.А., Икрамов Р.К., Джалилова Т., Каримова Н.М

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным методом исследования является обобщение опыта и расчет промывной нормы на основе водно-солевых балансов. Расчет водно- солевого баланса взят по методу расчета А.С. Аверьянова. Теоретические и практические основы по установлению промывных норм и опыта по их проведению в зависимости от гидрогеолого - почвенно мелиоративных условий, степени засоления и их химического состава достаточно подробно описаны в трудах С.Ф. Аверьянова, И.П.Айдарова], М.А.Якубова, Х.И. Якубова, Ш.Х.Якубова , А.Р.Рамазанова и др.. [1;2;3]

Выполнение выше указанной методики показывает, что рассмотрены такие вопросы, как скорость растворения и выноса солей из почв в зависимости от промывных норм, механического состава почв, коэффициентов диффузии и др. Для расчёта промывных норм мы использовали метод САНИИРИ, который довольно хорошо учитывает особенности почвенно-мелиоративных условий и типы засоления объекта исследований.

Согласно данному подходу, для невегетационного периода водно-солевой баланс корнеобитаемой зоны в упрощенном виде можно описать уравнением:

$$\Delta W^{KC} = W_{\text{Н}}^{KC} - W_{\text{К}}^{KC} = O_c + N_{пр} - ET \pm g, \quad \text{м}^3/\text{га} \quad (1.1)$$

$$\Delta C^{KC} = C_{\text{Н}}^{KC} - C_{\text{К}}^{KC} = N_c \cdot C_{пр} \pm Cg \cdot g, \quad \text{т/га} \quad (1.2)$$

Где ΔW^{KC} ΔC^{KC} - изменение запасов влаги и солей в корнеобитаемой зоне; $W_{\text{Н}}^{KC}$ $W_{\text{К}}^{KC}$ $C_{\text{Н}}^{KC}$ $C_{\text{К}}^{KC}$ - начальные и конечные запасы влаги и солей в корнеобитаемой зоне за расчётный период. Ос – атмосферные осадки за расчётный период (мм или м^3/га). Nпр – промывная норма, м^3/га; ЕТ – эвапотранспирация, м^3/га; $\pm g, \pm Cg$ - водо и солеобмен корнеобитаемого слоя с нижележащими; Спр, Cg - минерализация соответствующих элементов водного баланса, г/л.

Величину эвапотранспирации (ЕТ) за невегетационный период можно рассчитать по формуле института «Средазгипроводхлопок» (УзГИП): $ET = \frac{E_o^{1.28}}{5{,}047}$

где E_o – среднемесячная испаряемость, мм, (по Иванову, Молчанову):

$$Eo=0{,}0018\cdot 0{,}8(t^0+25)^2\cdot(100-\alpha)$$

- t^0 – среднемесячная температура воздуха ^{0}С; ·α - среднемесячная относительная влажность воздуха %.

Исходные запасы в корнеобитаемой зоне рассчитываются как:

$$C_H^{KC} = h_{KC} \cdot \rho \cdot S^{KC} \cdot 100 \cdot Y \quad , \qquad \text{т/га} \qquad (1.3)$$

где $S_н^{кс}$ – содержание легкорастворимых солей в корнеобитаемом слое перед промывкой, % от веса сухой почвы; ρ – объёмная масса почв, т/м^3; Y – коэффициент перехода водных вытяжек на исходные расчётные запасы солей, по данным П.С.Панина [1978 г. с.90], для хлоридных почв – 1,17; хлоридно-сульфатных и сульфатных почв – 1.41.

Для случая нисходящего тока влаги (-g) вынос солей с инфильтрационными водами из корнеобитаемого слоя в нижние определяется по формуле:

$$-C_g = C^{KC}(1 - \frac{1}{e^{\frac{K^1}{\gamma}}}), \qquad \text{м}^3\text{/га} \qquad (1.4)$$

где K^1 – кратность водообмена в корнеобитаемом слое

$$K^1 = \frac{g}{h^{KC} \cdot m_0 \cdot 10000} \qquad (1.5)$$

В случае подпитывания корнеобитаемого слоя (+g), то приток солей восходящими точками определяется как:

$$+Cg = 0.001 \cdot q \cdot Мвт \qquad (1.6)$$

здесь Мвт – минерализация нисходящего тока, г/л

$$M_{вт} = \frac{C^{KC} \cdot \sigma}{W^{KC} \cdot 100} \qquad (1.7)$$

здесь σ – пересчётный коэффициент от содержания солей в почвах от % ной формы к минерализации почвенного раствора. По П.С.Панину его значение для хлоридных почв 0,82; хлоридно-сульфатных и сульфатных почв 0,535. Методика и алгоритм расчёта по данным уравнениям детально изложена в соответствующих работах М.А.Якубова, Р.К Икрамова и др. [4;5;6]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Анализ многолетних данных по Бухарской области показывает, что в отдельных районах как Каганский, Рометанский и др. сохраняются сильно и среднезасоленные почвы по профилю (таблица 1). В последние годы (особенно в маловодные по осадкам), нормы осенне-зимних эксплуатационных промывок составляют порядка 1800-2800 м^3/га, в другие годы она составляет 3600-400 м^3/га.

Нами выполнены расчеты водно-солевого баланса корнеобитаемого слоя для случая маловодного года, когда промывная норма равнялась 2700 м3/га и для случая, когда она была 4800 м3/га (многоводный год), таблица 2.

Результаты расчетов показывают, что для маловодного года, когда эксплуатационные промывки проводятся небольшими нормами (1800-2800 м^3/га), конечное содержание солей в корнеобитаемом слое ($S_к^{кс}$) сохраняется довольно высоким – в пределах 0,562 % от массы сухой почвы (по плотному остатку).

Таблица 1

Содержание легкорастворимых солей по профилю почв в Каганском и Ромитанском районах (по данным оценки бонитировки почв ГМЭ, 2020 г.)

Разрез, №	Глубина, см	Плотный остаток	HCO_3	CL	SO_4	Ca	Mg	Na	Засоление	
		%							тип	степень
88	0-31	0,890	0,018	0,049	0,463	0,095	0,043	0,068		средне.
	31-52	1,015		0,027	0,056	0,155	0,037	0,048		средне.
	52-81	1,170	0,027	0,063	0,588	0,120	0,049	0,101		средне.
	81-125	1,180	0,024	0,066	0,617	0,165	0,043	0,076		средне.
108	0-30	1,265	0,021	0,280	0,498	0,130	0,062	0,163		сильно.
	30-60	0,422	0,021	0,062	0,185	0,055	0,015	0,046		средне.

	60-90	0,340	0,024	0,048	0,140	0,040	0,012	0,039		средне.
	90-140	0,568	0,037	0,088	0,246	0,090	0,031	0,022		средне.
498	0-30	0,925	0,210	0,185	0,438	0,050	0,084	0,058		средне.
	30-60	0,897	0,030	0,329	0,221	0,110	0,083	0,047		сильно.
	60-90	0,780	0,046	0,199	0,320	0,070	0,098	0,034		средне.
	90-130	0,350	0,027	0,108	0,104	0,0450	0,030	0,022		средне.

Таблица 2.

Расчёт изменения водно-солевого баланса корнеобитаемого слоя почв под влиянием зимних промывок (на примере Бухарской области)

Показатель	Маловодный год	Многоводный год
Водный баланс ($м^3$/га)		
Приход: Норма промывки (Nпр)	2500	4400
Осадки (Ос) за XII-III месяцы	1650	1060
Всего приход (ΣПр) Расход: Эвапатранспирация ЕТп (за XII-III)	4150 2650	5460 2628
Рассоляющий расход (-q)	-1500	-2832
Солевой баланс, (т/га)		
Минерализация промывной воды, г/л	1,2	1,6
Приток солей: - с промывной водой	3,25	7,04
- вынос солей с рассоляющим током (-Cg)	36,0	60,7
Исходное содержание солей в почве $S_н^{кс}$,%	0,800	0,800
Исходные запасы солей ($C_н^{кс}$), т/га	139,2	139,2
Конечные запасы солей ($C_к^{кс}$), т/га	103,2	84,2
Конечное содержание солей ($S_к^{кс}$), %	0,562	0,386

В многоводные же годы при подаче нормы 4400 $м^3$/га содержание легкорастворимых солей можно снизить до 0,386 % от сухой массы, что можно считать допустимым по плотному остатку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Приведенный методический подход позволит рассчитать оптимальную промывную норму для борьбы с засолением в т.ч. с пятнистым засолением почв, а также учесть сроки их проведения с учетом водности года и температуры воздуха, и типа засоления и для других объектов.

В целом основные предпосылки для недопущения засоления земель включают в себя следующие принципы:

-улучшения спланированности орошаемого поля для равномерного увлажнения почв;

-поддержания глубины грунтовых вод ниже критического уровня с помощью дренажа;

-исключение переполивов земель с помощью внедрения водосберегающих способов и технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.А. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1978. –288 с.

2. Айдаров И.П. Пути решения региональных водохозяйственных проблем//Мелиорация и водное хозяйство. М., 2010. №5. С.43-48.

3. Икрамов Р.К. Исследование интегрированного управления почвенными и водными ресурсами на уровне фермерских хозяйств//Центрально-азиатская международная научно-практическая конференция WATER/ Алматы. 2003 г. с. 609-612.

4. Рамазанов А.Р., Якубов Х.И. Промывные влагозарядковые поливы. Ташкент: Мехнат 1988 г. с.191.

5. Якубов М.А., Якубов Х.И., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение. Монография. Ташкент: Из-во ИПТД «Узбекистан», 2011. 189 с.

6. Якубов М.А., Икрамов Р.К., Джалилова Т., Каримова Н.М. К вопросу методики прогнозирования минерализации почвенного раствора и грунтовых вод при близком их залегании на крупных орошаемых массивах // Сб. научных трудов САНИИРИ. 1982. С.3-10.

FAOLLASHTIRILGAN BODOM VA YONG‘OQ UGLERODLI ADSORBENTLARDA MODEL VA OQAVA SUVLARDA METALLARNING SORBSIYASI

Salihanova Dilnoza Saidakbarovna
URFA Ummumiy va noorganik kimyo instituti katta ilmiy xodim, t.f.d prof
Ubaydullayeva Navruza Ne’matjonovna,
k.f.f.d PhD, vb dots.Namangan davlat universiteti kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi,
Usmonova Sarvinoz Ismoiljon qizi,
NamDU magistri.
Xakimova Mashrabxon Abdisamat qizi,
NamDU magistri

Annotatsiya: Ilmiy maqolada keltirilgan malumotlarning ilmiy ahamiyati shundan iboratki, yong‘oq va bodom po‘stlog‘ini modifikatsiya qilish orqali faollashgan uglerodli adsorbent olish va olingan adsorbentlar metallar sorbsiyasi, metallurgiya ishlab chiqarish korxonalardan chiqayotgan oqava suvlarini tozalash texnologiyasini ishlab chiqishga asos bo‘ladi.Natijalarining amaliy ahamiyati mahalliy qishloq ho‘jaligi ekinlarini chiqindilaridan faollashgan uglerodli adsorbent olish orqali ulardan sanoat oqava suvlarini tozalashda foydalanish texnologiyasini sanoat miqyosida ishlab chiqarishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *Faollashtirilgan ko‘mir, adsorbsiyalash, metallar, yuza maydoni, g‘ovak tuzilish, ekologik xavfsizlik, sanoat chiqindilari, tozalash jarayonlari.*

Аннотация: Научная значимость представленных в статье данных заключается в том, что они легли в основу разработки технологии получения активированных углеродных адсорбентов путем модификации скорлупы грецкого ореха и миндаля и использования полученного адсорбента для очистки металлов и сточных вод металлургических предприятий. Практическая значимость результатов заключается в разработке промышленной технологии получения активированных углеродных адсорбентов из отходов местных сельскохозяйственных культур и их использования для очистки промышленных сточных вод.

Ключевые слова: *Активированный уголь, адсорбция, металлы, площадь поверхности, пористая структура, экологическая безопасность, промышленные отходы, процессы очистки.*

Abstract: The scientific significance of the data presented in this article lies in the fact that they form the basis for the development of a technology for producing activated carbon adsorbents by modifying walnut and almond shells and using the resulting adsorbent for the purification of metals and wastewater from metallurgical plants. The practical significance of these results lies in the development of an industrial technology for producing activated carbon adsorbents from local agricultural waste and their use in industrial wastewater treatment.

Keywords: *Activated carbon, adsorption, metals, surface area, porous structure, environmental safety, industrial waste, treatment processes.*

KIRISH

Hozirgi kunda ko‘mir xomashyosi asosan qattiq yoqilg‘i ishlab chiqarishga keskin yo‘naltirilgan bo‘lib, respublikaning asosiy energiya manbalaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda ko‘mir asosida yoqilg‘i, yangi reagentlar va yangi materiallar ishlab chiqarilmoqda. 2024-yilda elektr ishlab chiqarish hajmi oshganini ham ma’lum qiladi: 2024-yilda umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarilishi 81,29 millimetr energiya manbalaridan foydalanishni talab etmoqda. Shu sababli elektroenergiya ko‘mirni qo‘llash orqali olinmoqda [1,2].

Atrof-muhitda zararli moddalarning to‘planishi bilan ekologik muammolarni hal qilishning texnologik asoslarini ishlab chiqish, shuningdek, kerakli natijaga e’tibor qaratgan holda imkoniyat va resurslardan oqilona foydalanish imkonini beruvchi muhim masalaga aylanmoqda.

Suvni ifloslantiruvchi asosiy omillardan biri og‘ir metallar, neft va neft mahsulotlari kiradi. Neftni qayta ishlash jarayonlarida uning qoldiqlari, yoki mahsulotlari suvga tushib, uni global ifloslanishiga olib keladi.

Shularni inobatga olib, yuqori sorbsion materiallarni ishlab chiqarish dolzarb hisoblanadi. Shu kungacha 300 dan ortiq sorbsion materiallar ishlab chiqarilgan bo‘lib, ularni olish, faollashtirish yoki modifikatsiya qilish usullari bilan farq qiladi. Neft mahsulotlarini suv tarkibidan tozalash uchun qishloq xo‘jaligi chiqindilari asosida sorbsion materiallar olish iqtisodiy va texnologik tarafdan o‘zini oqlovchi hisoblanadi.

Suvni tozalash samaradorligini va sorbentlarning xossalarini oshirish uchun ikkita yondashuv qo‘llanildi: sorbentlarning sorbsion xususiyatlarini yaxshilash uchun modifikatsiyalash va yangi kompozitlar olish uchun tabiiy sorbsion materiallardan foydalanish; yaxshilangan xususiyatlarga ega biosorbentlarni olish bo‘yicha da o‘rganilgan. [2;111-116-b]

So‘nggi vaqtlarda o‘simlik chiqindilaridan olingan uglerodli maxsulotlarga, shuningdek, o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lgan va termokimyoviy faollashtirish usullarini amalga oshirish uchun qulay bo‘lgan yog‘ochni qayta ishlash chiqindilariga qiziqish ortib bormoqda [3;105-b].

Suyuqliklarni tozalash uchun bir vaqtning o‘zida donador va kukun faollashtirilgan ugleroddan foydalanish mumkin. Donador faollashtirilgan uglerod asosan uzluksiz jarayonlar uchun ishlatiladi, kukunli faollashtirilgan uglerod esa partiyaviy jarayonlar uchun ko‘proq mos keladi. Adsorbentni suyuq fazadan ajratishning eng oddiy usuli cho‘ktirish bo‘lib, jarayonning uzunligi tufayli juda kam qo‘llaniladi. Bu usul odatda sharob va boshqa spirtli ichimliklarni tozalash uchun ishlatiladi.

Faollashgan uglerod yog‘ va yog‘larni dezodorizatsiya qilish jarayonida keng qo‘llaniladi. Ushbu maqsadlar uchun nozik g‘ovakli faol uglerod ishlatiladi. Granulali faollashtirilgan uglerod faqat maxsus holatlarda, masalan, yuqori molekulali yog‘larni dezodorizatsiya qilishda qo‘llaniladi.

Ko‘pgina kimyoviy moddalar ko‘p miqdorda rang beruvchi aralashmalarni o‘z ichiga oladi. Ushbu aralashmalarni faollashtirilgan uglerod bilan qayta ishlash orqali olib tashlash mumkin.

TADQIQOT USLUBI

Faollashgan uglerod tabiiy organik birikmalarni noorganik birikmalarga qaraganda tez-tez tozalash uchun ishlatiladi. Distillash texnologiyasini takomillashtirishga qaramasdan, sovun ishlab chiqarish jarayonida lipoliz jarayonida hosil bo‘lgan gliserin hali ham faollashtirilgan uglerod bilan ishlov berishni talab qiladi, ayniqsa oxirgi bosqichida. Tibbiy va farmasevtika preparatlari, oziq-ovqat mahsulotlari, kosmetika maxsulotlari ishlab chiqarishda yuqori darajadagi tozalashlar talab etiladi, shuning uchun kukun xoldagi faollashtirilgan uglerod ishlatiladi [4;120-132-b].

Sanoatda oqava suvlarni tozalashda, tabiatdan oqilona foydalanishda, biosferani saqlashda adsorbentlarni roli katta hisoblanadi. Shu sababli uglerodli adsorbentlardan gidrosferani turli zararli moddalardan tozalashda keng foydalanilidi. Bugungi kunda noorganik sorbsion materiallar yordamida zararli moddalardan tozalashda keng foydalanilmoqda. Shu sababli yo‘naltirilgan sorbsion xususiyatli sorbentlarni sintez qilish yoki ishlab chiqarish katta ahamiyatga ega hisoblanadi [5;35-40-b].

Bundan tashqari suvli va gaz holatdagi tizimlarni tozalash uchun odatiy va noan’anaviy xomashyo turlari yordamida adsorbentlar olish imkoniyati mavjud. Adsorbent olish uchun

xomashyo arzon, topiladigan xomashyo sifatida qo‘ng‘ir ko‘mirlar hisoblanadi. Ular asosida uglerodli adsorbentlar olish imkoniyatlari keltirilgan. Olingan natijalar o‘zining mikrog‘ovakliligi va yuqori adsorbsion qobiliyati bilan ajralib turibti. Eng maqbul faollashtirish usullaridan biri bu 600-900 ^{0}C da ishqoriy-termik faollashtirish hisoblanadi.

Shu ishni davomi sifatida qo‘ng‘ir ko‘mirlarni ishqor yordamida kimyoviy modifikatsiyasi nazarda tutilgan bo‘lib, >0.5>05-1.0>1.0-2.0 mm gacha bo‘lgan faollantirilgan ko‘mir namunalari olishga erishilgan [6;31-34-b].

Ko‘mir kukuni 0.2mm o‘lchamdagi namunalarni kaliy gidroksidi bilan 1/1 nisbatda aralashtirib, 60 minut davomida ushlab turilib, so‘ng 800 ^{0}C da termoliz qilinadi. Ko‘mir turiga qaramasdan bunday usulda yuqori sorbsion qiymatli va yodga nisbatan 96% bo‘lgan adsorbent olish imkoniyati bor. Shu bilan birga sorbentni chiqish miqdori 60 % ni tashkil etadi, yo‘qotishlar hajmi 40% ni tashkil etadi. Shu sababli, tabiiy sorbentlarning topilishda arzonligi, ularni bir marta ishlatib regeneratsiya qilmasdan ishlatish imkoniyatlari mavjud. Mualliflar tamonidan [7;27-32-b] turli meva va urug‘lar asosida adsorbent olish imkoniyatlari mavjud bo‘lib, ular asosida qimmatli mahsulotlarni ajratib olib 250-300 ^{0}C da korbonizatsiya qilinadi va qo‘shimcha oksidlovchi gazlar va suv bug‘i yordamida faollashtirish amalga oshirilgan va ularning sorbsion xususiyatlari aniqlangan. Shuni ta’kidlash lozimki, olingan adsorbentlar g‘ovakli strukturaga ega emas. Lekin yong‘oq danagi po‘stloqlari strukturaga ega bo‘lganligi sababli, ularni filtr sifatida yuqori molekulyar birikmalarni yuttirishda ishlatish imkoniyati mavjud.

NATIJA. Metallurgiya sanoatidan katta miqdorda suv ishlatiladi, buning natijasida esa katta miqdorda ishlatilgan oqava suvlar hosil bo‘ladi. Oqava suv tarkibida organik va turli metall qoldiqlari mavjudligi, ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri kanalizatsiyaga tashlash mumkun emasligini inobatga olib, ular katta hovuzlarda saqlanadi. Respublikada oqava suvlarni qayta ishlash texnologiyasi yo‘qligi sababli, ekologiyaga katta zarar yetkazishga olib kelmoqda. Bundan tashqari ular tarkibidagi qimmatbaho, nodir yoki radiaktiv moddalarning mavjudligi ularni ajratib olish va oqava suvni qayta texnik suv sifatida ishlatish imkoniyatlarini yaratish bo‘yicha ko‘p olimlar ilmiy izlanishlar olib borishmoqda. [8;29-33-b]

Sanoat oqava suvi tarkibida metall ionlarining miqdorini o‘zgarib turishi, ularni tozalash jaryonlaridagi adsorbentning miqdorini ham o‘zgarishiga olib keladi. Ularni sorbsion qobiliyatini aniqlash uchun model eritmalarda, turli miqdorlarda adsorbsiya jarayonida qo‘llab tozalab ko‘rildi.

1-jadval

Metallugiya sanoati oqava suvlarini tozalashdan oldingi va keyingi mass-spektroskopiya natijalari.

Element	Oqava suv (tozalashdan oldin), mg/L	Oqava suv (tozalashdan keyin), mg/L	Ruxsatlangan me'yor (REM), mg/L
Be	0,00036	0,00003	0,0002
Al	0,07	0,00600	0,5
Mn	1,3	0,02025	0,1
Ni	66,00	0,08673	0,1
Cu	21,00	0,02249	1,0
Zn	0,076	0,00560	1,0
As	0.88	0,09625	0,05
Se	1.0	0,09723	0,01
Sr	4.8	0,82857	7,0
Mo	2.8	0,00525	0,25

Cd	0.00085	0,00018	0,001
Hg	0.000072	0,00003	0,0005
Pb	0.00013	0,00010	0,03
Th	0.00015	0,00025	-
U	2.4	0,00540	0,7
Cr	0.023	0,02456	0,5
Co	21.0	0,01333	0,1

Model eritmalarda olingan natijalar doim ham real eritmalar natijalari bilan to‘g‘ri kelmasligini inobatga olib, ularni real sanoat oqava suvlari tarkibidagi metallarni sorbsiyasini o‘rganish rejalashtirildi.

XULOSA

Yuqoridagi jadval natijalariga ko‘ra metallurgiya sanoati oqava suvlarini dastlabki tarkibida REM dan ancha yuqoriligini, uni tozalash zarurligini ko‘rsatmoqda. Ni va Cu ionlari miqdorining bir necha baravar kamaytirganini, xatto radiaktiv ionlarni ham sorbsiyalash REM ga tushurganini ko‘rish mumkin. [9;84-86-b]

Faollantirilga yong‘oq ko‘miri va faollantirilga bodom ko‘miri uglerodli adsorbentlar yordamida oqava suvlar tarkibidan metall ionlarini tozalashi, Ni va Cu ionlarini REM ga tushurishi isbotlangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pinchuk V.A. Ispolzovaniye vodougolnogo topliva i produktov yego pererabotki v energetike i metallurgii // Pinchuk V.A., Gubinskiy M.V., Potapov B.B. / © 2008.

2. Patrakov Yu. F. Sostoyaniye i perspektivы protsessov glubokoy pererabotki ugley. / Patrakov Yu.F. // Ximiya v interesax ustoychivogo razvitiya. — 2005. -№ 13. — S.581-585.

3. Bogdanovich N.I. Termoximicheskiy sintez novыx uglerodnыx materialov na osnove texnicheskix ligninov / N.I. Bogdanovich, G.V. Dobele, L.N. Kuznetsova, N.V. Orlova // Fizikoximiya ligninov. Mat-lыmejdunar. Konferensii. – 2005. – S.105.

4. Bogdanovich N.I. Piroliz texnicheskix ligninov / N.I. Bogdanovich // Lesnoy jurnal 1998. — № 2-3. — C. 120-132.

5. Peshnev B.V. Polucheniye uglerodnыx materialov s zadannoy poristostyu /Peshnev B.V., Filimonov A.S., Gavrilova N.N., Nikolayev A.I., Nguyen V.X. //Jurnal: Ximiya tverdogo topliva, -№ 3. -2018. — S. 35-40.

6. Romadenkina S.B. Sorbsiya kationov jeleza (III) goryuchim slansem Kotsebinskogo mestorojdeniya i yego zoloy iz vodnыx rastvorov / Romadenkina S.B., Shestopalova N.B., Krujalov A.V., Lobankov Ye.V. Ximiya tverdogo topliva // Rossiyskaya akademiya nauk (Moskva) -№3. — 2018. — S. 31- 34.

7. Yermagambet B.T. Polucheniye adsorbenta iz goryuchego slansa kendыrlыkskogo mestorojdeniya / Yermagambet B.T., Kasenovb.K., Nurgaliyev N.U., Kazankapova M.K., Kasenova J. M., Zikirina A.M. // Ximiya Tverdogo Topliva Izd. Rossiyskaya akademiya nauk (Moskva) -№5, -2018. — S. 27-32.

8. Ubaydullayeva N.N,Salixanova D.S. Dexkanov R.S. Issledovaniye ugolnogo adsorbenta kompozitsii na osnove mestnogorastitelnogosыrya dlya ochistki stochnыx vod. Universum: texnicheskiye nauki. 2022. №7-100 –C 29-33.

9. Ubaydullayeva N.N, Qimmatbaho metallarni sorbsion ajratib olish uchin faollashtirilgan ko‘mir adsorbentlari olish va ularning kolloid-kimyoviy xossalarini aniqlash. UDK 544.7: 2024.84-86 b.

JIZZAX VILOYATI SUG‘ORILADIGAN TUPROQLARINI GEOEKOLOGIK BAHOLASH, MONITORING O‘TKAZISH VA GAT TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA RAQAMLI XARITALARINI ISHLAB CHIQISH

Pattaxov Nasibulla Asrol o‘g‘li, Erkabaev Furqat Ilyasovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti
Turdaliyev Jamolbek Mo‘minalievich
Tuproqshunoslik va agrokimyoviy tadqiqotlar instituti

Annotatsiya. Ushbu tezisda Jizzax viloyatining qishloq xo‘jaligiga yaroqli yer maydonlaridan monitoring tadqiqotlari uchun 15 ta kalit maydon sifatida tanlab olingan qishloq xo‘jaligi yerlari tuproqlarining ekologik-meliorativ holati, monitoring kuzatuv ishlari natijalari ularni GAT texnologiyalari yordamida raqamli xaritalarini ishlab chiqish to‘g‘risidagi ma’lumotlar keltirilgan.

Kalit so’zlar*: tuproqlar mexanikasi, organik modda, karbonat birikmalar, tuz miqdori, gips miqdori, kalsiy karbonat, indikatorlar, GAT, pH ko‘rsatkichi.*

Annotatsiya. В диссертатсионной работе представлены эколого-мелиоративное состояние почв селскохозяйственных угодий, выбранных в качестве 15 ключевых участков мониторинговых исследований селскохозяйственных угодий Джизакской области, результаты мониторингово-наблюдателных работ и создание их сифровых карт с исползованием технологий ГАТ.

Klyuchevыe slova: *механика почв, органическое вещество, карбонатные соединения, содержание солей, содержание гипса, карбонат калсия, индикаторы, ГИС, показател pH.*

Abstract. The dissertation presents the ecological and meliorative state of the soils of agricultural lands selected as 15 key sites for monitoring studies of agricultural lands in the Jizzakh region, the results of monitoring and observation work and the creation of their digital maps using **GIS** technologies.

Key words: *soil mechanics, organic matter, carbonate compounds, salt content, gypsum content, calcium carbonate, indicators, GIS, pH.*

KIRISH

Bugungi kunga kelib, respublikamizda sug‘oriladigan maydonlar tuproqlari yetarlicha yaxshi o‘rganilgan, bu borada katta hajmda e’lon qilingan maqolalar, nashr etilgan ilmiy ishlar mavjud. Ular asosan tizimli tashkil qilingan holda tuproqlarning diagnostikasi, kelib chiqishi genezisi va ekologik-meliorativ holati bo‘yicha qishloq xo‘jaligida samarali foydalanishga bag‘ishlangan bo‘lib, tuproq monitioring natijalari asosida sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlarini geoekologik baholash va GAT texnologiyalari asosida raqamli xaritalarini ishlab chiqish masalasi nisbatan kam o‘rganilgan hamda dolzarb hisoblanadi.

Bugungi kunda dunyo tadqiqotlari doirasida yer resurslarini boshqarish va landshaft monitoringi bo‘yicha asosan masofadan zondlash (Remote Sensing), GIS texnologiyalari, IPBES, CORINE LULC, Land Change Modeler, NDVI kabi usullarga tayangan. Tadqiqotlarga ko‘ra: Song et al. (2019) global miqyosda 1982–2016-yillar oralig‘ida yer qoplamasidagi o‘zgarishlar ko‘proq dehqonchilik va urbanizatsiya tufayli yuz berganini aniqlagan. Song et al. (2019) global miqyosda yer qoplamasi transformatsiyasini tahlil qilib, asosiy sabab sifatida urbanizatsiya va qishloq xo‘jaligi maydonlarining kengayishi ko‘rsatilgan. Turner va Gardner (2015) landshaft ekologiyasi nazariyasiga asoslanib, antropogen omillar bilan tabiiy jarayonlar o‘rtasidagi muvozanat buzilishini qayd etgan.

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqotlar dala, laboratoriya va kameral sharoitlarda tuproqshunoslikda umumqabul qilingan standart uslublar bo‘yicha va yagona kompozit geoekologik indeks ishlab chiqish va uni ArcGIS Model Builder yordamida xaritalash ishlari amalga oshirilgan.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Jizzax viloyatining qishloq xo‘jaligiga yaroqli yer maydonlaridan monitoring tadqiqotlari uchun tanlangan 15 ta tajriba maydon ajratilgan, har biri 1 gektarli uchta statsionar ekologik va yarim statsionar ekologik maydonlar (SEM va YaSEM)da rejim kuzatuv tadqiqotlari o‘tkazildi va monitoring tadqiqotlarida olingan ma’lumotlardan foydalangan holda, viloyatning tog‘ oldi va tog‘ osti hududlaridan tanlangan 15 ta tanlangan massivlarning SEM va YaSEMlarini 1 gektarli yer maydonlari tuproqlari bo‘yicha GAT texnologiyalari yordamida 1:5000 masshtabli raqamli mavzuli xaritalar (1-6-rasmlar) tuzildi va geoekologik baholash ishlari olib borildi.

Jizzax viloyati markaziy O‘zbekistonning serqirra tabiiy geografik hududlaridan biri bo‘lib, janubda Turkiston tizmasi, g‘arbda Nurota tizimlari, shimol va shimol g‘arbda Mirzacho‘l va Qizilqum tekisliklari bilan chegaralangan. Shuning uchun geoekologik monitoring tizimi – ya’ni tuproq, suv, iqlim va antropogen omillarni integratsiyalashgan holda kuzatish – viloyatning barqaror rivojlanishi uchun zarur bo‘lib, viloyat misolida geoekologik monitoringni tashkil etish, indikatorlar tanlash, ularning asosiy o‘zgaruvchilari bo‘yicha ma’lumotlar bazasini shakllantirish, yagona kompozit geoekologik indeks ishlab chiqish va uni ArcGIS Model Builder yordamida xaritalash jarayonlari batafsil yoritildi. Bu yondashuv esa viloyatda mavjud tuproq monitoringi ma’lumotlarini zamonaviy GIS texnologiyalari bilan uyg‘unlashtiradi va yer resurslarini boshqarishda qaror qabul qilish jarayonini optimallashtiradi.

Tadqiqot natijalari bo‘yicha tuproqning kimyoviy ko‘rsatkichlari bloki - Viloyat tuproqlari asosan tipik bo‘z, och tusli bo‘z, bo‘z-o‘tloqi tuproqlar va boshqa turlari bilan ifodalangan. Ularning kimyoviy tarkibi tuproq unumdorligining eng muhim ko‘rsatkichlaridan biri. Asosiy indikatorlar:

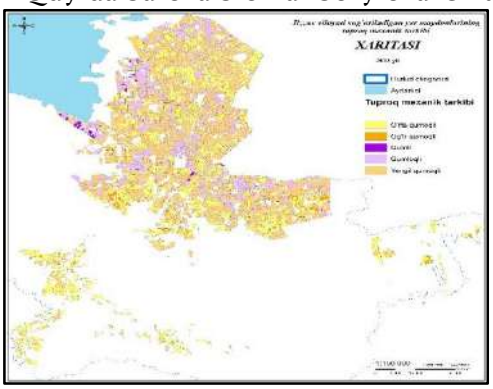
- Gumus (organik modda) miqdori (%) – Tuproqning yuqori qatlamida organik moddaning zaxirasini ko‘rsatadi. Ilmiy tadqiqotlar humus miqdori bo‘z va bo‘z-o‘tloqi tuproqlarida 1,13-2,38 % gacha, quyi qatlamlarda 0,49-1,21% gacha ekanini ko‘rsatadi. Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi tuproqlarda haydalma qatlamida humus 0,60-1,45%, quyi qatlamda 0,56-0,97%.
- pH (H_2O yoki KCl) – Neytral (6,5-7,5) sharoit o‘simliklar uchun qulay; Jizzaxda pH odatda 7,3-8,5 oralig‘ida bo‘lib, gips va karbonat birikmalarining ko‘pligi tufayli yengil ishqoriy.
- Elektr o‘tkazuvchanlik (EC, dS/m) – erigan tuz miqdorini ko‘rsatadi; tipik bo‘z tuproqlarda 0,5–1,5 dS/m, bo‘z - o‘tloqi tuproqlarda 1,5-3,5 dS/m; kuchli sho‘rlangan tuproqlarda >5 dS/m. Jizzax massivi bo‘yicha salinatsiya asosan sulfat turida bo‘lib, sho‘rlanish darajasi 2–3% yoki undan yuqori, xlor ionlarining ulushi 0,1 % dan oshadi.
- Natriy nisbati (SAR) (%) – natriy ionlari tuproq strukturasini buzadi; Jizzaxda suv tarkibidagi natriy ko‘p bo‘lgani uchun SAR ba’zi massublarda 10–20 g/l oralig‘ida.
- Fosfor (P_2O_5, mg/kg) va kaliy (K_2O, mg/kg) – o‘simlik uchun muhim elementlar; gipsli tuproqlarda harakatchan fosfor 18–30 mg/kg, mobil kaliy esa 200–240 mg/kg. Virgin tuproqlarda bu ko‘rsatkichlar o‘rtacha, sug‘oriladigan tuproqlarda esa past.
- Kalsiy karbonat ($CaCO_3$) va gips (%) – $CaCO_3$ 5–12 %, gips 5–20 % gacha. Gips miqdori ko‘p bo‘lgan tuproqlarda suvning erishi va filtrlash xususiyati sezilarli pasayadi.

Tadqiqot hududida geoekologik monitoring o‘tkazish uchun zarur indikatorlar belgilab oolingacha, ushbu indikatorlar bo‘yicha GAT texnologiyalaridan foydalangan holda raqamli indikatorlar xaritalari ishlab chiqildi.

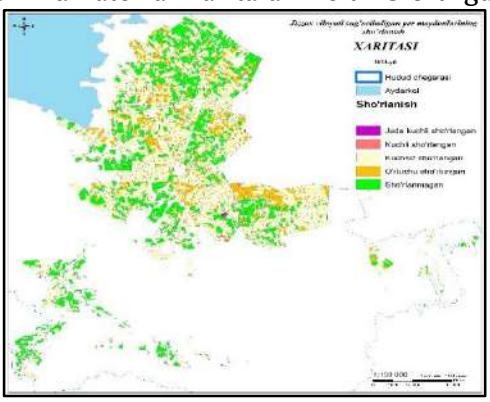
TUPROQ KIMYOVIY KO‘RSATKICHLARI NATIJALARI

Monitoring natijalari Jizzax tuproqlari past organik modda zaxirasiga ega ekanini tasdiqladi. Virgin serozemlarida humus 1,5–2,0%, irrigatsiya qilingan yerlarning ko‘pida esa 0,7–1,2%. EC qiymatlari ko‘plab holda 1,5–3,0 dS/m bo‘lib, ko‘plab punktlarda sulfat-xlorli sho‘rlanish tipi ustun. Fosfor ta’minoti 70 % maydonda past (<25 mg/kg), kaliy ta’minoti esa 60% maydonda o‘rtacha. SAR qiymatlari 10-15 oralig‘ida bo‘lib, ayrim joylarda natriy sodifikatsiyasi xavfi mavjud.

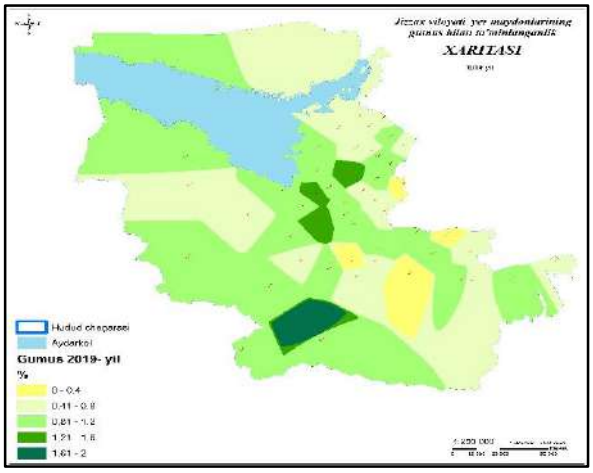
Quyida barcha bloklar bo‘yicha ishlab chiqilgan indikatorlar xaritalari keltirib o‘tilgan:



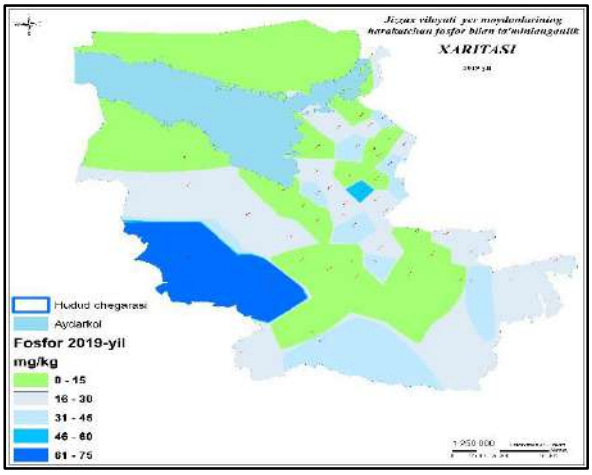
1-rasm.
Viloyat tuproq mexanik tarkibi xaritasi



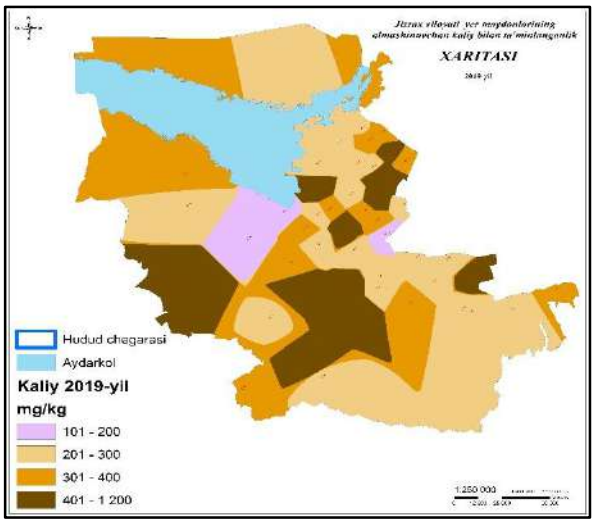
2-rasm.
Viloyat tuproq sho‘rlanish xaritasi



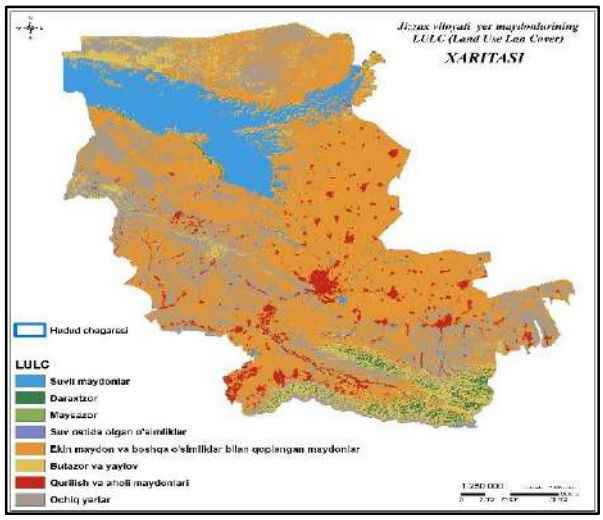
3-rasm.
Viloyat tuproqlarida gumus bilan ta’minlanganlik xaritasi



4-rasm.
Viloyat tuproqlarida fosfor bilan ta’minlanganlik xaritasi



5-rasm. Viloyat tuproqlarida kaliy bilan ta’minlanganlik xaritasi



6-rasm. Viloyat yer maydonlari LULC (Land use lan Cover) xaritasi

Har bir indikator bo‘yicha klassifikatsiya bilan massivlar kesimida quyidagi tendensiyalar kuzatildi shartli misol (1-jadval).

1-jadval.

Massivlar kesimida har bir indikator bo‘yicha klassifikatsiya tendensiyalari

Indikator	Yaxshi (G%)	O‘rta (M%)	Yomon (P%)	Tendensiya
Gumus	20 %	50 %	30 %	Asosan adir va tog‘ etaklari yaxshi; irrigatsiya maydonlarida past.
EC	40 %	45 %	15 %	Tekisliklarda sho‘rlanish yuqori; yuqori qiyaliklarda past.
Fosfor	18 %	42 %	40 %	O‘g‘itlanish yetishmasligi; ko‘chatzorlarda yuqori.
Kaliy	30 %	50 %	20 %	Gipsli tuproqlarda o‘rta; qumoqlarda past.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Agromeliorativ tadbirlardan tuproqlarni irrigatsiya va shamol eroziyasidan muhofaza qilish, sho‘rlangan yerlarda tuproqlarning sho‘rlanish darajasi va mexanik tarkibini hisobga olgan holda sifatli sho‘r yuvish ishlarini bajarish eng asosiy va muhim tadbirlardan hisoblanadi.

Sug‘orma dehqonchilik qilinadigan och tusli, tipik va to‘q tusli bo‘z tuproqlarda sug‘orish eroziyasi mavjud. Suv eroziyasi ta’sirida tuproqning kimyoviy, agrokimyoviy, suv-fizik va mikrobiologik xossa-xususiyatlari sezilarli darajada yomonlashadi, natijada tuproq unumdorligi, ayniqsa uning gumusli qatlamlarini qalinligi kamayadi, bu ko‘rsatkichlar o‘z navbatida paxta va donli ekinlar hosildorligini 40-50 foizgacha kamaytirib, paxta tolasi va don sifatini yomonlashishiga olib keladi. Suv va irrigatsiya eroziyasi salbiy ta’sirini kamaytirish uchun sug‘orish texnikasini mukammallashtirish, tuproq yuza qismi qiyaligining katta kichikligiga qarab sug‘orish me’yorlarini aniq belgilash, sug‘orish eroziyasiga qarshi kimyoviy va biologik vositalarini qo‘llash, bundan tashqari turli agrotexnik usullarni qo‘llash, ya’ni oraliq ekinlarni ekish, eroziyaga uchragan tuproqlarning suv-fizikaviy xossalarini yaxshilash uchun egat qator oralariga bentonit solish va tuproqning yuvilganlik darajasiga qarab organik va mineral o‘g‘itlarni tabaqalashtirib qo‘llash maqsadga muvofiqdir.

Shamol eroziyasi asosan sug‘oriladigan yengil mexanik tarkibli tuproqlarda kuchli shamollar (15-25 m/s)ning harakati natijasida sodir bo‘ladi. Shamol eroziyasi viloyatning Mirzacho‘l qadimgi tekisliklar hududlarida kuzatiladi. Shamol eroziyasini oldini olish va shamol ta’sirida eroziyalangan tuproqlarni unumdorligini tiklash va oshirishda ihota daraxtzorlarini barpo qilish, 3, 5, 7 qatorli ihota daraxtzorlari, qatorlari sonidan qat’iy nazar tuproqni va ekinlarni deyarli bir xil masofada shamol eroziyasidan himoya qiladi. Ihota daraxtzorlarning birinchi qatoriga tol, terak, qayrag‘och, oxirgi qatorga tut yoki mevali (bodom) daraxtlar ekish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Agrofizik va agrotexnik tadbirlar. Qishloq xo‘jalik ekinlaridan yuqori hosil olishda tuproq unumdorligini belgilovchi omillardan biri uning suv-fizik xossalaridir. Tuproqda yetarli namlik va ozuqa moddalari, maqbul agrofizik va mikrobiologik tartiboti saqlangandagina qishloq xo‘jalik ekinlari yaxshi rivojlanadi va mo‘l hosil beradi.

Sug‘orish me’yorlarini belgilashda tuproq tiplari, ularning suv-fizik xossalari, sizot suvlarining joylashish chuqurligi, maydonlarning zovurlar bilan ta’minlanganligini hisobga olish zarur. Ekinlarni tuproq namligi dala nam sig‘imining 65-70 foizini tashkil etganda, ularning mexanik tarkibini hisobga olgan holda 700 dan 900-1100 m3/ga me’yorida sug‘orishga erishish, yaxshi strukturali, suv o‘tkazuvchanligi yuqori va sizot suvlari yaqin joylashgan yerlarda egat oralatib sug‘orish, sug‘orishda tuproqlarning nam yetishmasligini hisobga olgan holda, egat uzunligi o‘tloqi tuproqlarda egat uzunligi 150 m dan, sug‘orish muddati 24 soatdan oshmasligi, bo‘z tuproqlar uchun egat uzunligi 150 m dan va sug‘orish muddati 30 soatdan oshmasligi zarur. Har qator orqali sug‘oriladigan suv oqimi miqdori 0,4-0,5 l/s va qator oralatib sug‘orilganda esa 0,5-0,6 l/s bo‘lishi kerak.

Yerni kuzda shudgorlash, erta bahorda olib boriladigan barcha agrotexnikaviy tadbirlar (chizellash, boronalash, molalash) paxta va boshqa qishloq xo‘jaligi ekinlarini ekish, parvarishlash bo‘yicha vegetatsiyasi davrida amalga oshiriladigan agrotexnik tadbirlar tuproq kartalari va boshqa tavsiyanomalar asosida tashkil etilishi lozim.

Agrokimyoviy tadbirlar - tuproqlarni organik moddalar bilan boyitish va ularning kimyoviy, fizikaviy, agrokimyoviy, meliorativ holatlarini yaxshilashning yangi samarador usullarini qo‘llash, viloyatning ichki imkoniyatlaridan kelib chiqgan holda, noan’anaviy o‘g‘itlar-agrorudalardan (bentonit, glaukonit, daryo yotqiziqlari), nisbatan arzon organo-mineral o‘g‘itlar va ular asosida tayyorlangan kompostlar, tarkibida oziqa elementi bo‘lgan xom-ashyo va chiqindilardan fosforit, fosfogips, hamda yangi organo-mineral o‘g‘itlar olish va qo‘llash texnologiyalarini amaliyotga joriy etish, organik o‘g‘itlar qo‘llashni faollashtirish, har bir gektar sug‘orilib ekiladigan yerga beriladigan organik o‘g‘itlar me’yorini kamida 10-15 tonnaga yetkazishni ta’minlash bo‘yicha kerakli choralarni ko‘rish lozim. Organik o‘g‘itlar yillik me’yorini 50 foizini o‘simlikning o‘suv davrida sharbat shaklida berish kutilgan natijani berishini unutmaslik lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Toshqo‘ziev M.M., Ziyamuxamedov I.A. Tuproqda gumus muvozanatini saqlab turish va miqdorini oshirish. //Tuproqshunos va agrokimyogarlar III quriltoyi ma’ruza va tizislari. Toshkent, 2000, B. 185-187.

2. O‘zbekiston Respublikasida Yer monitoringini yuritish uslubi.Toshkent. 2011

3. O‘zbekiston Respublikasi Yer resurslarining holati to‘g‘risida milliy hisobot. 2018. Toshkent, 87-bet.

4. Қўзиев Р.Қ., Сектименко В.Е., Исмонов А.Ж. Ўзбекистон тупроқ картаси. Тошкент. 2008.

5. Қўзиев Р.Қ., Сектименко В.Е., Исмонов А.Ж. Ўзбекистон тупроқ қопламлари Атласи. Тошкент. 2010, с. 48.

6. Qo‘ziev R., Abduraxmonov N., Ismonov A., Omonov A., Mengliqulov E. Davlat yer kadastrini yuritish uchun tuproq tadqiqotlarini bajarish va tuproq kartalarini tuzish bo‘yicha yo‘riqnoma. Toshkent, 2013 y.

7. Qo‘ziev R.Q, Abduraxmonov N.Yu, Yuldashev A., Qoraev A.X. O‘zbekiston Respublikasi lalmi tuproqlarining unumdorlik darajasini baholash bo‘yicha uslubiy qo‘llanma. Toshkent 2014, 20 bet.

8. Jizzax viloyati agrotuproq xaritasi. 2003. M 1:100000.

9. Jizzax viloyatida statsionar va yarim statsionar ekologik maydon tuproqlarida gumus va oziqa moddalarlarning tarqalishi O‘zbekiston agrar fani xabarnomasi ISSN: 2181-7774 2 (20) 2025 Pp.207-214.

10. Экологические и почвенно-мелиоративные условия джизакской степи Экология хабарномаси №1 (9), 2024 Н.Паттахов, Ф.Эркабаев.

IQLIM O‘ZGARISHLARI SHAROITIDA AMUDARYO HAVZASI KOLLEKTOR-ZOVUR SUVLARI MIQDOR VA SIFATINI BAHOLASh (O‘zbekiston hududi)

Gapporov Xayrillo Lutpillaevich[1], Qulmatov Rashid Anorovich[2]
[1]*Mustaqil izlanuvchi*, [2]*O‘zbekiston Milliy universiteti professori*

Annotatsiya. Maqolada Amudaryo havzasida hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlari hajmi, minerallashuvi va tarkibidagi umumiy tuz miqdori orqali havzadagi kollektor-zovur suvlarining mikdor va sifatini baholash yoritilgan.

Amudaryo havzasi hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining umumiy miqdori yiliga 11,4-16,5 km^3, minerallashuvi 1,33-6,17 g/l ni tashkil kilib, hosil bo‘layotgan tuz miqdori yillik o‘rtacha 19,0 mln. tonnadan 27,8 mln. tonnagacha o‘zgarib turgan.

Kalit so‘zlar: *Amudaryo, xavza, kollektor-zovur suvlari, minerallashuv, sifat o‘zgarishlari.*

Аннотация. В статье освещена оценка количества и качества коллекторно-дренажных вод, образующихся в бассейне Амударьи, на основе объёма, минерализatsiи и общего содержания солей в их составе.

Общий объём коллекторно-дренажных вод, формирующихся в бассейне Амударьи, составляет 11,4–16,5 км^3 в год, их минерализatsiя — 1,33–6,17 г/л, а годовое количество образующихся солей изменяется в среднем от 19,0 млн тонн до 27,8 млн тонн.

Ключевые слова: *Амударья, бассейн, коллекторно-дренажные воды, минерализatsiя, изменения качества*.

Abstract. The article presents an assessment of the condition of collector–drainage waters in the Amu Darya basin based on the volume, mineralization, and total salt content of these waters.

The total annual volume of collector–drainage waters formed from the Amu Darya basin ranges from 11.4 to 16.5 km^3, with mineralization levels between 1.33 and 6.17 g/L. The amount of salts formed varies annually from an average of 19.0 million tons to 27.8 million tons.

Keywords: Amu Darya, basin, collector–drainage waters, mineralization, quality changes.

KIRISH

Markaziy Osiyo davlatlarining sug‘oriladigan yerlaridan yiliga 55,0-60,0 million tonna, jumladan Amudaryo havzasi sug‘oriladigan maydonlardan 19,0-27,8 million tonna tuzlar tushib, ular suv resurslarining ifloslanishiga olib kelmokda. Tuzlar tarkibida kalsiy gidrokarbonat, kalsiy, magniy, natriy sulfat va natriy xlorid boshka element va moddalar miqdori yuqoriligi aniqlangan [1-3].

Amudaryo va Sirdaryo suv resurslari sifatiga qishloq xo‘jaligi faoliyatining ta’siri o‘rganilgan. Ushbu salbiy ta’sirning asosiy sababi qishlok xo‘jaligida muttasil mineral o‘g‘itlar va pestitsidlardan foydalanish ekanligi aniqlangan. Daryolarning yuqori oqimidan quyi oqimiga o‘tgan sari daryolar suvining minerallashuvi va tarkibidagi turli moddalar miqdorining ortib borishi aniqlangan [4-9].

O‘zbekistonning turli hududlarida daryo suvlarining ifloslanish darajasini va manbasini tahlil qilish bo‘yicha bir qancha tadqiqotlar o‘tkazilgan. Jumladan, Amudaryo daryosi havzasi kollektor-zovur suvlarini miqdor va sifat jihatidan baholash, qishloq xo‘jaligi faoliyatining suv sifatiga ta’siri, hududlarda sug‘oriladigan maydonlar sho‘rlanishi, Amudaryo deltasining gidroekologik holatini baholash ishlari amalga oshirilgan [10-16].

Yuqoridagilardan kelib chiqib, Amudaryo daryosining O‘zbekiston qismidagi suv resurslarining miqdori, sifat tarkibi o‘zgarishini, mazkur hududda hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining minerallashuvi va miqdorini vaqt va masofada o‘zgarishlarini baholash dolzarb masalalardan biridir.

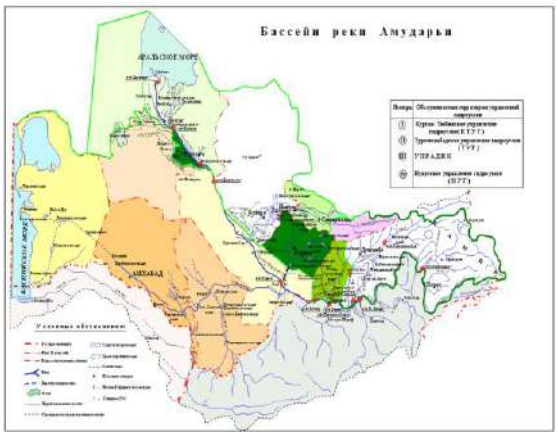
Tadqiqot ishining asosiy maqsadi Amudaryo havzasining O‘zbekiston qismidagi suv resurslarining miqdor va sifat ko‘rsatkichlarini, Amudaryo havzasida hosil bo‘layotgan kollektor-drenaj suvlarining minerallashuvi, umumiy tuz miqdorini aniqlash, suv resurslarining ifloslanishiga sabab bo‘luvchi asosiy omillarni aniqlash, baholashdan va ularni bartaraf etish bo‘yicha takliflar berishdan iborat.

TADQIQOT OB’EKTI VA USULLARI

Tadqiqot ob’ekti sifatida Amudaryoning o‘rta va quyi oqimi bo‘lgan O‘zbekiston qismi olingan.



1-rasm. **Amudaryo xavzasining gidrografik tarmoqlari**
http://www.cawater-info.net/



1a-rasm. **Amudaryoning gidrografik tarmoqlari sxemasi**
http://www.cawater-info.net/

2.1. Iqlimi.

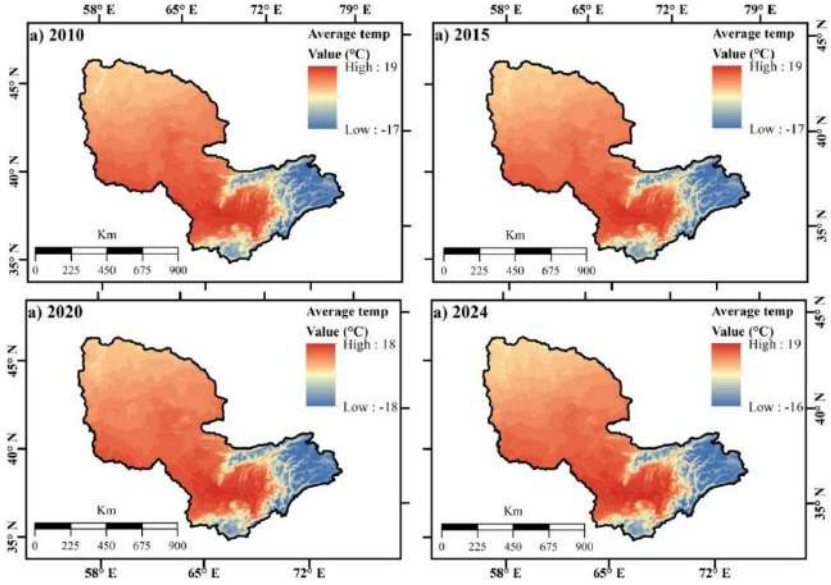
Amudaryo havzasi relefi turlicha bo‘lgan ikki qismdan iborat: daryo oqimining asosiy qismi hosil bo‘ladigan tog‘li hududlar va oqim sarflanadigan tekisliklar.

Daryo havzasining katta masofaga cho‘zilganligi, balandliklarning sezilarli darajada o‘zgarishi, relef va landshaft shakllarining turlicha bo‘lishi («abadiy» qor va muzliklar bilan qoplangan baland tog‘ tizmalaridan boshlab, issiq suvsiz cho‘llargacha) iqlim sharoitlarining ham turlicha bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

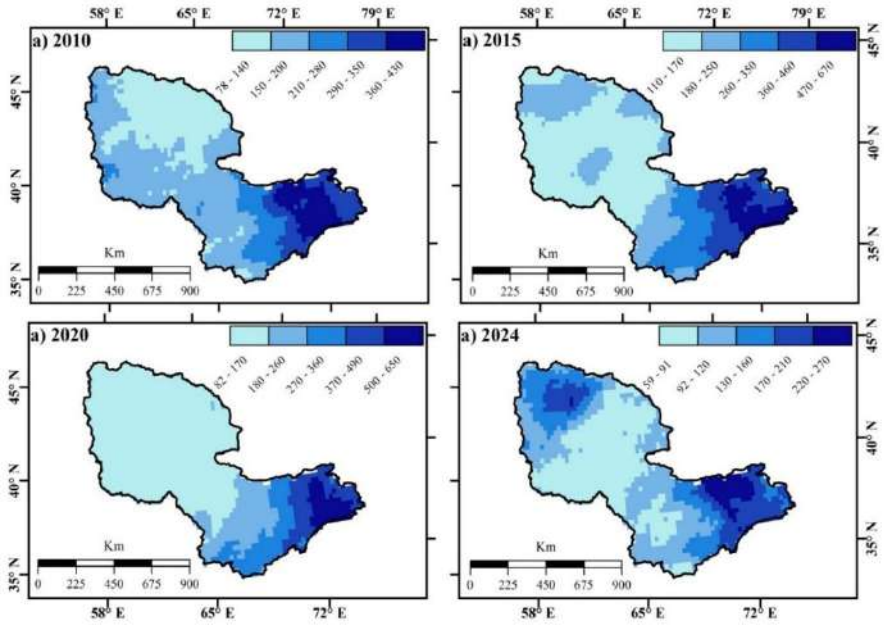
Amudaryo havzasi hududi dengiz va okeanlardan uzoqda joylashganganligi tufayli issiq va quyoshli kunlar ko‘p bo‘lgan kontinental iqlimi bilan ajralib turadi. Uning katta qismini Qoraqum va Qizilqum cho‘llarining qumli cho‘llari, shuningdek, quruqligi bilan ajralib turadigan yarim cho‘llarning keng tekis kengliklari egallaydi.

Daryo havzasi iqlimining keskin kontinental va quruqligi, havo haroratining yozda yuqori turg‘un, qishda beqaror past holati va haroratning oylar va yil davomida keskin o‘zgarib turishi, atmosfera yog‘inlarining xavzaning yukori kismida kamligi va ularning yil fasllari bo‘yicha notekis taqsimlanishi, qishning qisqaligi, bu davrda sovuq va issiq haroratning tez-tez alamashib turishi, bahorning erta kelishi, jazirama va quruq yoz bilan tez almashishi bilan xarakterlanadi [7].

O‘rtacha yillik yog‘in miqdori 220 mm, Amudaryoning quyi oqimida 100 mm dan oshmaydi. Daryoning o‘rta oqimida o‘rtacha yillik harorat +14 dan + 17°C gacha, qishda - + 1 dan + 2°C gacha, yozda - + 30 dan + 32°C gacha, quyi oqimida esa o‘rtacha yillik harorat +11 dan + 14°C gacha, qishda esa -4 dan -6°C gacha, yillik ijobiy haroratlar yig‘indisi 5000-5500°C ga, o‘ta janubda va cho‘lda 6000°C ga yetadi. Tog‘lararo vodiylar yog‘ingarchilikning ko‘pligi - 450-700 mm va issiq iqlimi bilan ajralib turadi. Yillik o‘rtacha harorat +16+18°C, yozda esa +32°C [17].



2-rasm. **Amudaryo havzasining o‘rtacha ko‘p yillik havo harorati o‘zgarishi dinamikasi**



3-rasm. **Amudaryo havzasida o‘rtacha ko‘p yillik yog‘ingarchilik miqdori o‘zgarishi dinamikasi**

Amudaryo havzasida joylashgan O‘zgidromet tasarrufidagi 20 ta gidrometeorologik stansiyalarning ko‘p yillik ma’lumotlariga ko‘ra, havzada o‘rtacha yillik harorat 2013-2022 yillar davomida +14 +15°C, o‘rtacha maksimum harorat +28+29°C hamda o‘rtacha minimum harorat 1,6-2,5°C ni tashkil qilgan (*2 -rasm*).

Amudaryo havzasi xududlarida yillik yog‘ingarchiliklarning o‘rtacha miqdori 73-368 mm. Yog‘ingarchiliklarning yillik umumiy miqdorining taxminan 40-45% qismi bahor faslida, 25-35% qish faslida, 15-20 % kuz fasliga to‘g‘ri keladi (*3-rasm)*.

2.2. Tadqiqot usullari. Tadqiqot ishlarida O‘zbekiston gidrometeorologiya xizmati agentligining yer usti suvlari sifati bo‘yicha birlamchi ma’lumotlari, Suv xo‘jaligi vazirligining kollektor-zovur tarmoqlari haqidagi birlamchi ma’lumotlari olingan va ma’lumotlar chuqur statistik qayta ishlangan. Amudaryo suvining O‘zbekiston qismidagi gidrologik va gidrokimyoviy tahlili gidropostlardan olingan suv namunalarining tahlillari natijalari asosida baholandi.

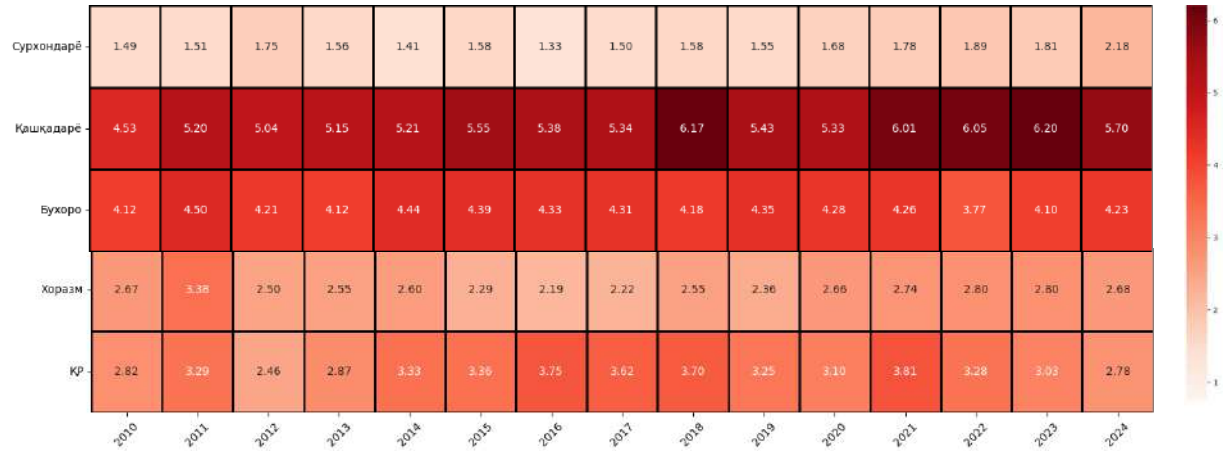
NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

Amudaryo daryosi havzasida qishloq xo‘jaligi ekinlarini sug‘orishdan hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining asosiy qismi Amudaryo daryosiga tushadi. Amudaryo daryosi suvi minerallashuvining yuqoridan quyiga qarab ortib borishining asosiy sabablaridan biri minerallashgan kollektor-zovur suvlarining daryoga kelib tushishi bilan bog‘liq.

Amudaryo havzasi asosiy kollektorlarida hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlari hajmi va minerallashuvini baholaganimizda quyidagilar aniqlandi.

Amudaryo havzasi asosiy kollektorlarida hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining umumiy miqdori mamlakat miqyosida yiliga 6,01-9,2 km^3, minerallashuvi 1,33-6,17 g/l ni tashkil kilgan. Havzada hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining eng katta hajmi Tuyamuyin irrigasiya tizimi hududida hosil bo‘ladi (yiliga o‘rtacha 4,7 km^3). Xosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarning asosiy qismi Sariqamish pasttekisligiga quyiladi.

Surxon-Sherobod massivida esa 1,2 km^3, Amudaryo havzasining quyi qismi Qoraqalpog‘iston respublikasining sug‘oriladigan maydonlaridan esa o‘rtacha 2,3 km^3 kollektor-zovur suvlari hosil bo‘ladi.



4-rasm. **Amudaryo havzasi asosiy kollektorlari kollektor-zovur suvlari minerallashuvining o‘rtacha qiymati o‘zgarishi dinamikasi**

Amudaryo havzasi asosiy kollektorlarida hosil bo‘layotgan kollektor-zovur suvlari minerallashuvi darajasining yillik o‘rtacha eng kam qiymati Surxondaryo viloyatida 1.33 g/l ni, eng yuqori qiymat Qashqadaryo viloyatida 6.17 g/l ni tashkil qilgan (*4-rasm)*.

Daryo xavzasida hosil bo‘layotgan tuz miqdori yillik o‘rtacha 19039 ming tonnadan 27769 ming tonnagacha o‘zgarib turgan. Shundan asosiy kollektorlarda hosil bo‘lgan tuz miqdori yillik o‘rtacha 3527-7763 ming tonnani tashkil etgan (*5-rasm)*.



5-rasm. **Amudaryo havzasi asosiy kollektorlari kollektor-zovur suvlaridagi umumiy tuz miqdori o‘zgarishi dinamikasi, ming tonna**

Qashqadaryo, Buxoro viloyatlari va Qoraqalpog‘iston respublikasidagi kollektor-zovur suvlarining minerallashuv darajasi Surxondaryo va Xorazm viloyatlari kollektor-zovur suvlarining minerallashuv darajasiga nisbatan yuqoriligining sababi, birinchidan, Qashqadaryo, Buxoro viloyatlari va Qoraqalpog‘iston respublikasidagi tuproqning sho‘rlanish darajasi yuqoriligi bilan izohlansa, ikkinchidan Amudaryo daryosi yuqori oqimidan quyi oqimga tushgan sari daryoning suvining minerallashuvi ham ortib boradi. Bu o‘z navbatida qishloq xo‘jaligida sug‘orish uchun ishlatilayotgan suvlarning minerallashuvi ortishiga hamda ushbu viloyatlar sug‘oriladigan maydonlarida hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining ham minerallashuvi ortishiga sabab bo‘ladi. Surxondaryo viloyatidagi kollektor-zovur suvlarining minerallashuv darajasining nisbatan pastligi viloyat sug‘oriladigan maydonlarining asosiy qismi minerallashuv darajasi kamroq miqdorni tashkil etuvchi Surxondaryo va Sherobod daryolari suvlari bilan sug‘orilishi xamda sug‘oriladigan maydonlariining sho‘rlanish darajasi nisbatan pastligi bilan izohlanadi.

Kollektor-zovur suvlarining minerallashuviga iqlim o‘zgarishlarining (yog‘ingarchilik va harorat) ta’siri o‘rganilgan. Ushbu bog‘liqlik zichligini ifodalovchi – korrelyasiya koeffitsientlarining qiymatlari (Pirson korrelyasiyasi) tahlil qilindi (*1-jadval*).

1-jadval

Amudaryo havzasi asosiy kollektor-zovur suvlari minerallashuvining havo harorati va yog‘ingarchilikka bog‘liqligi

T/r	**viloyatlar**	Ma’lumotlar (korrelyasion koeffitsientlar qiymati)		
		Havo harorati, ˚C (yozgi)	Havo harorati, ˚C (qishki)	Yog‘ingarchilik, mm
1	Surxondaryo	0,62	0,08	-0,51
2	Qashqalaryo	0,76	0,35	-0,71
3	Buxoro	-0,18	-0,15	-0,42
4	Xorazm	0,11	-0,38	-0,65
5	Qoraqalpog‘iston Respublikasi	0,12	0,35	0,14

Kollektor-zovur suvlarining minerallashuviga yog‘ingarchilikning ta’siri Qoraqalpog‘iston Respublikasida kuchsiz bog‘liqlik, qolgan viloyatlarda o‘rtacha va kuchli teskari bog‘liqlik kuzatildi. Yozgi havo haroratiga Qashqalaryo viloyatida yuqori bog‘liqlik, Surxondaryo viloyatida o‘rtacha, Buxoro, Xorazm viloyatlarida hamda Qoraqalpog‘iston Respublikasida esa

kuchsiz bog‘liqlik kuzatildi. Qishki havo haroratiga Qashqalaryo viloyatida va Qoraqalpog‘iston Respublikasida o‘rtacha bog‘liqlik, Surxondaryo viloyatida kuchsiz, Buxoro va Xorazm viloyatlarida esa qishki havo haroratiga kuchsiz va o‘rtacha teskari bog‘liqlik kuzatilgan (*1-jadval*).

XULOSA VA TAKLIFLAR

1. Kollektor-zovur suvlarining minerallashuvi Amudaryo daryosi havzasida oqim bo‘ylab ortib borishi aniqlandi. Amudaryo havzasi o‘rta oqimidagi kollektor-zovur suvlarining minerallashuv darajasi quyi oqimidagiga nisbatan o‘rtacha 2,5 barobarga kam bo‘lgan.

2. Amudaryo havzasida joylashgan Surxondaryo va Xorazm viloyatlarida hosil bo‘lgan kollektor-zovur suvlarining minerallashuvi Qashqadaryo, Buxoro viloyatlari va Qoraqalpog‘iston respublikasidagi kollektor-zovur suvlarining minerallashuvi darajasidan kam bo‘lgan. Qashqadaryo, Buxoro viloyatlari va Qoraqalpog‘iston respublikasidagi tuproqning sho‘rlanish darajasi va sug‘orish suvi minerallashuvi yuqoriligi sababli kollektor-zovur suvlarining minerallashuvi yuqori bo‘lgan.

3. Kollektor-zovur suvlarining minerallashuviga yog‘ingarchilikning ta’siri Qoraqalpog‘iston Respublikasida kuchsiz bog‘liqlik, qolgan viloyatlarda o‘rtacha va kuchli teskari bog‘liqlik kuzatildi. Yozgi havo haroratiga Qashqalaryo viloyatida yuqori bog‘liqlik, Surxondaryo viloyatida o‘rtacha, Buxoro, Xorazm viloyatlarida hamda Qoraqalpog‘iston Respublikasida esa kuchsiz bog‘liqlik kuzatildi. Qishki havo haroratiga Qashqalaryo viloyatida va Qoraqalpog‘iston Respublikasida o‘rtacha bog‘liqlik, Surxondaryo viloyatida kuchsiz, Buxoro va Xorazm viloyatlarida esa qishki havo haroratiga kuchsiz va o‘rtacha teskari bog‘liqlik kuzatilgan.

4. Amudaryo havzasida hosil bo‘layotgan kollektor-zovur suvlarining, sanoat korxonalaridan chiqayotgan oqova suvlarning daryo suvlariga quyilishi natijasida daryo suvi minerallashuvi ortishi, ifloslanishi suv resurslaridan samarali foydalanishga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Suv resurslarining ifloslanishini oldini olish uchun qishloq xo‘jaligida ishlatilayotgan mineral o‘g‘itlarning me’yordan ortiqcha ishlatilishini oldini olish, qishloq xo‘jaligi ekinlariga mineral o‘g‘itlarni tomchilab sug‘orish texnologiyalari orqali berilishini ta’minlash, sanoat korxonalaridan chiqayotgan oqova suvlarning yetarli darajada tozalanishini nazorat qilish hamda muntazam monitoring kilib borishni talab etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Chembarisov E.I., Xojamuratova R.T., Shodiev S.R., Lesnik A.P.: Osobennosti raspredeleniya mineralizasii i ximicheskogo sostava gruntovых vod oroshaemoy zonы Surxan-Sherabadskogo oazisa. Puti povыsheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya, № 4(64)/2016. Materialы konferensii. S. 144-150.

2. Chembarisov E. I., Maxmudov I. E., Lesnik T. Yu., Vaxidov Yu. S., Dolidudko A. I. Mineralizasiya i gidroximichekiy rejim vod srednego techeniya reki Sыrdari. Puti povыsheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya, Materialы konferensii № 2(62)/2016.

3. Chembarisov E. I., Xojamuratova R.T., Raximova M.N., Shodiev S.R.. Mnogoletnie izmeneniya kachestva rechnыx vod Uzbekistana Prirodnыe resursы, sreda i obщestvo. «Nauki o Zemle i smejnыe ekologicheskie nauki», 2020 str 55-58.

4. Saidmamatov O., Rudenko I., Pfister S., and Koziel J. 2020, Water–Energy–Food Nexus Framework for Promoting Regional Integration in Central Asia. Water 12, 1896. https://doi.org/10.3390/w12071896

5. Leng P., Zhang Q., Li F., Kulmatov R., Wang G., Qiao Y., Wang J., Peng Y., Tian C., Zhu N., Hirwa H., Khasanov S.. Agricultural impacts drive longitudinal variations of riverine water quality of the Aral Sea basin (Amu Darya and Syr Darya Rivers), Central Asia. Environmental Pollution 284 (2021) 117405. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117405

6. Chembarisov E.I., Mirzakobulov J.B., Raximova M.N., Rasulov B.O., Tillaeva Z.U.

Gidroekologichesiy monitoring kachestva rechnых vod basseyna reki Amudari v predelax Uzbekistana. Ekologiya i stroitelstvo | № 1, 2019 s.12-18 | DOI: 10.35688/2413-8452-2019-01-002

7. Budущее basseyna Amudari v usloviyax izmeneniya klimata. Pod redaksiey prof. V.A. Duxovnogo. Tashkent: NIS MKVK Sentralnoy Azii, 2018. – 328 s.

8. Vereщagina N.G., Щetinnikov A.A., Muxametzyanova A.M.. O ximicheskom sostave vodы kollektorov i ix roli v rassolenii zemel v nizove Amudari. Gidrometeorologiya i ekologiya. №4, 2017. c 82-88.

9. Kh.Gapporov, R.Kulmatov, and Ch.Opp. Assessment of quantity and quality indicators of water resources in the Zarafshan river basin (within the territory of Uzbekistan). E3S Web of Conferences 623, 01010 (2025), AEES2024, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562301010

10. Leng P., Zhang Q., Li F., Kulmatov R., Wang G., Qiao Y., Wang J., Peng Y., Tian C., Zhu N., Hirwa H., Khasanov S.. Agricultural impacts drive longitudinal variations of riverine water quality of the Aral Sea basin (Amu Darya and Syr Darya Rivers), Central Asia. Environmental Pollution 284 (2021) 117405. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117405

11. Abdushukurov Dj.A., Kobuliev Z.V., Salibaeva Z.N.. Izuchenie sostava i kachestva vodы v pritokax reki Amudarya. Nauka i novые texnologii №7, 2013, c 47-51.

12. Kulmatov R.A. and Hojamberdiev M.. Heavy Metals Concentration and Speciation in Arid Zone Rivers (Amudarya and Syrdarya) of Central Asia. Journal of Environmental Science and Engineering, Aug. 2010, Volume 4, No.8 (Serial No.33). https://doi.org/10.1007/s11869-010-0067-6;

13. Adenbaev B. Ye. Sovremennoe gidroximicheskoe sostoyanie vodnых ekosistem nizovev reki Amudari. Voprosы geografii i geoekologii. №4, 2014. c 10-14.

14. Adenbaev B. Ye., Xaydarova O. A., Xikmatov F. X. Gidrologicheskiy rejim nizovev reki Amudari v usloviyax usilennogo xozyaystvennogo ispolzovaniya vodnых resursov. Voprosы geografii i geoekologii. №4, 2014. c 15-19.

15. Rajabova N., Sherimbetov V., Sadiq R., Aboukila A.F. An Assessment of Collector-Drainage Water and Groundwater—An Application of CCME WQI Model. Water (MDPI). Water 2025, 17, 2191. https://doi.org/10.3390/w17152191

16. Эшчанов О.И. Анализ и осенка качество воды реки Амудари. Научные записки НИС МКВК. №12, 2021. 58 стр.

17. Чуб В.Э. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент, 2007, с.134.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КОЖЕВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ

Мухамедов Кабилджан Гафурович, Турабджанов Садритдин Махаматдинович,
Насирова Нилуфархон Кабилджановна
Ташкентский государственный аграрный университет
Мухамедов Жамалиддин Кабилджанович
Ташкентский химико-технологический институт, соискатель

Аннотатция: Ушбу илмий мақолада терини қайта ишлаш корхоналарида ҳосил бўлган хромли оқова сувларининг таркиби ва хусусиятлари келтирилган. Шунингдек, терини қайта ишлаш корхоналари оқова сувларини пневматик флотатця усули билан тозалаш жараёнлари кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: реагентлар, бўёқ, чиқинди сувларни тозалаш усуллари, флотатция, электрофлотатция.

Аннотация: В данной научной статье представлены состав и свойства хромосодержащих сточных вод, образующихся на предприятиях по переработке кожи. Также рассмотрены процессы очистки сточных вод кожевенных предприятий методом пневматической флотации.

Ключевые слова: реагенты, краситель, методы очистки сточных вод, пневматическая флотация.

Abstract: This scientific article presents the composition and properties of chromium-containing wastewater generated by leather processing enterprises. It also examines the treatment of tannery wastewater using pneumatic flotation.

Keywords: reagents, dye, wastewater treatment methods, pneumatic flotation.

ВВЕДЕНИЕ

Изделия из кожи применяются для самых различных целей, например для изготовления обуви, кожгалантереи, для обивки мебели и салона автомобилей, а также для других отраслей промышленности.

Для переработки животных шкур в готовый продукт необходимы водные растворы различных химических соединений. Вследствие чего состав производственных сточных вод от технологических процессов кожевенных предприятий зависит от технологии производства кожи, качества и количества химических соединений, используемых в различных технологических процессах.

При изготовлении кожи для определенных нужд используются специальные технологии обработки сырья и реагенты, которые наиболее присущи для производственных нужд предприятия и потребителей его продукции, поэтому сточные воды от одного предприятия могут отличаться от сточных вод другого предприятия. Для правильного и оптимального выбора технических и технологических решений по очистке сточных вод от конкретного кожевенного предприятия необходимо выполнять экспериментальные исследования и проводить, как правило, предварительную пробную очистку сточных вод в лабораторных условиях.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Сточные воды кожевенных предприятий относятся к сильнозагрязненным сточным водам. Они содержат различные загрязнения, такие как: частицы мездры, шерсть, кровь, навоз, продукты распада белков, жиры, ПАВ, красители, а также различные минеральные соединения – известь, сульфиды и сульфаты, амины, хром, едкий натр и сода, фенолы, соли металлов, и др. приведены в таблице 1 [1].

Очистка сточных вод от кожевенных предприятий в государствах СНГ, Евросоюза и других странах мира осуществляется на локальных очистных сооружениях.

Сточные воды кожевенных предприятий подлежат обязательной предварительной локальной очистке. И только после этого могут быть направлены в городскую канализационную сеть. Локальную очистку производят с целью удаления грубодисперсных примесей, взвешенных веществ, ПАВ, хрома, красителей, фенолов и сульфидов. Окончательной стадией очистки сточных вод кожевенных предприятий, является биологическая очистка, которая осуществляется, на очистных сооружениях.

Методы, применяемые для очистки сточных вод кожевенных предприятий, могут быть разделены на следующие группы:

1. механические;
2. физико-химические;
3. химические
4. биологические

Таблица 1

Характеристика сточных вод кожевенных заводов

№ п.п.	Содержание в воде, г/л;	Стоки		
		Общий	Зольный	Хромсодержащий
1.	Взвешенные веществ	2,0 – 12,0	0,8 – 5,5	0,5 – 4,5
2.	Плотный остаток	4,0 – 11,5	9,5 – 15,0	22,0 – 170,0
3	Хром	0,05 – 0,3	0,0	0,1 – 5,3
4.	Сульфиды	0,05 – 0,3	0,15 – 2,0	-
5.	Жиры	0,2 – 0,8	0,0 – 0,6	0,06 – 0,25
6.	СПАВ	0,0 – 75,0	0,0	-
7.	Фенол	0,0 – 40,0	0,0	-
8.	ХПК	2,5 – 3,2	-	1,8 – 6,1
9.	$БПК_5$	0,7 – 1,5	0,1 – 2,0	0,5 – 4,5
10.	pH	8,5 – 11,5	9 - 12	3 – 6,5

К физическим методам относится механическая очистка, включающая в себя следующие технологические оборудования:

решетки, песколовки, отстойники и флотаторы.

Этот метод применяется для предварительного извлечения из сточных вод шерсти, волокон, песка, жира и других нежелательных примесей.

Для физико-химической очистки сточных вод, применяются: коагуляция, экстракционные способы очистки, сорбционные способы очистки, флокуляция, флотация, седиментация, фильтрация, окисление.

Для этих целей используются химические, минеральные и органические вещества – реагенты, физические процессы и специальное оборудование.

Химическая очистка основана на окислительно-восстановительных реакциях, реакциях нейтрализации и осаждения ионов тяжелых металлов.

Биологическая очистка осуществляется в аэротенках и биофильтрах с участием микроорганизмов.

Применение флотационных способов очистки сточных вод кожевенных предприятий для предварительной локальной очистки сточных вод обеспечивает значительное снижение содержания них механических примесей, сульфидов, ПАВ, красителей и органических веществ.

Флотация-это метод очистки сточной воды, основанный на прилипании взвешенных в ней примесей к пузырькам воздуха и всплывании их на поверхность. Достоинствами флотации являются непрерывность процесса, широкий диапазон применения, невысокие капитальные и эксплуатационные затраты, простая аппаратура, селективность выделения примесей, большая скорость процесса по сравнению с отстаиванием, возможность получения шлама более низкой влажности, высокая степень очистки которая достигает 95-98% и возможностью рекуперации удаляемых веществ [2].

Процесс очистки сточных вод, содержащих ПАВ, нефтепродукты, масла, красители, методом флотации, заключается в образовании комплексов "частицы пузырьки", всплывание этих комплексов на поверхность воды и удаление образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой воды.

Элементарный акт флотации заключается в следующем: при сближении поднимающегося в воде пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей разделяющая их прослойка воды прорывается при некоторой критической толщине и происходит слипание пузырька с частицей. Затем комплекс «пузырек-частица» поднимается на

поверхность воды, где пузырьки собираются и возникает пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной сточной воде.

При закреплении пузырька образуется трехфазный периметр-линия, ограничивающий площадь прилипания пузырька и являющийся границей трех фаз - твердой, жидкой и газообразной. Касательная к поверхности пузырька в точке трехфазного периметра и поверхность твердого тела образуют обращенный в воду угол называемый краевым углом смачивания (рис. 1) [2].

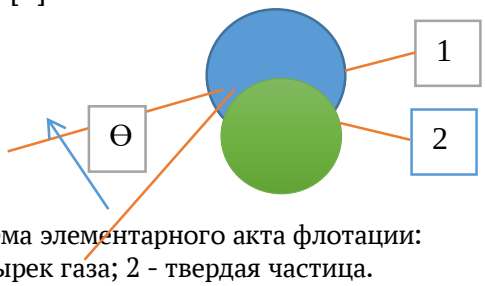


Рис. 1. Схема элементарного акта флотации:
1 - пузырек газа; 2 - твердая частица.

Вероятность прилипания зависит от смачиваемости частицы, которая характеризуется величиной краевого угла. Чем больше краевой угол смачивания, тем больше вероятность прилипания и прочность удерживания пузырька на поверхности частицы. На величину смачиваемости поверхности взвешенных частиц влияют адсорбционные явления и присутствие в воде примесей ПАВ, электролитов и др. [2].

Существенное влияние на флотацию частиц оказывает поверхностное натяжение воды. Для успеха протекания процесса масса флотируемых частиц не должна превышать силы их прилипания к газовым пузырькам и их подъемной силы. Оптимальная крупность извлекаемых примесей находится в пределах 10-5-10-3 м, дисперсность пузырьков газа 15*10-6-30*10-6 м, а поверхностное натяжение воды не должно превышать 0,06-0,065 н/м. С понижением поверхностного натяжения эффект очистки воды флотацией повышается в отличие от отстаивания и фильтрования [7].

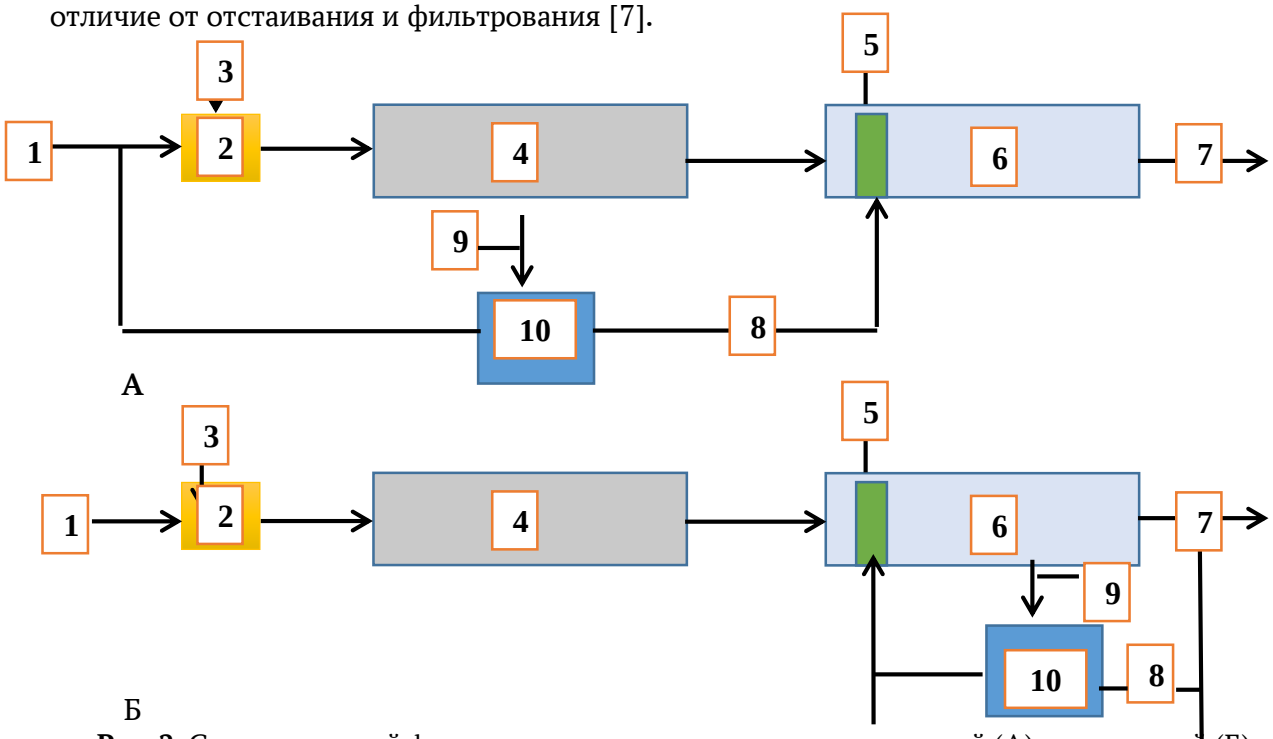


Рис. 2. Схемы напорной флотации при насыщении воздухом исходной (А) и очищенной (Б) воды.1,7-подача исходной и отвод очищенной воды; 2-смеситель;3-подача реагентов; 4-камера

хлопьеобразования; 5-распределительное устройство; 6-флотатор; 8-подача водовоздушной смеси; 9-ввод воздуха; 10-бак для растворения воздуха в воде.

Обработку воды флотацией рекомендуется применять при ее мутности до 150 мг/л и цветности до 200 град. Это позволяет уменьшить объем водоочистных сооружений вследствие ускорения в 3 ... 5 раз, процесса выделения взвеси из воды, отказаться от микрофильтров, улучшить санитарное состояние очистных сооружений.

Вид содержащихся в воде загрязнений определяет характер флотационной обработки: одним воздухом или воздухом в сочетании с различными реагентами и прежде всего коагулянтами.

Использование коагулянтов позволяет значительно повысить эффективность флотационной очистки и удалять загрязнения, находящиеся в воде в виде стойких эмульсий и взвесей, а также в коллоидном состоянии. В практике применяют две схемы флотационной очистки, показанные на рис. 2. В первом случае (рис. 2, а), для насыщения воздухом используют исходную неочищенную воду, а во втором (рис. 2,б) — воду, прошедшую очистку [2].

Контакт пузырьков воздуха и частиц примесей возможен двумя путями:

1. при столкновении частиц с поверхностью пузырьков;

2. при их образовании на частицах при выделении растворенных газов.

Для напорной флотации при очистке природных вод процесс взаимодействия пузырьков при их столкновении с частицами примесей является основным и поэтому представляет практический и теоретический интерес.

Пузырек скачком прилипает к поверхности частицы, образуя с ней определенную площадь контакта. Под пузырьком сохраняется тонкий молекулярный слой воды, который устойчиво связан с твердой поверхностью. При движении жидкости через флотационную камеру возникают силы, стремящиеся оторвать твердые частицы от пузырьков воздуха: силы трения, силы тяжести, силы инерции. Для успешного протекания процесса флотации необходимо, чтобы твердые частицы и пузырьки воздуха прочно прикреплялись друг к другу. Для создания условий успешного проведения флотационной обработки воды проводят коагулирование ее примесей, что приводит к образованию хлопьев, которые в зависимости от исходного состава природной воды могут иметь различную крупность. Оптимальный вариант, когда размеры хлопьев соизмеримы с размерами пузырьков воздуха, вводимых в обрабатываемую воду и устойчиво в ней существующих [3].

Флотацией можно извлекать из воды нефтепродукты, масла и другие эмульгированные жидкие вещества, радиоактивные соединения, ионы многих растворенных в воде веществ.

Практикой очистки сточных вод, а также экспериментальными исследованиями, выработаны различные конструкции и способы флотационного разделения неоднородных систем. Наиболее существенные принципиальные отличия способов флотации связаны с насыщением жидкости пузырьками воздуха или газа [2-7]. По этому принципу выделяют

следующие способы флотационной обработки сточных вод:

1.флотация с механическим диспергированием воздуха (пневматическая, импеллерная, струйная);

2. флотация с выделением воздуха из раствора (напорная,

вакуумная);

3) электрофлотация.

Пневматический способ аэрации заключается в том, что воздух вводят в машину под давлением, вдувая его через пористые перегородки или через патрубки [2-5].

Пневматическая флотация выгодно отличается от флотации других типов возможностью подачи воздуха в любом количестве и сравнительно небольшим расходом электроэнергии. В то же время пневматическая флотация имеет существенный недостаток. Воздух, который поступает в пневматические машины, плохо диспергируется и, в результате, образуются воздушные пузырьки повышенной крупности, что отрицательно сказывается на процессе флотации. Применение для этой цели пористых перегородок не дало положительного эффекта, так как их быстро забивает шламом, кроме того, водо-воздушная смесь в аппаратах подобного типа недостаточно интенсивно перемешивается. Плохое диспергирование воздуха в пневматических машинах вызывает снижение эффективности очистки и повышенный расход реагентов.

Пневматическую флотацию применяют при очистке сточных вод, содержащих примеси, агрессивные по отношению к механизмам (насосам, мешалкам) имеющим движущие части. Измельчение пузырьков воздуха достигается путём впуска воздуха во флотационную камеру через специальные сопла, которые располагаются на воздухораспределительных трубах, укладываемых на дно флотационной камеры на расстоянии 250-300 мм друг от друга. Продолжительность флотации **t** при таком диспергировании воздуха составляет 15-20 минут, но в каждом случае она должна устанавливаться экспериментально, так же, как и интенсивность аэрации. Глубина флотатора принимается 3-4 м, а его объём находят из формулы:

$$W = \frac{Q_{сут}}{24 \cdot 60\ (1-\alpha)}$$

Где **α**-коэффициент аэрации, который ориентировочно может быть принят 0,2-0,3.Расход воздуха составляет

$$V = I \cdot F$$

где I - интенсивность аэрации; F - площадь водного зеркала флотационной камеры (ориентировочно 15-20 $м^3/м^3$).

Число сопел определяют по формуле:

$$h = \frac{V}{3600\ f \cdot S}$$

где - площадь отверстия одного сопла (d=1-1,2 мм); S - скорость воздушной струи (100-200 м/с).

Пропуская воздух через мелкие отверстия, можно получить микропузырьки, способные более эффективно флотировать содержащиеся в жидкости загрязнения [2-5]. Для этого необходима относительно небольшая скорость истечения воздуха из отверстия, достаточное расстояние между отверстиями и наличие в жидкости реагентов - пенообразователей, способных снизить поверхностное натяжение на границе раздела фаз.

Размеры пузырьков для отверстий с радиусом менее 2 мм:

$$R = \sqrt[4]{r_0^2 \cdot \sigma_{г-ж}}$$

где r_o - радиус отверстия; - поверхностное натяжение на границе раздела жидкость - газ.

Пузырьки, выходящие из одного отверстия не должны сливаться. Поэтому максимальный расход воздуха через отверстия при спокойном движении воды у аэратора можно найти по следующей эмпирической формуле:

$$Q_{макс} = 104\ r_0^2$$

Формула (5) справедлива для отверстий диаметром менее 3 мм. Избыточное давление **Δp** и минимальная величина диаметра отверстия, через которое может проходить при таком давлении воздух, определяется уравнением Лапласа:

$$d_0 = \frac{2 \cdot \sigma_{г-ж}}{\Delta p}.$$

Пневматические флотационные аппараты наиболее просты по устройству и принципу действия (рис.3.). Аэрация производится продуванием воздуха через отверстия под давлением 0,25-0,5 МПа. Диаметр отверстий сопел – 1-1,2 мм, скорость выхода струи воздуха из них 100-200 м/с. Струя воздуха при попадании в жидкость распадается на пузырьки средним диаметром 1,5 мм. Расход воздуха составляет 0,2-0,3 м^3 на 1м^3 объёма аппарата [2-5]. Для повышения эффективности очистки жидкости в аппаратах пневматического типа возникает необходимость в увеличении столба жидкости над барботажными устройствами, что приводит к резкому возрастанию энергозатрат. Отсутствие турбулизации жидкой фазы в таких аппаратах не обеспечивает высокой степени очистки промышленных стоков от тонкодисперсных и коллоидных взвесей показано на рис. 3 [9].

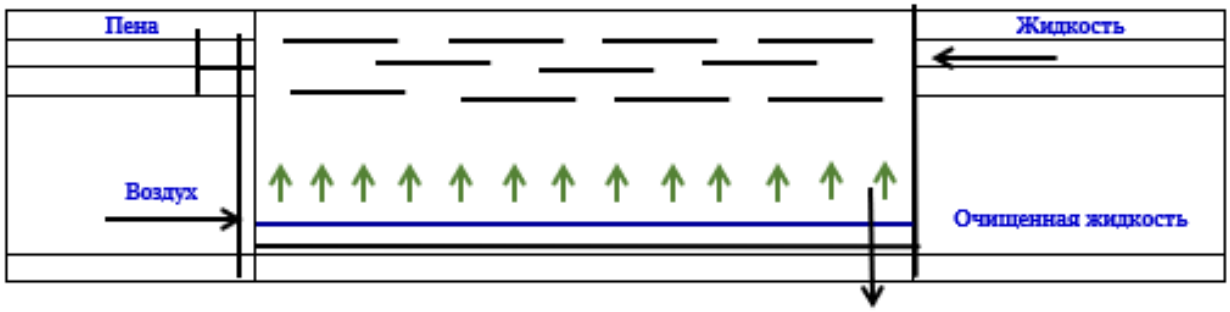


Рис. 3. Схема пневматического флотатора

В настоящее время на кафедре «Экология и охрана окружающей среды» проводятся экспериментальные исследования на флотаторе пневматического типа. Где имитируются стоки кожевенного предприятия «ULKAN LAZIZ» ООО и «GLOBAL AVANGARD TECHNOLOGY» ООО В процессе переработки шкур имеются жидкостные и механические операции. Вода расходуется на отмоку сырья, промывку, золение, пикалевание, дубление, мездрение и крашение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искакова С. А. О методах очистки сточных вод кожевенных заводов /С.А. Искакова, Е.Т. Абсеитов // Казахский Агротехнический университет им. С. Сейфуллина. - Астана: 2007. – 458 с.

2. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды / А.И.
Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников. - М.: Химия, 2012. – 512 с.

3. Мацнев А.И. Очистка сточных вод флотацией /А.И. Мацнев. –
Киев: Будівельник, 2011. – 132 с.

4. Мацнев А.И. Применение флотации для очистки сточных вод. /А.И. Мацнев // - Киев, 2015. -90с.

5. Матов Б.М. Флотация в пищевой промышленности / Б.М. Матов. - М.: Пищевая промышленность, 2009. – 167 с.

6. Проскуряков В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности [Текст] /В.А. Проскуряков, Л.И. Шмидт. - Л.: Химия, 2007. – 520 с.

7. Яковлева С.В. Очистка производственных сточных вод / Под ред. С.В. Яковлева, Я.А. Карелина, Ю.М. Ласкова, Ю.В. Воронова. - М.: Стройиздат, 2017. - 320 с.

8. Мещеряков Н.Ф. Флотационные машины / Н.Ф Мещеряков. - М.: Недра, 2002. – 250 с.
9. Алексеев Д.В. Комплексная очистка стоков промышленных предприятий методом струйной флотации [Текст] / Д.В. Алексеев, Н.А. Николаев,А.Г. Лаптев. - Казань: КГТУ, 2005. - 156 с.

IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA O‘ZBEKISTONNING DOLZARB EKOLOGIK VA SUV XO‘JALIGI MUAMMOLARI HAMDA ULARNI BARTARAF ETISH STRATEGIK YO‘NALISHLARI

Muradov Shuxrat Odilovich,
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institute direktori,
texnika fanlari doktori, professor
Rajabova Dilfuza Alisherovna,
Qarshi davlat texnika universiteti “OOMT” kafedrasi katta o‘qituvchisi
Turdiyeva Feruza Alisherovna,
Qarshi davlat texnika universiteti, “E va AMMQ” kafedrasi assistenti
Turaeva Barnoxol Begmatovna,
“O‘zhydromet” qoshidagi Gidrometeorologik Ilmiy Tadqiqot Instituti doktoranti
Anarbekov Oyture Berdibekovich
KARITAS Shvetsariya loyixasinig katta texnik maslaxatchisi

Annotatsiya. Ko‘p yillik (1975–2023) tadqiqotlar asosida dolzarb ta’limiy va ilmiy ekologo-suv xo‘jaligi muammolari majmuasi aniqlangan, iqlim o‘zgarishi davrida arid hududlarda ekologiya fanini o‘qitish sifati hamda suv–yer resurslari holatini yaxshilash bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

Jahon va mahalliy adabiyot manbalari tahlili asosida “Ekologiya” fanining mohiyati asoslab berilgan hamda ekologiya fanining dastlabki bosqichlari ilk bor muqaddas kitob “Avesto”da qayd etilgani isbotlangan. Ekologik falokatlarning oldini olishning asosiy yo‘li sifatida “Vijdon qonuni” qayd etilgan. Ko‘p yillik ma’lumotlar, dala va laboratoriya tadqiqotlari tahlili asosida suv xo‘jaligi sharoitining salbiy omillari aniqlangan, rekognossirovka ko‘rik-tadqiqot ishlari o‘tkazilgan.

Biologik bo‘lmagan bakalavriat yo‘nalishlari uchun xalqaro standartlarni hisobga olgan holda «Ekologiya» fanidan ishlab chiqilgan yangi darslik tavsiya etilgan. Ichimlik uchun mo‘ljallangan chuchuk suvlarning holati baholangan hamda aholining suv bilan ta’minlanishi bo‘yicha yechimlar taklif etilgan. Suvlarni qo‘shimcha resurs sifatida jalb etish uchun ularni demineralizatsiya qilish texnologiyalari, qishloq xo‘jaligi ekinlari uchun sug‘orish normasini kamaytirishga qaratilgan subirrigatsiya, sizot suvlari sathining tanqidiy darajadan pastga tushishining oldini olish maqsadida ularni izolyatsiya qilish usullari, fizik bug‘lanishni kamaytirish va produktiv transpirasiyani oshirishga yo‘naltirilgan tuproq melioratsiyasi usullari taklif etilgan. Chorvachilik va tuproq unumdorligi o‘rtasida korrelyatsiya bog‘likligi aniqlangan. Suvlar sifatini baholash mezoni sifatida ularning kimyoviy tarkibining metamorfizatsiya nazariyasi keltirilgan. O‘zbekiston hududida Amudaryo oqimidan foydalanishga doir muqobil loyiha taklif etilgan. Arid zonada iqlim o‘zgarishiga moslashuvning asosiy usuli sifatida suv resurslarini integratsiyalashgan boshqarish masalalarini hal etish muhim yo‘l ekani qayd etilgan.

Kalit so‘zlar: Suv, yer, ekologiya, sug‘orish, ta’lim, demineralizatsiya, subirrigatsiya, melioratsiya, metamorfizatsiya (kimyoviy tarkib), sizot suvlarini izolyatsiya qilish, chorvachilik, unumdorlik.

Аннотация: На основе многолетних (1975-2023) исследований выявлен комплекс неотложных образовательных и научных эколого-водохозяйственных проблем, даны рекомендации по улучшению качества изучения предмета экология и состояния водно-земельных ресурсов аридных территорий в период изменения климата.

На основе анализа мировых и отечественных литературных источников, обоснована сущность науки «Экология» и доказано, что зачатки экологии впервые отмечены в священной книге «АВЕСТА». Отмечен закон Совести, как главный путь предотвращения экологических катастроф. На основе анализа многолетних данных, полевых и лабораторных исследований выявлены негативные факторы водохозяйственных условий, проведены рекогносцировочные обследования.

Рекомендован разработанный новый учебник по предмету «Экология» с учетом международных стандартов для небиологических направлений бакалавриата. Дана оценка пресных питьевых вод и пути решения водоснабжения населения. Предложены технологии деминерализации вод как дополнительный ресурс, субирригации с целью уменьшения оросительной нормы сельскохозяйственных культур, способы изоляции грунтовых вод для предотвращения их понижения ниже критической, способ мелиорации почв для сокращения физического испарения и увеличения продуктивного испарения - транспирации. Выявлена корреляция между животноводством и плодородием почв. Приведена теория метаморфизации химического состава вод как критерий оценки их качества. Дан альтернативный вариант проекта использования стока р. Амударья на территории Узбекистана. Отмечено, что решение задач интегрированного управления водных ресурсов является кардинальным методом адаптации к изменению климата в аридной зоне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Вода, земля, экология, орошение, образование, деминерализация, субирригация, мелиорация, метаморфизация, изоляция грунтовых вод, животноводство, плодородие.

ABSTRACT. On the basis of long-term (1975-2023) studies, a set of urgent educational and scientific ecological and water management problems was revealed, and recommendations were given to improve the quality of studying the subject of ecology and the state of water and land resources in arid territories during climate change.

Based on the analysis of world and domestic literary sources, the essence of the science "Ecology" was substantiated and it was proved that the rudiments of ecology were first noted in the holy book "AVESTA". The law of Conscience as the main way of prevention of ecological catastrophes is noted. On the basis of analysis of long-term data, field and laboratory researches negative factors of water conditions were revealed, reconnaissance surveys were carried out.

The developed new textbook on the subject "Ecology" taking into account the international standards for non-biological directions of undergraduate studies was recommended. An assessment of fresh drinking water and ways to solve the water supply of the population is given. Technologies of water demineralization as an additional resource, subirrigation to reduce the irrigation rate of agricultural crops, methods of groundwater isolation to prevent its lowering below critical, method of soil amelioration to reduce physical evaporation and increase productive evaporation - transpiration are proposed. Correlation between animal husbandry and soil fertility is revealed. The theory of metamorphization of water chemical composition as a criterion of water quality assessment is given. An alternative variant of the project is given

Keywords: Water, land, ecology, irrigation, education, demineralization, subirrigation, reclamation, metamorphization, groundwater isolation, livestock farming, fertility.

KIRISH

O‘zbekiston - ekologiyaning tarixiy beshigi

Tarixan O‘zbekiston ekologiyaning vatani hisoblanadi. Buni shundan bilish mumkinki, bundan 3000 yil avval, ya’ni eramizdan avvalgi VII asrda, bizning ajdodlarimiz - aniqrog‘i xorazmiylar birinchi marta ulug‘ asar - “Avesto” kitobini yaratganlar. Ushbu kitobning mazmuni quyidagi g‘oya bilan singdirilgan: inson o‘zini har doim pok saqlashi, o‘simliklarni asrab-avaylashi, yer, suv va havoning pokligini ta’minlashi shart [1].

Qiziqarli tomoni shundaki, bugungi kunda dunyoning 23 ta nuqtasida “Avesto” markazlari faoliyat yuritadi; mazkur asar 1825 yilda ingliz, 1972 yilda fransuz, 1973 yilda nemis va 1901 yilda rus tillarida nashr qilingan. Biz bunday xulosaga nega kelamiz? Chunki inson ekologiyaning asosiy sub’ekti, kitobda tilga olingan ushbu uch muhim tabiat unsurlari - ekologiyaning fundamental tushunchasi bo‘lgan biogeotsenoz **(**yoki ekotizim) asosi, aniqrog‘i “biotop”ni tashkil etadi. Biotop esa o‘z navbatida “klimatop” (havo, atmosfera**),** “gidrotop” (suv, gidrosfera) va “edafatop” (tuproq va tuproq-grunt) elementlaridan iborat [2]. Bizning ajdodlarimiz o‘sha davrlardayoq ushbu tabiatning asosiy tarkibiy qismlariga e’tibor qaratgan va ekotizimning ushbu zaruriy elementlarini saqlash zarurligini oldindan ko‘ra olganlar.

Ajdodlarimizning ilmiy merosiga tayangan holda, O‘zbekiston Prezidenti ham BMT Bosh Assambleyasining 78-sessiyasida (19.09.2023 y.) yana bir bor ta’kidladi: “Biz haqli ravishda faxrlanamizki, mamlakatimiz Al-Xorazmiy, Beruniy, Imom Buxoriy, Mirzo Ulug‘bek, Alisher Navoiy kabi buyuk olimlar va mutafakkirlar vatani bo‘lib, ular jahon fan va madaniyatining rivojiga bebaho hissa qo‘shgan…”.

Shuni qayd etish kerakki, tabiatning ushbu muhim elementlari kitobda tilga olinganidan so‘ng oradan 100 yil o‘tib, eramizdan avvalgi VI-I asrlarda Hindistonning etika mazmunidagi “Maxabxarat” va “Ramayana” dostonlarida, yana 300 yil o‘tib (eramizdan avvalgi VI-II asrlar) Xitoy solnomalarida shunga o‘xshash fikrlar bildirila boshlagan. Faqat eramizdan avvalgi V asrdagina bu borada qadimgi yunon mutafakkirlari - Geraklit, Agrigentlik Empedoka, Suqrot, Gippokrat (e.a. V asr), Ksenofont, Platon, Aristotel (e.a. IV asr), Teofrast, Eratosfen (e.a. III asr), Strabon, Lukretsiy (e.a. I asr) va boshqalar yozganlar.

Tabiatning bugungi holatini baholagan holda, O‘zbekiston Prezidenti mazkur BMT sessiyasida alohida ta’kidladi: **“**Bugun dunyoda keskin ekologik vaziyat kuzatilmoqda. Iqlim o‘zgarishi, biologik xilma-xillikning yo‘qolishi va atrof-muhitning ifloslanishi bilan bog‘liq uch karra global inqiroz kuchaymoqda”.

EKOLOGIYANING KONSEPTUAL-ILMIY ASOSLARI

Ushbu baholashning ilmiy ahamiyatini chuqurroq anglash uchun, avvalo “Ekologiya” tushunchasining mazmun-mohiyatiga yana bir bor qisqacha to‘xtalish lozim. Ekologiya - biosferani saqlash borasida inson tafakkuri va intellektual rivojlanishining fundamental yo‘nalishidir. Mazkur fan tirik organizmlarning “o‘z yashash muhitidagi” mavjudligi, ularning “atrof-muhit” bilan o‘zaro bog‘liqlik va mutualistik munosabatlar tizimini o‘rganadi.

Zamonaviy ilmiy qarashlar ekologik tadqiqotlar makonini keskin kengaytirgan: quyi chegarasi okean tubidagi taxminan 10 kilometr chuqurlikni qamrab oladi, yuqori chegarasi esa kuzatuv imkoniyati mavjud bo‘lgan Metagalaktika miqyosiga qadar yetadi. Bu boradagi konseptual yondashuv XI asrda Abu Ali ibn Sino (Avitsenna) tomonidan ilgari surilgan bo‘lib, u moddiy borliqdan tashqari hayot mavjudligi haqidagi fikrlarni Djordano Bruno qarashlaridan uch asr avval bayon etgan.

Mazkur ko‘lamdagi hodisani ilmiy idrok etish ekologiyaning global fundamental qonuniyatlarini chuqur o‘rganishni talab etadi. Bu jarayon jamiyatda ekologik intellektning o‘sishi, ekologik savodxonlik va madaniyatning shakllanishiga xizmat qiladi. Prezident Xalqaro

sessiyada ta’kidlaganidek, “Hammabop va sifatli ta’lim - barqaror iqtisodiy o‘sishning eng samarali omilidir.”

Ekologiyani sintetik fan sifatida talqin etish to‘g‘ri bo‘ladi, chunki u tabiiy, fundamental hamda texnik fanlar integratsiyasining markazida, shu bilan birga ijtimoiy-siyosiy fanlar bilan tutashgan holatda turadi. Ehtimolki, yaqin istiqbolda ekologiya barcha ilmiy yo‘nalishlarni yagona bilim tizimi sifatida birlashtiruvchi superfan yadrosiga aylanishi mumkin. Bu borada Abu Rayhon Beruniy bergan ogohlantiruvchi fikr bugungi kunda ham dolzarb: “Inson tabiat qonunlarini qo‘pol ravishda buzsa, shunday mudhish oqibatlarga duch keladiki, ularni to‘xtatishga hech qanday kuch qodir bo‘lmaydi.” **[3]**

Bugungi kunda ekologiya jadal sur’atlarda rivojlanayotgan fan sifatida e’tirof etiladi. U jamiyat hayotida ham, inson faoliyatida ham alohida strategik ahamiyatga ega. Prezidentimiz ta’kidlaganidek: **“…**respublikada ekologiya bilan bog‘liq jiddiy masalalar yetarlicha chuqur o‘rganilmayapti**”** (“Xalq so‘zi”, 16.01.2017, s.2). Shuni alohida qayd etish joizki, bunday vaziyatning shakllanishiga sabab - ekologik ta’lim va tarbiya darajasining yetarlicha yuqori bo‘lmasligi, aholining ekologik madaniyati pastligidir (videoselektor yig‘ilishi, 02.02.2022 y.). Bu Prezident tomonidan belgilangan ustuvor vazifalardan biridir. Mazkur talab O‘zbekiston Respublikasi “Tabiatni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi qonunida ham mustahkamlangan bo‘lib, unda **“…**barcha turdagi ta’lim muassasalarida ekologik ta’limni ta’minlash**”** zarurligi ko‘rsatib o‘tilgan (4-modda, 3-band) [4]. Shunga qaramay, ayrim oliy ta’lim muassasalari mazkur fanning qonun talabi va Prezident topshiriqlari nuqtai nazaridan strategik ahamiyatini to‘liq anglamagan holda, uni o‘quv rejasidan asossiz va yetarli tahlilsiz chiqarib tashlamoqda. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 29 maydagi 434-sonli Qarorida “O‘zbekiston Respublikasida ekologik ta’limni rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” belgilangan vazifa esa quyidagicha: **“…**ekologik ta’lim samaradorligini yangi bosqichga ko‘tarish**.”**

Zamonaviy ilmiy qarashlarda ma’lumki, inson tafakkurining shakllanishi o‘zini anglash jarayoni bilan bog‘liq bo‘lib, bu borada Suqrotning quyidagi fikri keng tanilgan: **“**Boshqalarni o‘rgatish oson, ammo o‘zini anglash mushkuldir” [5]. Insonning boshqa tirik mavjudotlardan farqlanishi - ong, tafakkur va refleksiya qobiliyatiga egaligi bilan belgilanadi. Ammo bugungi ilmiy dunyoqarash mazkur fikrni kengaytiradi: faqat o‘zingni anglash emas, balki o‘zing yashayotgan “uy” - Yer biosferasiga ongli munosabatda bo‘lish, unga zarar yetkazmaslik ham insoniyat mas’uliyatining ajralmas qismidir**.** Mazkur yondashuv ekologiya fanining asosiy gnoseologik (bilishga oid) yo‘nalishini belgilaydi.

Shu bilan birga, ekologik muammolar faqat tabiatga ta’sir bilan cheklanmaydi; ular global xavfsizlik, iqtisodiy barqarorlik, demografik jarayonlar va madaniy-axloqiy qadriyatlar bilan kompleks tarzda chambarchas bog‘liqdir. Hozirgi zamon ilmiy paradigmasi insoniyat oldida turgan ko‘lamli vazifalarni hal qilish uchun Yagona ilmiy dunyoqarash modelini yaratishni taqozo etmoqda. Ushbu vazifaga eng yaqin kelgan va ko‘p tarmoqli integratsion imkoniyatga ega fan - ekologiyadir. Bugungi real voqelik shuni ko‘rsatmoqdaki, ekologik barqarorlikka eng katta tahdidlardan biri - qurolli mojarolar, ya’ni urushlardir. Tinchlik qiymatini anglash uchun urush oqibatlarining beqiyos gumanitar, demografik va ekologik salbiy ta’sirlarini bilish yetarli emas - uni ongli ravishda rad etish darajasida idrok etish zarur. Falokatlarning oldini olish yo‘lidagi ushbu konseptual yondashuv **“**Vijdon qonuni**”** deb ta’riflanadi. Zero, ekologik tizimga, biosferaga va uning markaziy subyekti - Insonga nisbatan vijdoniy javobgarlik bo‘lmasa, ilmiy, texnik yoki siyosiy yondashuvlarning samaradorligi keskin pasayadi.

Bugungi vaziyatning jiddiyligini qayd etgan holda, O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti jahon hamjamiyatini quyidagilarga e’tibor qaratishga chaqirdi: “Global ishonch inqirozi, xalqaro xavfsizlik institutlarining samarasizligi va xalqaro huquq normalaridan voz kechish tendensiyasi kuchaymoqda. Bu esa dunyo miqyosidagi taranglikni oshirmoqda va insoniyat taqdiriga daxldor

bo‘lgan masalalarda - iqlim o‘zgarishi, to‘kinchilik, ochlik va tengsizlik muammolarida muloqotning zaiflashuviga olib kelmoqda.”

Prezident tomonidan mamlakatning uzoq muddatli siyosiy strategiyasi konseptual ravishda belgilandi: Markaziy Osiyoni tinchlik, barqarorlik va farovonlik makoniga aylantirish O‘zbekiston tashqi siyosatining ustuvor yo‘nalishi bo‘lib qoladi. Davlat rahbari alohida urg‘u berib ta’kidladi**:** “BMTga a’zo davlatlar xalqaro terrorizm kabi transchegaraviy va umumiy global tahdidlarga qarshi yanada mustahkam hamjihatlikda harakat qilishi shart.”

Shundan so‘ng Prezident ekologik ong va vijdon masalasiga yana murojaat qildi: “Tarixiy burilish davrida biz kelajak avlodga qanday sayyorani meros qoldirishimiz borasida chuqur o‘ylashimiz lozim. Barqaror tinchlik va taraqqiyotga faqat umumiy intilish, birdamlik va hamkorlik orqali erishish mumkin. Bugungi kunda o‘zaro ishonch, hamjihatlik va kooperatsiya har qachongidan ko‘proq zarur.”

Mazkur fikrlar, keng ma’noda, Vijdon qonuni deb ta’riflanayotgan ekologik mas’uliyat konsepsiyasining ideologik-huquqiy preambulasini tashkil etadi. Ushbu konsepsiya ekologiyaning markaziy subyekti - Homo sapiens (inson - ongli mavjudot) ning ekologik xavfsizligini ta’minlashga yo‘naltirilgan.

Ekologik normativ-huquqiy bazani yanada takomillashtirish, tizimlashtirish va unifikatsiya qilish maqsadida **O‘**zbekiston Respublikasi Ekologik kodeksi ishlab chiqildi hamda hozirda tasdiqlash jarayonida. Mazkur kodeks ekologik boshqaruv, tabiatni muhofaza qilish, iqlim o‘zgarishiga moslashuv va ekologik xavfsizlikning huquqiy mexanizmlarini yagona tizimga keltirishga qaratilgan.

Shuningdek, strategik ahamiyatga ega qadam sifatida O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligining tashkil etilgani e’tirof etiladi (Prezidentning 31.05.2023 yildagi PP–171-son Qarori**)**. Mazkur vazirlik mamlakatning ekologik siyosatini amalga oshirish, barqaror rivojlanish tamoyillarini integratsiya qilish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, atrof-muhit monitoringi, iqlim o‘zgarishi xavflarini boshqarish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha markaziy vakolatli organ hisoblanadi.

TADQIQOTNING MAQSADI

Qayd etish joizki, Markaziy Osiyoda O‘zbekiston sug‘oriladigan dehqonchilik rivojlangan eng qadimiy sivilizatsiyalardan biri hisoblanadi. Bunga S.P. Tolstov tomonidan olib borilgan arxeologik qazilmalar va tadqiqotlar dalildir. Ushbu ilmiy izlanishlar natijalari Amudaryo deltasida irrigatsiya tarmog‘i eramizdan avvalgi VI asrdan eramizning III asrigacha bo‘lgan davrda eng yuqori taraqqiyot bosqichiga erishganini ko‘rsatadi [6].

XIX asr oxirida yirik rus klimatologi A.I. Voyeikov quyidagicha xulosa qilgan: “…Osiyoning qurg‘oqchil hududlari (ya’ni Turkiston) inson hayoti va faoliyati uchun, albatta, sug‘orish tizimi yo‘lga qo‘yilgan taqdirda, AQSHning ko‘plab hududlariga nisbatan ancha qulaydir.” **[7]**

Zamonaviy sharoitda suv xo‘jaligi masalalarini global va mintaqaviy iqlim o‘zgarishi fonida, ilg‘or ilmiy g‘oyalar va innovatsion yondashuvlar asosida hal etishga qaratilgan O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirish konsepsiyasini 2020-2030 yillarga mo‘ljallab tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmoni muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqotchi Svenson shunday ta’kidlaydi: “Suv tugagan joyda hayot ham tugaydi - bu o‘zbeklarda qadimdan mavjud hikmatdir.” [8]. Ushbu e’tirof shundan dalolat beradiki, agar Quyosh Yer yuzidagi barcha tiriklikning “otasi” bo‘lsa, suv ko‘plab olimlar fikriga ko‘ra, hayotni yuzaga keltirgan “ona bag‘ri” - hayot shakllanishining boshlang‘ich muhiti hisoblanadi.

Gidrosfera ekologik tizimning, aniqrog‘i biogeotsenozning asosiy komponenti bo‘lib, ekotop (yoki biotop) tarkibining ajralmas qismidir.

Birlashgan Millatlar Tashkilotining demografik prognozlariga ko‘ra, 2050 yilga borib yer yuzida istiqomat qiluvchi aholi soni 8,9 milliard kishiga yetishi kutilmoqda. Ushbu sharoitda global suv taqchilligi oqibatida 2 milliarddan 7 milliardgacha inson salomatligi, ijtimoiy farovonligi va yashash darajasi sezilarli xavf ostida qolishi ehtimol qilinmoqda. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, 2023 yilda allaqachon 2 milliardga yaqin inson, ya’ni sayyora aholisining taxminan 25 foizi, toza ichimlik suvi yetishmovchiligi holatida yashaydi, kelgusi o‘n yillik davomida esa yana 700 million kishi ushbu toifadagi aholiga qo‘shilishi prognoz qilinmoqda [9].

Xalqaro tashkilotlar tahliliga ko‘ra, 2025 yilga kelib dunyo aholisining uchdan bir qismi sug‘orish maqsadlari uchun zarur bo‘lgan suv taqchilligini boshdan kechiradi. Hozirgi kunda insoniyat foydalanayotgan chuchuk suv resurslarining taxminan 80 foizi irrigatsiya extiyojlari uchun sarflanayotganini e’tirof etish lozim [10].

Xalqaro oziq-ovqat siyosati institutining baholashlariga ko‘ra, 2030 yilga borib sug‘oriladigan yerlar maydoni 20 foizga**,** suv iste’moli esa 14 foizga oshishi prognoz qilinmoqda. Zero, sug‘oriladigan maydonlar jahon oziq-ovqat ishlab chiqarishining taxminan yarmi**ni** ta’minlovchi asosiy resurs hisoblanadi [11].

Birlashgan Millatlar Tashkiloti Bosh Assambleyasining 2015 yil sentabr oyida barqaror rivojlanish bo‘yicha BMT Sammitida qabul qilingan №70-son Rezolyutsiyasi talablari asosida va 2030 yilgacha mo‘ljallangan BMT Global kun tartibining “Barqaror rivojlanish maqsadlari”ni tizimli ravishda hayotga tatbiq etish maqsadida, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi 2018 yil 20 oktyabrda 841-son qaror bilan “2030 yilgacha barqaror rivojlanish sohasida milliy maqsadlar va vazifalarni amalga oshirish choralari to‘g‘risida”gi hujjatni tasdiqladi. Mazkur qarorda belgilangan 6-maqsad — barqaror rivojlanish manfaatlarida suv resurslarini muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanishni ta’minlash, toza ichimlik suvi mavjudligini kengaytirish va sanitariya xizmatlarini rivojlantirish vazifalarini o‘z ichiga oladi. Ushbu maqsad doirasida 6.4-vazifada 2030 yilga borib iqtisodiyotning barcha sektorlarida suvdan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshirish belgilangan bo‘lsa, 6.5-vazifaga ko‘ra, 2030 yilga qadar suv resurslarini kompleks boshqarishni barcha darajalarda ta’minlash, zarur hollarda esa ushbu jarayonni transchegaraviy hamkorlik asosida amalga oshirish vazifasi belgilab qo‘yilgan.

Mazkur masalaga yana qaytgan holda, O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M. Mirziyoyev BMT Bosh Assambleyasining 78-sessiyasida so‘zlagan nutqida quyidagilarni ta’kidladi: **“…**Markaziy Osiyoda suvni tejovchi texnologiyalar platformasini yaratishda eng ilg‘or texnologiyalarni jalb etish tarafdorimiz, bunda ‘Birlashgan Millatlar Tashkiloti - suv resurslari’ mexanizmidan foydalanish muhim ahamiyatga ega.”

Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Oliy Majlisga yo‘llagan murojaatida (28.12.2018 yil) shunday degan edi: “Hozircha ular qog‘ozda bayon etilgan bo‘lsa-da, ularni amaliy harakatlarga va real natijalarga aylantirish oldimizda turgan vazifadir. Buning uchun biz jiddiy mehnat qilishimiz zarur.”

Shu munosabat bilan ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — Prezident va Hukumat tomonidan ilgari surilgan tashabbus va qarorlarni hayotga tatbiq etish bo‘yicha innovatsion texnik tavsiyalarni ilmiy asosda o‘rganish va ishlab chiqishdan iboratdir.

TADQIQOT NATIJALARI

Mazkur tadqiqotlarda ko‘tarilgan ekologik barqarorlik va suv resurslaridan foydalanishning dolzarb muammolarini bartaraf etish bo‘yicha Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti olimlari tomonidan 75 yildan ortiq vaqt davomida kompleks ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Yuqori ilmiy salohiyat, ko‘p yillik tajriba, tajriba-sinov ishlari natijalariga tayangan holda, ushbu yo‘nalishda shakllangan ilmiy-amaliy yechimlar Markaziy Osiyo mintaqasida va dunyoning keng arid hududlarida qo‘llash uchun konseptual, iqtisodiy va texnologik jihatdan asoslangan takliflar majmuasini ilgari surish imkonini bermoqda.

Birinchidan, ma’lumki, turli sanoat tarmoqlarida ilmiy-texnik siyosatning amalga oshirilishi asosan maxsus ekologik tayyorgarlikka ega bo‘lmagan muhandislik-texnik xodimlar tomonidan olib boriladi. Mazkur holat oliy ta’lim muassasalarining texnik, texnologik, iqtisodiy hamda ijtimoiy–gumanitar yo‘nalishlarda tahsil olayotgan talabalariga ham taalluqlidir**.** Shu munosabat bilan**,** biologik bo‘lmagan ta’lim yo‘nalishlari uchun tayyorlangan **“**Ekologiya” darsligini keng ko‘lamda joriy etishni tavsiya etamiz [12]. Ushbu o‘quv qo‘llanma ekologiya bo‘yicha zarur bo‘lgan asosiy bilimlar minimumini qamrab oladi hamda ekologik muammolarni atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha muhandislik yechimlari bilan uzviy bog‘liq holda bayon etadi.

Darslikda ekologiya (tabiatni muhofaza qilish asoslari bilan) bo‘yicha uslubiy materiallarning to‘liq majmuasi, shuningdek, xalqaro standartlarga mos uzluksiz umumilmiy ta’lim dasturi taqdim etilgan.

Ikkinchidan, aholiga mo‘ljallangan chuchuk suv resurslariga kelsak, ularni ilmiy asoslangan, oqilona boshqarish sharoitida O‘zbekistonning uzoq muddatli istiqboli uchun yetarli suv zaxiralari mavjud. Bunga, avvalo, Farg‘ona vodiysi, Toshkent oldi hududi, Jizzax zonasi, Zarafshon vodiysi, Qashqadaryodagi Kitob-Shahrisabz botiqligi hamda Surxondaryo havzasidagi yer osti chuchuk suv resurslari kiradi.

Ilmiy hisob-kitoblarga ko‘ra, respublika hududida mavjud ekspluatatsiya qilinadigan yer osti chuchuk suv zaxiralari soniyasiga taxminan 293,4 kub metrni tashkil etadi [13]. 01.01.2023 yil holatiga aholisi 36 024 946 kishi bo‘lgan sharoitda, har bir fuqaro uchun kuniga 703,7 litr chuchuk suv to‘g‘ri keladi. Aholi uchun o‘rtacha 240 l/sutka iste’mol normasini qo‘llagan holda, mazkur zaxiralar 105,6 million aholining ehtiyojini qondirishga, ta’minot muddati esa 139,3 yilga yetishi mumkin. Agar Yevropa davlatlarida qo‘llanadigan 120 l/sutka normaga o‘tilsa, mavjud resurslar 211,3 million aholiga xizmat ko‘rsatishga imkon yaratadi va ta’minot muddati 350,6 yilga uzayadi.

Bugungi kunda rivojlangan mamlakatlarda ichimlik suvi iste’moli me’yorini 80 l/sutka, istiqbolda esa 60 l/sutka darajasiga pasaytirish bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ilgari surilmoqda. “Uzsuvta’minot” AJ ma’lumotlariga ko‘ra, 01.12.2023 yil holatiga O‘zbekiston bo‘yicha o‘rtacha suv iste’moli 99,4 l/sutkani tashkil etadi.

Ushbu omillarni inobatga olgan holda, O‘zbekiston bo‘yicha yagona markazlashgan vodoprovod tizimini yaratish (elektr va gaz tarmoqlari singari) maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz. Yer osti chuchuk suv manbalari hamda mavjud chuchuk suv omborlaridagi resurslarni, avvalo**,** aholining ichimlik suvi ta’minotiga yo‘naltirish, mamlakatda suv ta’minoti masalasini ichki resurslar hisobiga barqaror hal etish imkonini beradi.

Mazkur masala nafaqat dolzarb, balki kritik darajada hayotiy strategik ahamiyatga ega. Xususan, rivojlangan davlatlar tajribasi suv resurslaridan oqilona foydalanishning samarali modelini namoyon etadi. Statistik ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, Shvetsiyada bir kishining kunlik suv iste’moli 120 litr, Isroilda 100 litr, Niderlandiyada 80 litrni tashkil etadi. Shunga qaramay, Shvetsiya aholisi kun davomida bir necha marotaba dush qabul qilishi (masalan, o‘rtacha 5 marotaba) qayd etilgan bo‘lsa-da, suv sarfi ko‘rsatkichlari bizdagi amaliyotga nisbatan ancha kamdir.

O‘zbekiston sharoitida esa yuqori suv iste’molining shakllanishi bir qator tizimli omillar bilan izohlanadi. Jumladan: suv ta’minoti infratuzilmasida eskirgan armatura va quvurlar mavjudligi, mavjud tarmoqning foydali ish koeffitsienti pastligi, yo‘qotishlar ulushining yuqoriligi - 50 foizdan ortiq suv tarmoqdagi sizib chiqishlar natijasida yo‘qotilmoqda, energiya tejamkorligi past bo‘lgan eskirgan nasos agregatlaridan foydalanish natijasida suv tannarxining oshishi.

Mazkur holat suv resurslarini integratsiyalashgan boshqaruv modeli asosida qayta ko‘rib chiqishni taqozo etadi. Shu sababli, turli tashkilotlar uchun uzoq muddatli prognoz va ehtiyojlarni hisobga olgan holda suv resurslaridan kompleks foydalanishning optimallashtirilgan sxemalarini

ishlab chiqish ustuvor vazifa hisoblanadi. Bunda “Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi qonunining 106, 111 va 112-moddalari [14], shuningdek Prezidentning 2020–2030 yillarga mo‘ljallangan O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmonida belgilangan ustuvor yo‘nalishlar normativ asos bo‘lib xizmat qiladi. Mazkur hujjatlarda suv resurslarini integratsiyalashgan boshqaruv tamoyillarini joriy etish, aholining kafolatli ta’minoti, iqtisodiyot tarmoqlari uchun barqaror suv yetkazib berish, suv sifati ko‘rsatkichlarini yaxshilash va ekologik muvozanatni saqlash bosh maqsad sifatida belgilangan.

Shuningdek, qo‘shimcha suv manbai sifatida maishiy va texnik ehtiyojlar uchun sho‘r suvdan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish maqsadga muvofiqdir. Bu yondashuv orqali kommunal-maishiy xizmatlarni toza ichimlik suvi hisobidan emas, qo‘shimcha resurslar orqali qoplash, shu tariqa ichki chuchuk suv zaxiralari hisobidan aholining ichimlik suvi bilan ta’minlanishini barqarorlashtirish mumkin.

Uchinchidan, agar biz Markaziy Osiyo mintaqasida suv barqarorligini va keng ma’noda barqaror rivojlanishni ta’minlashni istasak, bugunoq barcha yirik sanoat korxonalarini, jumladan istiqbolda rejalashtirilgan atom elektr stansiyalarini ham yer osti va yer usti manbalaridagi sho‘r suvlarning qayta ishlangan (opresnen) turlariga o‘tkazish zarurati kun tartibida turibdi. Ushbu yo‘nalishda ishlab chiqilgan va sinovdan o‘tkazilgan gazogidrat texnologiyasiga asoslangan suvlarni demineralizatsiya qilish qurilmasi [15] ekologik va iqtisodiy samaradorlik mezonlariga javob beruvchi innovatsion texnologiya sifatida e’tirof etilgan. Mazkur texnologiya orqali nafaqat amaliy suv ta’minoti, balki atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha talab etiladigan ekologik vazifalar ham yechim topadi.

Bugungi kunda sho‘r yer osti suvlarining hajmi [16] hamda kollektordan-drenaj suvlarining ko‘lami ortib bormoqda, ularning ulushi umumiy suv olish hajmining 30 foizini tashkil etadi. Kollektor va drenaj suvlarining to‘planishi natijasida O‘zbekistonda Sichankul (600 mln m^3 dan ortiq), Achinkul (126 mln m^3 dan ortiq), Arnasay ko‘llar tizimi (30 mlrd m^3 dan ortiq) hamda Qoraqalpog‘iston va qo‘shni Qozog‘iston hamda Turkmaniston hududlaridagi Orol bo‘yi hududida ko‘plab sun’iy sho‘r ko‘llar shakllangan. Bu suv resurslarining umumiy hajmi milliardlab kub metrlarni tashkil etadi.

Mazkur jarayon shuni ko‘rsatadiki, sho‘r suvlarni demineralizatsiya qilish va ularni texnik hamda sanoat ehtiyojlari uchun yo‘naltirish bo‘yicha strategik qarorlarni hozirning o‘zida qabul qilish zarur. Tegishli texnologik ishlov berish orqali ichimlik suvi sifatiga mos mahsulot olish, qolgan qattiq qoldiq fraksiyalaridan esa gips, ohak, soda va osh tuzi kabi sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarishda foydalanish mumkin.

To‘rtinchidan, tan olish lozimki, hozirgi davrda gidrologik va meteorologik qurg‘oqchilik jarayonlari bilan bir qatorda tuproq qurg‘oqchiligi (pochvennaya zasuxa) hodisasining kuchayishi kuzatilmoqda. O‘zbekiston Prezidentining 2023 yil uchun yo‘llangan Murojaatnomasida ta’kidlanganidek, so‘nggi uch yil davomida mamlakat hududida suv kamligi kuzatilmoqda, shu bilan birga, oxirgi 15 yil ichida yog‘ingarchilik miqdori 25 foizga kamaygan. Yoz oylarida anomal issiq kunlar sonining ortishi esa kelajakda yanada murakkab sinovlarga duch kelish ehtimolini ko‘rsatadi.

Tabiiy ravishda, 2022 yil kuzatilgan jarayon 2023 yilda ham davom etdi — intensiv bug‘lanish natijasida sug‘orish me’yorlarining oshishiga, bu esa o‘z navbatida tuproq qurg‘oqchiligini kuchaytirishi mumkin bo‘lgan holatga olib keldi. Amerika olimlarining ilmiy prognozlariga ko‘ra, 2024 yil anomal darajada yuqori yozgi harorat bilan tavsiflanishi kutilmoqda.

O‘rinsiz suv sarfini kamaytirish va orug‘ suvi samaradorligini oshirish maqsadida, biz keng qo‘llanilayotgan giperrigatsiya tizimi bilan bir qatorda subirrigatsiyani ta’minlovchi maxsus qurilmalarni (17, 18, 19) ommaviy tadbiq etishni nihoyatda muhim chora deb hisoblaymiz.

Mazkur texnologiyaning kaskadli joriy etilishi orug‘ (bir martalik sug‘orish) suv normasini 1,5–2 baravar qisqartirish imkonini beradi.

Bu qurilmalar ekologik va ijtimoiy xarakterdagi muammolar majmuasini hal qilishga xizmat qiladi. Ularni kollektor-drenaj tarmoqlari, sug‘orish tizimlari va daryo oqimlari joylashuvidagi inshootlarda joriy etish maqsadga muvofiqdir. Ushbu texnologiya sizot suv sathini optimal kritik chuqurlikka ko‘tarishga yordam beradi, bu esa o‘z navbatida tuproq-grunt sharoitida suv balansining tiklanishi va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim omil hisoblanadi.

Beshinchidan, qurg‘oqchilik holatlarining ko‘payishi sharoitida sug‘orish maqsadlarida yer osti suvlaridan foydalanish hajmining oshishi kuzatilmoqda, bu esa yer osti suv zaxiralarining qisqarishiga va sizot suvlar sathining kritik chuqurlikdan pastga siljishiga olib kelmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti 07.12.2022 yilgi yig‘ilishda ushbu jarayonning jiddiy oqibatlariga e’tibor qaratib, quyidagilarni ta’kidladi: “Yer osti suvlari tabiat va inson salohiyati uchun eng muhim chuchuk suv manbalaridan biridir. Noto‘g‘ri va samarasiz foydalanish natijasida ushbu resursning tugashi xavfi kuchaymoqda. Ayrim hududlarda - Navoiy, Samarqand, Jizzax, Qashqadaryo, Namangan, Farg‘ona va Andijon viloyatlarida - sizot suv sathi 5 metr chuqurlikkacha pasaygani kuzatilmoqda.”

Mazkur holat gidrogeologik o‘tkazuvchan zonalar (gidrogeologik “oynalar”) orqali sizot suvlarning pastga yo‘nalgan oqimi kuchayishi bilan bog‘liq. Ushbu noxush jarayonni bartaraf etish maqsadida sug‘oriladigan yer maydonlarida sizot suvlarini izolyatsiya qilishga qaratilgan texnologik yechimlar [20–23] taklif etilmoqda. Taklif etilgan texnologiya antifiltratsion ekran shakllantirish orqali sizot suvlarining kritik chuqurlikdan pastga migratsiyasini cheklaydi va suv resurslarining barqarorligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Oltinchidan, Prezident tomonidan tomchilatib sug‘orish texnologiyalarini keng joriy etish bo‘yicha bir necha marotaba bildirilgan talablarni hisobga olgan holda, tuproqdan namlikning bug‘lanish ko‘rsatkichini kamaytirish, energiya tejamkorligini ta’minlash va tuproq unumdorligini oshirishga qaratilgan zarur texnologiya taklif etiladi. Mazkur texnologiyaning ilmiy mohiyati gidrogel moddalardan farqli ravishda fizik holati o‘zgaradigan mahalliy og‘ir loy mineral turlaridan foydalanishga asoslanadi. Ushbu texnologiyani, xususan, Orolbo‘yi hududida 1,7 million gektar maydonda barpo etilayotgan o‘rmonzorlarni tomchilatib sug‘orishda qo‘llash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Mazkur yondashuv tuproqning struktura bog‘lanuvchanligini oshirgan holda shamol eroziyasining oldini olishga xizmat qiladi.

Qoraqalpog‘iston Respublikasining Tebinbulok konida Davlat geologiya qo‘mitasi ma’lumotlariga ko‘ra 169 ming tonnadan ortiq vermikulit zaxirasi mavjud bo‘lib, 1937 yilgi ilmiy manbalarda uning miqdori 1 million tonnadan ziyod ekani qayd etilgan. Mahalliy mineral resurslar mavjudligini inobatga olgan holda mazkur texnologiyani butun Markaziy Osiyo mintaqasi sharoitida qo‘llash imkoniyati mavjud.

Qashqadaryo viloyatining Nayman, Mabika va Aksu hududlarida glaukonitli qumtosh zaxiralari, Navoiy viloyatining Kiziltepa tumanida shunga o‘xshash tarkiblar, Farg‘ona viloyati Chimiyon va Shorsu konlari gillari tarkibida glaukonit minerallari, Toshkent viloyatida glaukonitlar, Xorazm viloyatida esa bentonit gillari mavjudligi aniqlangan.

O‘zbekiston Prezidenti mineral-xom ashyo bazasini rivojlantirish va qayta tiklash dasturini ishlab chiqish jarayonida Davlat geologiya qo‘mitasi faoliyati alohida e’tibor talab etishini qayd etgan. Shu munosabat bilan “Tuproq melioratsiyasi usuli” [24] ishlab chiqilgan bo‘lib, u mahalliy tabiiy minerallar - vermikulit, perlit va boshqa komponentlardan foydalanishga asoslanadi. Ularning qo‘llanilishi tuproq unumdorligini oshiradi hamda tuproq yuzasidan fizik bug‘lanishini kamaytiradi.

Shuningdek, mazkur minerallarni tuproqqa kiritish uchun maxsus texnologik mexanizm, shuningdek ariq tagida egri chiziqli kesim hosil qilish usuli taklif etilgan bo‘lib, bu sug‘orish

eroziyasining oldini olish va tuproqning suvni ushlab qolish qobiliyatini kuchaytirishga xizmat qiladi. Afsuski, hozirgi vaqtda Tebinbuloq vermikuliti Rossiya va Turkiyaga eksport qilinmoqda; 2021 yilda uning sotuv hajmi 623 ming AQSH dollarini tashkil etgan (“Jamiyat” gazetasi, 12.02.2022).

Yettinchidan, hosildorlikni oshirishning asosiy omili suv emas, balki tuproqning tabiiy unumdorligi ekani ilmiy jihatdan tasdiqlangan. Tadqiqotlar chorvachilik va yer unumdorligi o‘rtasida bevosita o‘zaro bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatadi. Masalan, 40 bosh qo‘y tomonidan hosil qilinadigan organik o‘g‘it bir gektar maydonning unumdorligini ta’minlay oladi, shu kabi natija 5–6 bosh qoramoldan olingan organik moddalarda ham kuzatiladi. O‘zbekiston Respublikasida mavjud 4,3 million gektar sug‘oriladigan yerlar hisobga olinganda, to‘liq organik ta’minot uchun 172 million bosh qo‘y va echki mavjud bo‘lishi talab etiladi. 2022 yil statistik ma’lumotlariga ko‘ra, qo‘y va echkilarning umumiy soni 22626,3 ming bosh, qoramol (KRS) — 12611,8 ming boshni tashkil etgan bo‘lib, jami 35238,1 ming bosh chorva mavjud, bu esa sug‘oriladigan yerlarning atigi 63 foizini organik o‘g‘it bilan ta’minlaydi. Agar respublikaning 20,3 million gektar qishloq xo‘jaligi maydonlari hisobga olinsa, organik ta’minlanganlik darajasi atigi 13,3 foizni tashkil qiladi. Bunday holatning oqibati ko‘rinib turibdi — tabiiy unumdorlik yetarli emas, natijada go‘sht va sut mahsulotlari ta’minoti yetishmaydi.

Bundan tashqari, tuproq unumdorligining muhim ko‘rsatkichi bo‘lgan yerlarning bonitet balli pasaygan: O‘zbekiston bo‘yicha o‘rtacha ko‘rsatkich 55 ball, Qoraqalpog‘iston Respublikasida esa 41 ball (BMT ma’lumotlari [25]). Bu holat hosildorlikning sezilarli pasayishiga olib kelgan. Tabiiy ekotizimning buzilishi natijasida ekologik xavfning keskin kuchayishi kuzatilmoqda.

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, donli ekinlar somoni organik o‘g‘itlarga qaraganda tuproq unumdorligini o‘n baravar ko‘proq oshiradi. Shu sababli qayta tiklanuvchi tabiiy almashlab ekish – sevooborot (almashlab ekish) tizimini zudlik bilan keng joriy etish dolzarb vazifadir.

Sakkizinchidan, zamonaviy sharoitda yer usti va yer osti suvlarining sifatini baholash va ularning uzoq muddatli istiqbol bo‘yicha prognozini amalga oshirish zarur. Buning uchun tabiiy suvlarning kimyoviy tarkibining metamorfizatsiyasini (o‘zgarishini) tahlil qilish lozim [26]. Bu bizga tuproqlardagi sho‘rlanish jarayonini oldindan prognoz qilish va mos ravishda tuproqni muhofaza qilish choralarini ko‘rish imkonini beradi. Hozirgi vaqtda tog‘ oldi hududlarida lokal sodali sho‘rlanish kuzatilmoqda. Ilmiy jihatdan isbotlanganidek, agar ular sug‘oriladigan maydonning
20-30 foizini tashkil qilsa, bunday maydonlar iqtisodiy jihatdan samarasiz hisoblanadi. Sodali sho‘rlanishning oldini olish maqsadida biz tuproqlarni sho‘rsizlantirish usulini taklif etamiz [27] va u kimyoviy melioratsiya jarayonida o‘simliklar uchun zarur bo‘lgan chili selitrasining ajralib chiqishiga xizmat qiladi.

To‘qqizinchidan, Afg‘onistonda Kushtepa kanalining qurilishi munosabati bilan Amudaryo suvining kamayishi ehtimoli yuzasidan XVIII asr oxirida muhandis Annenkov tomonidan Amudaryo suvining oqim bo‘yicha tabiiy ravishda Buxoro sharqiy qismiga va Qashqadaryo tizmasining quyi hududlariga yetib borishi mumkinligi tasdiqlangan [7]. Hozirgi vaqtda Qashqadaryo pastki oqimiga nasos stansiyalari orqali yetkaziladigan suv eng qimmat suv hisoblanadi. 2023 yilda 1 m^3 suvning narxi 482 so‘mni (4 sent) tashkil qilgan bo‘lib, 3281,2 mln m^3 suv olish xarajatlari 1,544 trln so‘mga teng. Shu munosabat bilan biz Panj va Vaxsh daryolarining qo‘shilish nuqtasidan (Tojikiston hududida) Qarshi magistral kanaligacha uzunligi 500 km dan ortiq bo‘lgan kanal qurilishi taklif etamiz. Bu orqali O‘zbekistonning janubi-g‘arbiy hududlari - Surxondaryo, Qashqadaryo, Buxoro va Navoiy viloyatlarini suv bilan ta’minlash mumkin bo‘ladi.

O‘ninchidan, yuqorida qayd etilgan innovatsion yechimlar suv resurslarini takomillashtirilgan integratsiyalashgan boshqaruv texnologiyasini yaratishga, jahon tajribasiga mos holda xizmat qiladi [28–35]. Ularni agro xo‘jalik uchastkalari, yirik sanoat korxonalari, tuman va viloyatlar, daryo havzalari darajasida joriy etish lozim. Bizda hisob-kitoblar, tajribalar o‘tkazish va ishlab chiqarish sharoitida joriy etish bo‘yicha yetarli amaliy tajriba mavjud [36].

O‘n birinchidan, mavjud, foydalanilayotgan va oqova suvlarni aniq hisobga olish uchun gidrometrik tarmoqni qayta tiklash zarur.

O‘n ikkinchidan, suv resurslarining asosiy manbai bo‘lgan daryolarni tartibga keltirish va ularni ekologik holatini yaxshilash nihoyatda muhim, chunki ular hududning iqlim sharoitiga bevosita ta’sir etadi. Buning uchun mamlakatimizda gidrologiya ilmiy maktabi yetarlicha rivojlangan.

XULOSA

Ta’kidlash joizki, ilgari surilgan barcha takliflar laboratoriya va dala sharoitida sinovdan o‘tkazilgan, ilmiy jamoatchilik tomonidan approbatsiya qilingan va Rossiya, AQSH, Yevropa mamlakatlari, Turkiya, Qozog‘iston, Tojikiston hamda Turkmaniston olim-mutaxassislari tomonidan ma’qullangan. Taklif etilayotgan texnik yechimlar ekologik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo‘lib, ularni bosqichma-bosqich amaliy joriy etishga to‘liq tayyor.

Yakuniy xulosa sifatida, Yevropa Parlamenti deputati, “Yashillar Ittifoqi” partiyasi a’zosi, nemis siyosatchisi Viola fon Kramonning (Yevropa Ittifoqi bilan O‘zbekiston o‘rtasidagi munosabatlarni rivojlantirishga bag‘ishlangan Tashqi ishlar qo‘mitasi yig‘ilishidagi 2023 yil 9-oktyabr sanasidagi nutqidan) quyidagi fikrini keltirish joiz: “Suv resurslari samarasiz foydalanilmoqda, shaharlar zaharli chang bilan qoplangan, mamlakat sahroga aylanib bormoqda. Agar bu jarayonlar to‘xtatilmasa, O‘zbekistonning 39 milliondan ortiq aholisi ekologik falokatga duch keladi.”

Biz umid qilamizki, “Ekologiya” fanini zamonaviy yondashuv asosida o‘qitish va keltirilgan texnik innovatsiyalar majmuasi oliy ta’lim muassasalarining tegishli bo‘linmalari, suv xo‘jaligi tashkilotlari, agrar klasterlar, tomorqa egalari, sohaviy vazirlik va idoralar hamda amaliyotchi mutaxassislar tomonidan mazkur yo‘nalishda “yo‘l xaritasi”ni ishlab chiqish jarayonida inobatga olinadi va hayotga tatbiq etiladi. Bu esa O‘zbekistonning ta’lim sektori, ekologik va ijtimoiy muhitini yaxshilashga, shuningdek, oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashga xizmat qiladi. Natijalar nafaqat mamlakatimiz, balki butun arid mintaqa uchun ham strategik ahamiyatga ega bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

37. АВЕСТО. Историко-литературное наследие. Пер.на узб. яз. Аскар. - Махкам. Ташкент: «Шарк», 2001. 384 с.

38. Валуконис Г.Ю., Мурадов Ш.О. Основы экологии-Т.1.Общая экология. Кн.1. Ташкент: «Мехнат», 2001. 328 с.

39. Тухтаев А.С. Экология. Ташкент: Укитувчи, 1998. 192 с.

40. Закон Республики Узбекистан «Об охране природы». Ташкент: Адолат, 1992. 14 с.

41. Нерсесянц В.С. Сократ. М.: Издательская группа ИНФРА. -М-НОРМА, 1995. 312 с.

42. Толстов С.П. Древний Хорезм. М.:16-я тип. треста «Полиграфкнига», 1948. 352 с.

43. Мамедов А.М. Развитие ирригации в Узбекитане. Ташкент: «ФАН»,1967. 297 с.

44. Peter Swanson. Water: The Drop of Life, North Word press, Minnetonka, Minnesota, 2001. USA. P.143.

45. Усмоний С. Угрозы нехватки воды: Решения непропорциональны проблемам//AGUA, UZSUVTAMINOT, 2023. №24/7. С. 39-41.

46. Вышпольский Ф., Мухамеджанов Х. Опыт использования лизиметров для корректировки режимов орошения сельскохозяйственных культур//Сб.науч.трудов. Материалы международного семинара ИКАРДА. Тараз:2002. С.139-149.

47. Савельев Ю.В. Экологический менежмент. М.: Логос, 2001. 126 с.
48. Мурадов Ш.О. Экология. -Карши: изд-во «Intellekt», 2022. 376 с.
49. Мирзаев С.Ш. Запасы подземных вод Узбекистана. Ташкент: ФАН, 1974. 224 с.
50. Закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании». Ташкен: Адолат, 1993. 30 с.
51. Патент Республики Узбекистан № IDP 04339. 2000.
52. Борисов В.А., Вавленко Л.И., Мусаева Т.П., Султанова Д.Г. Индексная оценка качества питьевых подземных вод Узбекистана// Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. Ташкент: изд-во «Университет», 2002. С.83-91.
53. Авторское свидетельство № 990952. 1980.
54. Авторское свидетельство № 1491953. 1989.
55. Авторское свидетельство № 1656053. 1991.
56. Авторское свидетельство № 1076533. 1983.
57. Авторское свидетельство № 1079754. 1984.
58. Авторское свидетельство № 1620536. 1990.
59. Авторское свидетельство № 1659445. 1991.
60. Патент Республики Узбекистан № 4539. 19.97
61. Обзор результативности экологической деятельности. Узбекистан, втор. обзор, вып.№29- Нью-Йорк и Женева: ЕЭК ООН. 2010. 245 с.
62. Валуконис Г.Ю., Ходьков А.Е. Роль подземных вод в формировании месторождений полезных ископаемых. Л.: «Недра», 1978. 296 с.
63. Патент Республики Узбекистан № IDP 04470. 2000.
64. Bindraa S.P., Hamid A., Salem H., Hamuda K., Abulifa S. Sustainable integrated water resources management for energy production and food security in Libya. Procedia Technology 12 (2014) pp. 747–752, doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.558.
65. Savenije H.G., Van P. der Zaag, Integrated water resources management: Concepts and issues. Physics and Chemistry of the Earth 33 (2008) pp. 290–297, doi: 10.1016/j.pce.2008.02.003.
66. Xiao-Jun Hu, You-Cai Xiong, Yong-Jin Li, Jian-Xin Wang, Feng-Min Li, Hai-Yang Wang, Lan-Lan Li, Integrated water resources management and water users' associations in the arid region of northwest China: A case study of farmers' perceptions. Journal of Environmental Management 145 (2014) pp. 162-169. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.06.018.
67. Dukhovny V.A., V.I. Sokolov, D.R. Ziganshina, Integrated Water Resources Management in Central Asia, as a way of survival in conditions of water scarcity. Quaternary International 311 (2013) pp. 181-188. http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.07.003.
68. Gourbesville P., Challenges for integrated water resources management. Physics and Chemistry of the Earth 33 (2008) pp. 284–289. doi:10.1016/j.pce.2008.02.002.
69. Pires A., Morato J., Peixoto H., Botero V., Zuluaga L., Figueroa A. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. Science of the Total Environment 578 (2017) pp. 139–147. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.217.
70. Roach T., Kapelan Z., Ledbetter R. Comparison of info-gap and robust optimisation methods for integrated water resource management under severe uncertainty. Procedia Engineering 119 (2015) pp. 874–883. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.955.
71. Anzaldi G., Rubion E., Corchero A., Sanfeliu R., Domingo X., Pijuan J., Tersa F. Towards an Enhanced Knowledge-Based Decision Support System (DSS) for Integrated Water Resource Management (IWRM). Procedia Engineering 89 (2014) pp. 1097 – 1104. doi: 10.1016/j.proeng.2014.11.230.
72. Мурадов Ш.О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана. Ташкент: ФАН, 2012. 376 с.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕК БАССЕЙНА ЗЕРАВШАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Хикматов Ф.Х., Хайдаров С.А., Хикматов Б.Ф., Зияев Р.Р., Эрлапасов Н.Б., Ширинбоев Д.Н., Ганиев Ш.Р.
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека

Аннотация. *Работа посвящена изучению гидрологического режима и водных ресурсов рек бассейна Зеравшана в условиях изменения климата. Сопоставляя результаты расчетов, выполненных для выделенных двух климатических периодов, выявлены некоторые изменения в режиме основных климатических показателей – температуры воздуха и атмосферных осадков. Оценено влияние этих изменений на многолетние колебания и внутригодовое распределение стока рек, сроки наблюдения различных фаз водного режима и максимальных расходов воды. Особое внимание уделено вопросам оценки водных ресурсов рек изучаемого бассейна.*

Ключевые слова: *изменение климата, речной сток, многолетние колебания, внутригодовое распределение, фазы водного режима, максимальные расходы воды, оценка.*

Аннотация. *Тадқиқот иқлим илиши шароитида Зарафшон ҳавзаси дарёлари гидрологик режими ва сув ресурсларини ўрганишга бағишланган. Турли иқлимий даврлар учун бажарилган ҳисоблашлар натижаларининг таҳлиллари негизида, асосий иқлимий кўрсаткичлар – ҳаво ҳарорати ва атмосфера ёғинлари режимидаги ўзгаришлар аниқланган. Ушбу ўзгаришларнинг дарёлар оқимининг йилларараро тебраниши ва йил давомида тақсимланиши ҳамда улар сув режими фазалари ва максимал сув сарфларининг кузатилиш муддатларига таъсири баҳоланган. Ҳавза сув ресурсларини баҳолаш масалаларига алоҳида эътибор қаратилган.*

Калит сўзлар: *иқлим ўзгариши, дарё оқими, йилларараро тебраниши, йил давомида тақсимланиши, сув режими фазалари, максимал сув сарфлари, баҳолаш.*

Annotation. *The work is devoted to the study of the hydrological regime and water resources of the rivers of the Zeravshan basin in the context of climate change. Comparing the results of calculations performed for the selected two climatic periods, some changes in the regime of the main climatic indicators - air temperature, precipitation were revealed. The impact of these changes on long-term fluctuations and intra-annual distribution of river runoff, the timing of observation of various phases of the water regime and maximum water discharges was assessed. Particular attention is paid to the issues of assessing the water resources of the rivers of the studied basin.*

Key words: *climate change, river runoff, long-term fluctuations, intra-annual distribution, phases of the water regime, maximum water discharges, assessment.*

ВВДЕНИЕ

Исследование гидрологического режима и оценка водных ресурсов рек в условиях изменения климата имеет актуальное научно-теоретическое и прикладное значение. Изучение данной проблемы на примере рек бассейна Зеравшана особенно важно, т.к. их водные ресурсы определяют нынешнее состояние и перспективы развития различных отраслей экономики пяти областей Узбекистана (Самаркандская, Навоийская, Джизакская и Кашкадарьинская) и Согдийской области Таджикистана.

Вопросы влияния изменения климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек рассмотрены в исследованиях ученых дальнего зарубежья (R.M.Perkins, J.Gibson, T.Edwards, S.Birks, W.Buhay, P.Eachern, B.Wolfe, L.Alfieri, B.Bisselink, F.Dottori, G.Naumann, K.Wyser, Ya.Kong, Z.Pang, A.Al-Alsheikh и другие). Аналогичные

исследования выполнены учеными бывшего Союза и стран СНГ (Т.С.Абалян, М.Н.Большаков, М.И.Будыко, А.И.Воейков, В.Г.Глушков, М.И.Львович, А.С.Монин, И.С.Соседов, Д.П.Соколов, Н.Л.Фролова и другие). В Узбекистане первые исследования по данной проблеме выполнены Э.М.Ольдекопом, Л.К.Давыдовым, в последующем В.Л.Шульцем, О.П.Щегловой, З.В.Джорджио, Ю.М.Денисовым, А.М.Овчинниковым и другими. В настоящее время исследования гидрологического режима и водных ресурсов рек с учетом изменения климата продолжаются В.Е.Чубом, Э.И.Чембарисовым, Ф.Х.Хикматовым, Л.М.Карандаевой, Г.Х.Юнусовым, Б.Е.Аденбаевым, С.А.Хайдаровым, Д.М.Тургуновым и другими. Однако, в работах вышеназванных ученых вопросы гидрологического режима и количественной оценки стока рек бассейна Зеравшана, а также их изменения в условиях потепления климата не рассмотрены в качестве отдельного объекта исследования.

Целью данной работы является оценка влияния изменения климатических показателей на гидрологический режим и водные ресурсы рек бассейна Зеравшана. Для достижения поставленной цели, в работе были рассмотрены и решены следующие **задачи**: сбор, первичная обработка, обобщение и систематизация материалов гидрометеорологических наблюдений; оценка гидрометеорологической изученности бассейна реки Зеравшан и выбор опорных пунктов наблюдений; оценка изменения основных климатических показателей – температуры воздуха и атмосферных осадков на территории изучаемого бассейна; оценка влияния изменений этих климатических показателей на многолетние колебания и внутригодовое распределение стока рек, на сроки наблюдения фаз водного режима и максимальных расходов воды; уточнение основных гидрологических показателей стока рек и оценка их водных ресурсов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно [2, 3, 4, 9-12], температура воздуха и атмосферные осадки являются основными метеорологическими факторами, влияющими на гидрологический режим и водные ресурсы рек. В связи с этим, в работе изучены вопросы изменения этих факторов в условиях потепления климата. С этой целью весь расчетный период (1960-2020 гг.) разделен на первый базовый (ПБКП, 1961-1990 гг.) и текущий (ТКП, 1991-2020 гг.) климатические периоды.

Для оценки изменения температуры воздуха в Узбекистанской части бассейна Зеравшана были использованы данные 13 метеорологических станций, расположенные на его территории (рис. 1).

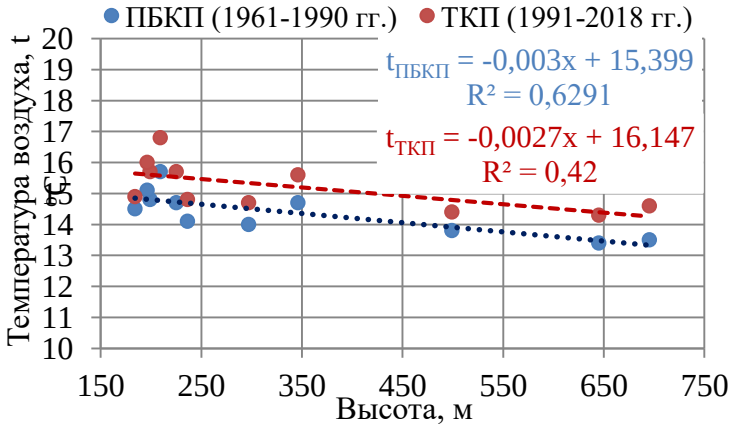
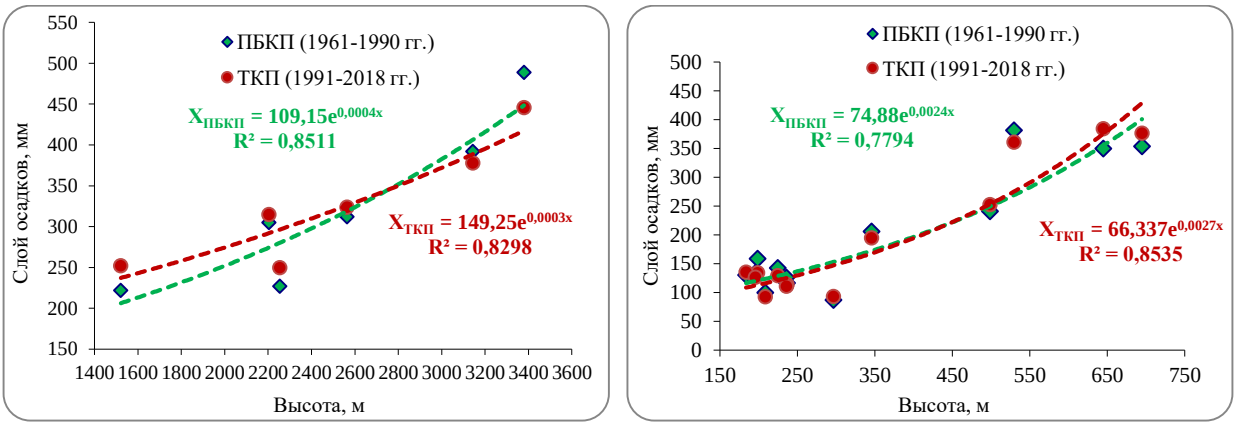


Рис.1. Изменения температуры воздуха в Узбекистанской части бассейна

Изменения атмосферных осадков, выпавших на высокогорную и Узбекистанскую части бассейна реки Зеравшан за рассматриваемые климатические периоды (ПБКП и ТКП)

также оценены вышеизложенными способами (рис. 2).



а) высокогорная часть бассейна б) Узбекистанская часть бассейна

Рис. 2. Изменения атмосферных осадков в бассейне реки Зеравшан

Вопросы многолетних колебаний речного стока рассмотрены на примере реки Зеравшан на основе данных гидрологических постов Дупули, Зиявитдин, Навои и Хазара, расположенных по её длине (рис. 3).

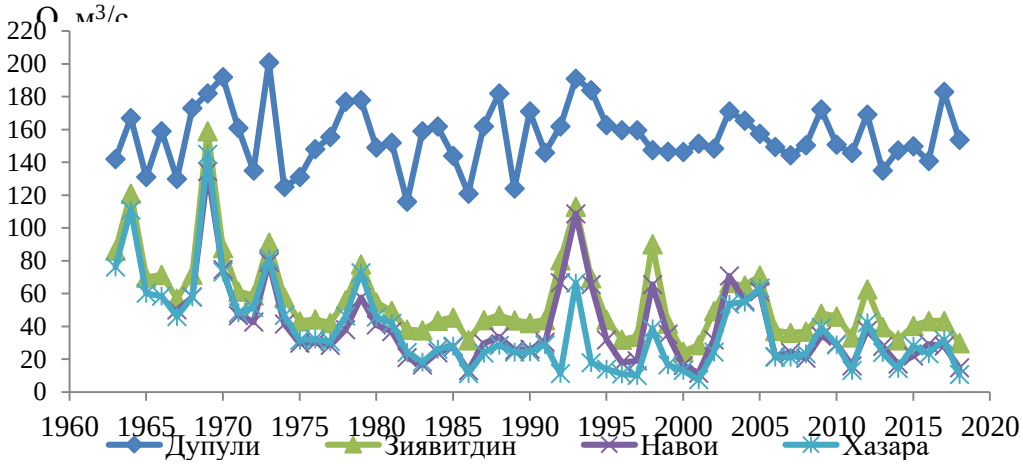


Рис.3. Многолетние колебания средних годовых расходов воды реки Зеравшан

Анализ результатов расчетов показал, что на гидрологическом посту Дупули 1973 год отличается многоводностью (201,0 м^3/с). С учетом стока Магиандарьи (Суджина), средний годовой расход воды, поступивший в этом году в Раватходжинский гидроузел, составил 209,6 м^3/с или годовой объем стока был равен 6,611·10^9 м^3. Из этого объема воды до гидропоста Зиявитдин доходит всего лишь 43,7%, а до Навои – 37,7%.

Следует отметить, что за счет поступления в русло реки Зеравшан коллекторно-дренажных и грунтовых вод, на гидрологическом посту Хазара, расположенном ниже гидропоста Навои, наблюдается некоторое увеличение (до 38,8%) объема стока. В маловодные годы, такие как 1982 год, как абсолютные, так и относительные величины годовых объемов стока, учтенные на нижерасположенных по течению реки Зеравшан постах, были еще меньше. В целом показано, что начиная с водораспределительного сооружения Раватходжа до самого нижнего поста Хазара, наблюдается усиление антропогенного воздействия на водный режим реки Зеравшан [6, 12].

Произведен анализ количественных изменений средних годовых расходов воды 11 рек Среднего Зеравшана за 60 летний период (рис. 4). Наибольшие приросты средних

годовых расходов воды за указанный расчетный период наблюдались в Аманкутансае (ΔQ=0,352 м^3/с), Куксарайсае (ΔQ=0,27 м^3/с), Майдансае (ΔQ=0,324 м^3/с) и Беглярсае (ΔQ=0,304 м^3/с). Снижение значений средних годовых расходов воды наблюдалось в Тусунсае (ΔQ=-0,103 м^3/с) и Актепасае (ΔQ=-0,041 м^3/с).

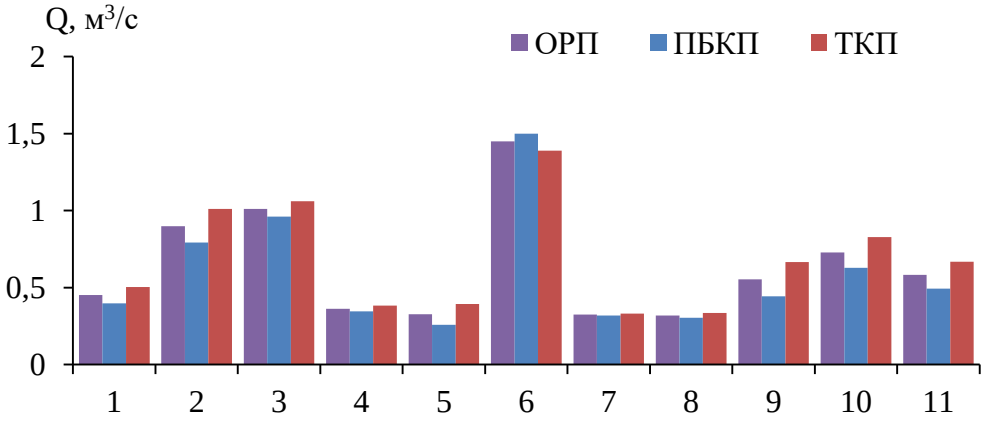
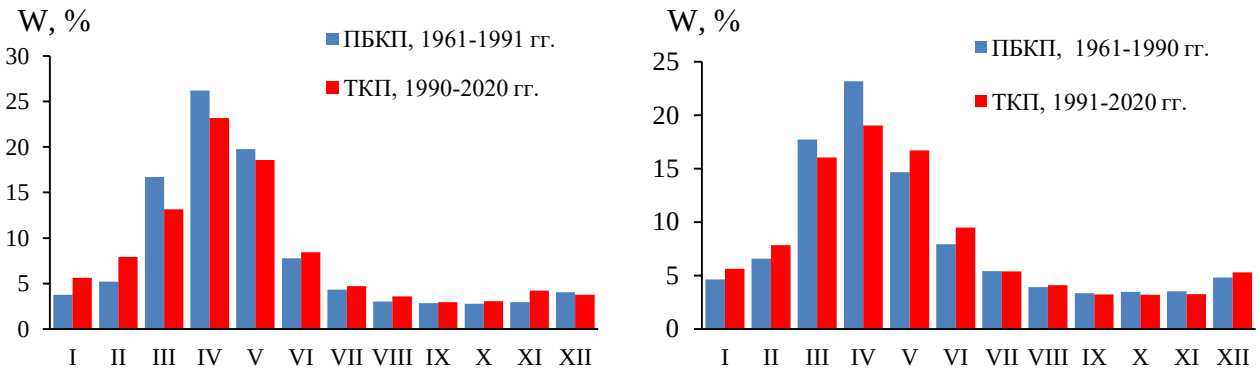


Рис. 4. Количественные изменения средних многолетных расходов воды рек Среднего Зеравшана.

1. Ургутсай-г.Ургут, 2. Аманкутансай-кишл. Аманкутан, 3. Акдарясай-кишл. Агалик, 4. Сазагансай-кишл. Сазаган, 5. Тегирмансай-кишл. Сағишман, 6. Тусунсай-устье, 7. Актепасай-кишл. Оча, 8. Карагачсай-кишл. Мавлон, 9. Майдансай-кишл. Олмата, 10. Кўксарайсай – при выходе из гор, 11. Беглярсай-кишл. Янги Акчоб, ОРП – общий расчетный период (1961-2020 гг.).

Изучено внутригодовое распределение годового стока рек по месяцам и сезонам года для выделенных двух расчетных климатических периодов (ПБКП, ТКП). Сопоставление результатов рассчетов позволило оценить их количественные изменеия (рис. 5).



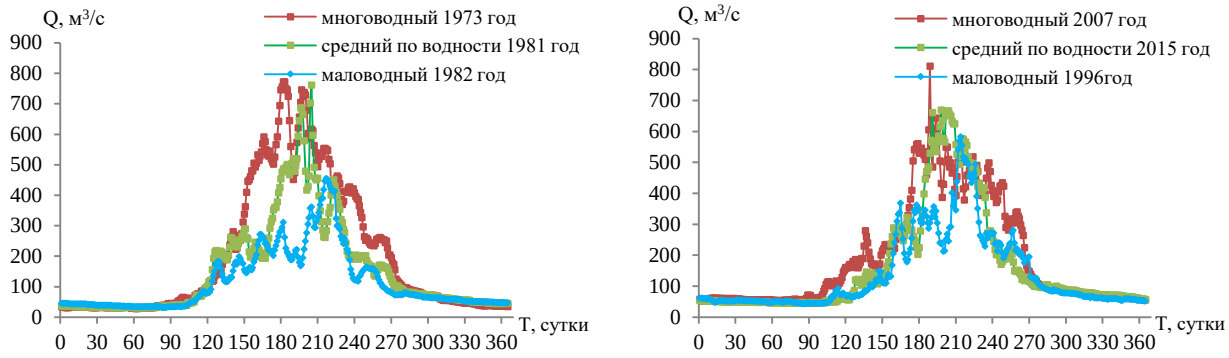
а) Ургутсай- г. Ургут *б) Аманкутансай-кишл. Аманкутан*

Рис. 5. Относительные изменения внутригодового распределения стока рек по месяцам

Выявлено, что в Ургутсае в ТКП объем её стока периода половодья (март-май) относительно ПБКП уменьшился, в тоже время, во всех месяцах меженного периода (кроме декабря) сток увеличился. Аналогичная ситуация наблюдается в Аманкутансае. Выявлены также изменения во внутригодовом распределении стока рек по сезонам года. Например, объем весенного стока в Ургутсае был равен 7,63·10^6 м^3 (63,3 %) в ПБКП, а в ТКП – 7,15·10^6 м^3 (55,5 %), то есть уменьшился. Аналогичная картина повторяется в Аманкутансае.

Половодье, когда проходит 65-80% годового стока реки Зеравшан, наблюдается в апрель-сентябрь месяцах, а на малых реках и саях Среднего Зеравшана оно приходится на

март-май, указаны их причины. Данный вопрос проанализирован на примере реки Зеравшан на основе материалов гидрологического поста Дупули (рис.6).



а) 1-базовый климатический период (ПБКП, 1961-1990 гг.)

б) текущий климатический период (ТКП, 1991-2020 гг.)

Рис.6. Гидрографы экстремальных по водности лет, наблюденные на реке Зеравшан (Дупули) в разных климатических периодах

В работе вопросы смещения сроков начала, конца и общей продолжительности периода половодья, а также максимальных расходов воды рассмотрены на примере реки Зеравшан (Дупули). С этой целью, общий ряд гидрологических наблюдений разделен на следующий три расчетных периода: 1) условный естественный климатический период (УЕКП, 1931-1960 гг.); 2) первый базовый климатический период (ПБКП, 1961-1990 гг.); 3) текущий климатический период (ТКП, 1991-2020 гг.). Для каждого расчетного периода были вычислены средние суточные расходы воды за многолетие и на их основе построены совместные годовые гидрографы, с помощью которых определены основные изменения в элементах половодья (рис. 7).

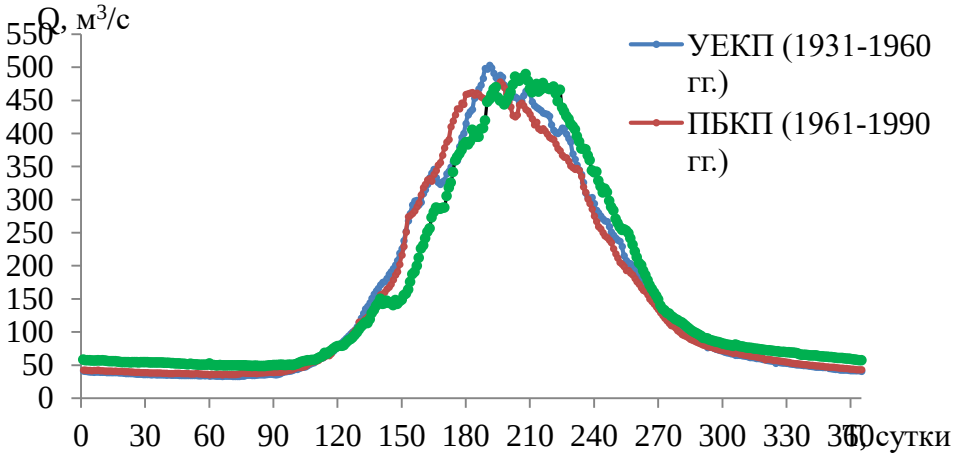


Рис. 7. Гидрографы реки Зеравшан (Дупули) для разных климатических периодов

Произведён анализ гидрографов, построенных за отдельные климатические периоды и выявлено следующее: 1) во всех трех климатических периодах даты начала периода половодья почти совпадают, однако, даты их конца в ТКП смещены на неделю позже; 2) в результате этого смещения продолжительность половодья в ТКП увеличилась равно на неделю; 3) если не учесть некоторые малые смещения при подъеме и спаде, гидрографы

УЕКП и ПБКП почти совпадают; 4) наблюдается смещение гидрографа ТКП в правую сторону относительно гидрографов в среднем 10-12 суток, а при его спаде 8-10 суток; 5) гидрографы УЕКП и ПБКП показывают, что величины их стока в период межени совпадают полностью; 6) в ТКП наблюдается увеличение величины стока межени, т.е. весенне-зимнего периода на 20-25% относительно двух предыдущих расчетных периодов [4, 5, 8].

Известно, что одной из наиболее ответственных задач гидрологических расчетов является определение максимальных расходов воды. Это связано с тем, что на реках приходится проектировать сотни и тысячи мостовых переходов, отверстий водовыпускных сооружений, гидротехнических плотин, линий электропередач над ними и другие. Обычно максимальные расходы воды наблюдаются в периоды половодья или паводка. Произведен анализ средних дат сроков прохождения максимальных расходов воды в период половодья согласно расчетным климатическим периодам. Выявлены количественные изменения максимальных расходов воды периода половодья и смещения сроков их прохождения (табл. 1).

Таблица 1

Максимальные расходы воды периода половодья и смещения сроков их рохождения

Показатели	Расчетные климатические периоды			Разница	
	УЕКП (1931-1960 гг.)	ПБКП (1961-1990 гг.)	ТКП (1991-2020 гг.)	между УЕКП и ПБКП	между ПБКП и ТКП
$Q_{мах}$, $м^3/с$	503	478	489	-25	+11
Дата	09.07	14.07	26.07	5 сут.	12 сут.

Оценены общие водные ресурсы рек бассейна Зеравшана. С этой целью первоначально были оценены водные ресурсы рек, образующихся в ее горной части. Согласно результатов расчетов, сумма средних многолетних расходов воды, формируюшихся в высокогорной части бассейна реки Зеравшан и поступающих в пределы Узбекистана составляет 163 $м^3/с$, а средний многолетний объем стока равен 5,141 $км^3$. Из этой величины объема стока на долю реки Зеравшан (Дупули) приходится 95,1%, а на реку Магиандарья - 4,9% (табл. 2).

Таблица 2

Средние многолетние величины стока рек бассейна Зеравшана

Части бассейна		F, $км^2$	$H_{ср}$, м	$\bar{Q}$, $м^3/с$	W, 10^9 $м^3$	M, $л/с \cdot км^2$	h, мм
Высокогорная часть	1	10200	3100	155	4,889	15,2	479
	2	1110	2660	7,95	0,251	7,2	226
Показатели стока		***11310***	***3057***	***163***	***5,141***	***14,4***	***454***
Средне- и низкогорная часть	3/11	1888	-	7,01	0,221	3,7	117
	4/19	695	-	2,19	0,069	3,2	99
Показатели стока		***2583***	***-***	***9,2***	***0,290***	***3,6***	***112***
Общие показатели стока		**13893**	**-**	**172,2**	**5,431**	**12,4**	**391**

Примечание: 1 - Зеравшан – м. Дупули; 2 - Магиандарья – с. Суджина; 3 - гидрометрически изученные реки, в знаменателе – их число; 4 - гидрометрически неизученные реки, в знаменателе – их число; F – площадь водосбора; $H_{ср}$ – средняя взвешенная высота водосбора; $\bar{Q}$ – средний многолетний расход воды; W – объем стока; M – модуль стока; h – слой стока.

Водные ресурсы рек Среднего Зеравшана оценивались путем разделения их на гидрометрически изученные ($221{,}1\cdot10^6$ м^3) и гидрометрически неизученные ($69{,}1\cdot10^6$ м^3) реки. Их сумма, т.е. средний многолетний объем стока рек Среднего Зеравшана составляет $290\cdot10^6$ м^3. В целом, суммарный средний многолетний объем стока рек бассейна Зеравшана составляет $5{,}431\cdot10^9$ м^3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Произведена оценка изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в бассейне реки Зеравшан. Использованы материалы 20 метеорологических (13-Узбекистанская часть, 7-Таджикистанская часть) и 29 гидрологических (11-Узбекистанская часть, 18-Таджикистанская часть) пунктов наблюдений. Общий расчётный период (1960-2020 гг.) разделен на первый базовый (ПБКП, 1961-1990 гг.) и текущий (ТКП, 1991-2020 гг.) климатический периоды;

2. Оценка изменения климатических параметров (температуры, осадков) выполнена с применением двух способов: 1) по данным отдельных метеорологических станций; 2) по данным групп метеорологических станций. Выявлено повышение температуры воздуха как в высокогорной части (по 1-способу на 0,43 ^{0}C, а по 2-способу на 0,40 ^{0}C), так и на территории Среднего Зеравшана (по 1-способу на 0,74 ^{0}C, а по 2-способу на 0,88 ^{0}C);

3. Выявлено, что увеличение слоя атмосферных осадков для высокогорной части составило в среднем 7,4 мм, а для Среднего Зеравшана выявлено его уменьшение на 2,1 мм. Результаты оценки изменения атмосферных осадков показали, что в высокогорной части бассейна на больших высотах в ТКП осадки уменьшаются, а на ее относительно низких высотах, наоборот, увеличиваются;

4. Изучено внутригодовое распределение годового стока рек по месяцам и сезонам года для выделенных двух расчетных климатических периодов (ПБКП, ТКП). Выявлено, что в Ургутсае в ТКП объем стока периода половодья (март-май) уменьшился относительно ПБКП, в тоже время, во всех месяцах меженного периода (кроме декабря) величины стока увеличились;

5. Вопросы смещения сроков начала, конца и общей продолжительности периода половодья, а также изменения величины максимальных расходов воды рассмотрены на примере реки Зеравшан (Дупули). Анализ совместных гидрографов показал, что в расчетных климатических периодах даты начала половодья почти совпадают, однако, даты их конца в ТКП смещены на неделю позже. Гидрографы УЕКП и ПБКП почти совпадают, однако, наблюдается смещение гидрографа ТКП в правую сторону относительно от них в среднем 10-12 суток;

6. Оценены водные ресурсы рек бассейна Зеравшана. Как показали расчеты, сумма средних многолетних расходов воды, формирующихся в высокогорной части бассейна реки Зеравшан и поступающих в пределы Узбекистана составляет 163 м^3/с, а средний многолетний объем стока равен 5,141• км^3.

7. Водные ресурсы рек Среднего Зеравшана оценивались путем разделения их на гидрометрически изученные ($221{,}1\cdot10^6$ м^3) и гидрометрически неизученные ($69{,}1\cdot10^6$ м^3) реки. Их сумма, т.е. средний многолетний объем стока рек Среднего Зеравшана составляет $290\cdot10^6$ м^3. В целом, суммарный средний многолетний объем стока рек бассейна Зеравшана составляет $5{,}431\cdot10^9$ м^3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закономерности гидрологических процессов // Под редакцией Н.И.Алексеевского. – М.: ГЕОС, 2012. – 736 с.

2. Зияев Р.Р. Зарафшон ҳавзаси дарёлари сув режими фазаларининг иқлим ўзгариши шароитидаги силжишлари. Геогр. фан. ф. д. ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2021. – 46 б.

3. Хайдаров С.А. Зарафшон ҳавзаси дарёлари сув ресурсларининг шаклланишига иқлимий омилларнинг таъсирини баҳолаш. Геогр. фан. ф. док. ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2018. – 45 б.

4. Хикматов Ф.Х. и др. Закономерности формирования водных ресурсов горных рек в условиях изменения климата. Монография. – Ташкент: “Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи”, 2020. – 232 с.

5. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Тошкент: VORIS–NASHRIYOT, 2007. – 132 с.

6. Ширинбоев Д.Н. Зарафшон дарёси сув режимининг антропоген омиллар таъсирида ўзгариши. Геогр. фан. ф. д. ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2021. – 45 б.

7. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 695 с.

8. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. – Ташкент: Изд-во СамГУ, 1960. – 243с.

9. Эрлапасов Н.Б. Тоғ дарёларининг ер ости сувлари ҳисобига тўйиниши хусусиятлари. Геогр. фан. ф. д. ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2022. – 46 б.

10. Ғаниев Ш.Р. Ўрта Зарафшон ҳавзаси дарёларининг гидрологик режими, сув ресурслари ва улардан самарали фойдаланиш. Геогр. фан. ф. д. ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2022. – 45 б.

11. Ҳикматов Б.Ф. Дарёлар ва тўғонли сув ҳавзаларидан оқиб чиқадиган эҳтимолий максимал сув сарфларини ҳисоблаш. –Тошкент: IRNMU, 2023. – 184 б.

12. Ҳикматов Ф.Ҳ. ва бошқ. Зарафшон дарёси ҳавзасининг гидрометеорологик шароити ва сув ресурслари. Монография. –Тошкент: «Fan va texnologiya», 2016. – 276 б.

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ СТОКОМ РЕЧНОГО БАССЕЙНА

Кучкарова Дилафруз Хуррамовна доцент, к.т.н. (PhD)
Ташкентский Архитектурно-Строительный Университет (ТАСУ).
Федоров Святослав Викторович, к.т.н., доцент кафедры водопользования и экологии
СПбГАСУ (Санкт-Петербургский Государственный
Архитектурно-строительный университет), Санкт Петербург.
Бекмамадова Гулноза Акмаловна, доцент,
Ташкентский Архитектурно-Строительный Университет (ТАСУ).
Сатторова Шодиена Эшмурод кизи, докторант,
Ташкентский Архитектурно-Строительный Университет (ТАСУ).

Аннотация. *Мақолада сув баланси тенгламаси асосида Қашқадарё дарёси ҳавзаси сув оқими ҳолатининг гидравлик тенгламаси тузилган. Дарё ҳавзасидаги сув ресурсларини бошқариш моделини ишлаб чиқиш учун баланс тенгламалари муҳокама қилинган. Сув-туз баланси тенгламасидан фойдаланиб, сувнинг минераллашув даражаси баҳоланди ва унинг минераллашувининг рухсат этилган қиймати аниқланди, бу ичимлик суви таъминоти учун мавжудлигини асослади. Дарё ҳавзасида сув ресурслари баланс усуллари асосида дарё суви ҳолатини белгиловчи гидравлик тенгламалар такомиллаштирилди. Мувозанатли дифференциал тенглама шаклидаги модел тузилди.*

Калит сўзлар: *сув ресурслари, сув ресурслари, баланс тенгламалари, дарё ҳавзаси, сув баланси, сув омбори, иқлим ўзгариши, ер ости сувлари сатхи, сувнинг минераллашуви.*

Аннотация. *В статье на основе уравнения водного баланса построено гидравлическое уравнение состояния водного потока бассейна реки Кашкадарья. Рассмотрены уравнения баланса для разработки модели управления водными ресурсами*

бассейна реки. С использованием уравнения водно-солевого баланса оценена степень минерализации воды, а также приделано допустимое значения ее минерализации, чем обоснована доступность для питьевого водоснабжения. На основе методов баланса водных ресурсов в речном бассейне усовершенствованы гидравлические уравнения, определяющие состояние речной воды. Составлена модель в форме балансового дифференциального уравнения.

Ключевые слова: *водные ресурсы, балансовые уравнения, речной бассейн, водный баланс, водохранилище, климатические изменения, уровень грунтовых вод, минерализации воды.*

Annotation: *The article examines balance equations for developing a model for managing water resources in a river basin. On the basis of the equation of water balance, a hydraulic equation of the state of the water flow of the Kashkadarya river basin is compiled. Using the water-salt balance equation, the degree of water mineralization is estimated, and the permissible value of its mineralization is attached, which justifies its availability for drinking water supply. Based on the methods of water resources balance in a river basin, hydraulic equations that determine the state of river water have been improved. A model in the form of a balance differential equation is compiled.*

Keywords: *water resources, wastewater, balance equations, river basin, water balance, reservoir, climate change, groundwater level, water mineralization.*

ВВЕДЕНИЕ

Процесс управления природными системами, в частности речными, имеет свои особенности, они сложны и имеют многообразные входные и выходные параметры, определяющие их состояние. Формирование воды в речных системах зависит, прежде всего, от природных и климатических факторов, величины атмосферных осадков, наличие в зоне формирования ледников и снежников, рельефа местности и природного ландшафта. Вместе с этим на условия и режим формирования стока рек оказывает влияние солнечная радиация - она также обуславливает потери воды на испарение, а геологическая структура территории приводит к потери влаги на глубинные фильтрации. Такие природные факторы образования стока рек не подлежат управлению. Режим формирования стока рек, особенно рек бассейна Аральского моря, характеризуется высокой временной изменчивостью, чем создаются определенные трудности использования воды в условиях аридного климата нашего региона. Острая необходимость ирригации в аридных условиях территории бассейна Аральского моря обусловила необходимость в создании специальных гидротехнических систем управления стоками рек.

Вода уменьшается во многих местах земного шара из-за вмешательства человека и изменчивости климата. Это исследование было проведено для оценки устойчивости воды в бассейне Амударьи, крупнейшем речном водосборе Центральной Азии, с использованием двух спутниковых решений Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) с пространственным разрешением 0,5°.[7]

Пространственная изменчивость устойчивости воды оценивалась путем интеграции надежности, устойчивости и уязвимости. Кроме того, для выявления существенных тенденций в доступности воды использовался модифицированный тест Манна-Кендалла (ММК). Результаты показывают значительное снижение водоснабжения бассейна, особенно после 2010 года. Доступность воды была более изменчивой на востоке и на небольшой территории на юге. Анализ тенденций выявил более высокое снижение доступности воды в диапазоне от −0,04 до −0,08 см/год в тундровой и теплой сухой

континентальной климатической зонах, а также в дельтовой области бассейна, заканчивающейся Аральским морем в холодной пустынной климатической зоне. [1, 2]

Глобальный спрос на воду увеличивался примерно на 1,8% в год за последние 100 лет [2]. Вероятно, он увеличится на 55% к 2050 году, в основном из-за увеличения спроса в обрабатывающей промышленности, производстве гидроэлектроэнергии и бытовом использовании [1]. Таким образом, давление на водную систему будет продолжать расти с ростом населения и экономической активности [3].

Необходимо хорошо понимать устойчивость водных источников, реагируя на эти различные потребности в воде, чтобы избежать препятствий в экономическом развитии и улучшении условий жизни людей [4]. Любые исследования доступности воды должны предоставлять информацию о годовом доступном количестве воды и ее уязвимости, чтобы понять, достаточно ли имеющихся водных источников для удовлетворения спроса [5].

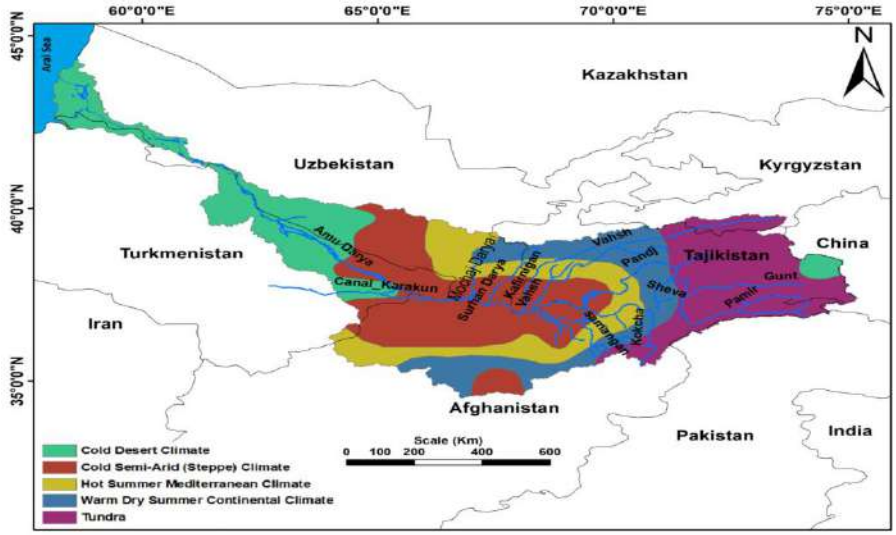


Рис 1. Климатические зоны бассейна реки Амударья.

Как упоминалось ранее, в бассейне Амударьи было проведено несколько исследований для прогнозирования будущих последствий изменения климата, но ни одно подробное исследование не показало устойчивости доступности воды. Иммерзил и др. [6] продемонстрировали, что в бассейне Амударьи отсутствуют исследования с использованием новых методов.

Этим обусловлено создание к концу 80-годов XX столетия на главных реках, Амударья и Сырдарья, систем гидротехнических сооружений: речные водозаборные сооружения, водохранилища ирригационного и энергетического назначения. Они, в свою очередь, способствовали создание на основных реках Амударьинской и Сырдарьинской водохозяйственных систем. Комплекс гидротехнических сооружений на реках способствовал доведению степени управления стоком воды или так называемого коэффициента зарегулированности стока, в Амударье до 0,82, а в Сырдарье до 0,94-0,95. А наблюдаемое в последнее время стремление строительства новых водохранилищных гидроузлов в створах главных рек бассейна Аральского моря приведет к увеличению значения вышеприведенного коэффициента. Амударьинская и Сырдарьинская водохозяйственные системы изначально предназначались, прежде всего, для обеспечения потребностей орошаемого земледелия и для управления стоком воды в соответствие со

специально разработанными правилами, составленными на основе водохозяйственного баланса бассейнов рек. В водохозяйственной практике чаще всего использовались такие понятия, как программное управление водными ресурсами, управление водными ресурсами по административно-территориальному принципу, а также по гидрографическому (бассейновому) принципу. Для осуществления управления процессом использования водных ресурсов на водохозяйственных системах разрабатывались специальные программы управления в форме схемных документов.

Специальные схемы являлись руководящим документом, определяющим общие водохозяйственные условия развития народного хозяйства, регламентирующее распределение водных ресурсов между потребителями и определяющие возможные пределы развития орошения на собственном стоке.

До 90-годов XX столетия широко использовались подходы к управлению и использованию водных ресурсов, названные «Комплексное использование и охрана водных ресурсов». Как продолжение такого подхода к управлению водными ресурсами, в последнее время, получило развитие интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) [8;9;11;].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наблюдаемые в Узбекистане климатические изменения, связанные, прежде всего, с ростом температуры воздуха привели к сокращению объемов снег запасов горных бассейнов и в конечном итоге к сокращению стока и усилению повторяемости маловодья и засухи.

Наиболее уязвимыми к росту температуры воздуха являются малые реки бассейнов Амударьи и Сырдарьи, такие, как Гавасай, Чадак, Падшаата и бассейн реки Кашкадарья, в которых наблюдается значительное сокращение стока и увеличение повторяемости маловодья и засухи, особенно в последнее десятилетие. [11,12.]

Кашкадарьинская область занимает юго - западную часть Узбекистана. Площадь Кашкадарьинской области 28,6 тыс. км^2. В городах и населенных пунктах Кашкадарьинской области проживает 3499,1 млн. человек (стат.данные 2023г).

Кашкадарьинская область граничит на севере с Самаркандской областью, на западе — с Бухарской, на востоке — с Таджикистаном, на юго-востоке — с Сурхандарьинской областью, на юго-западе — с Туркменистаном (рис.2.).

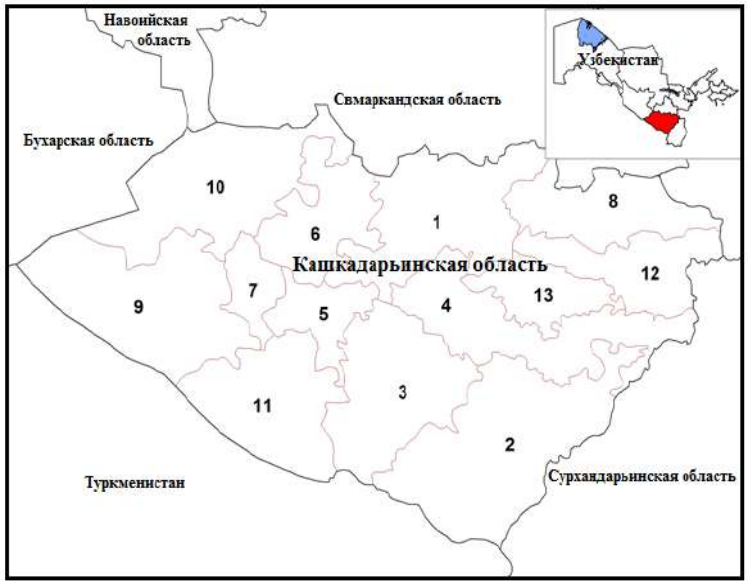


Рис.2. Кашкадарьинская область и ее административные районы

На рис.2. 1-Чиракчинский район; 2-Дехканабадский район; 3-Гузарский район; 4-Камашинский район; 5-Каршинский район и город Карши; 6-Касанский район; 7-Касбийский район; 8-Китабский район; 9-Миришкарский район; 10-Мубарекский район; 11-Нишанский район; 12-Шахрисабзский район; 13-Яккабагский район.

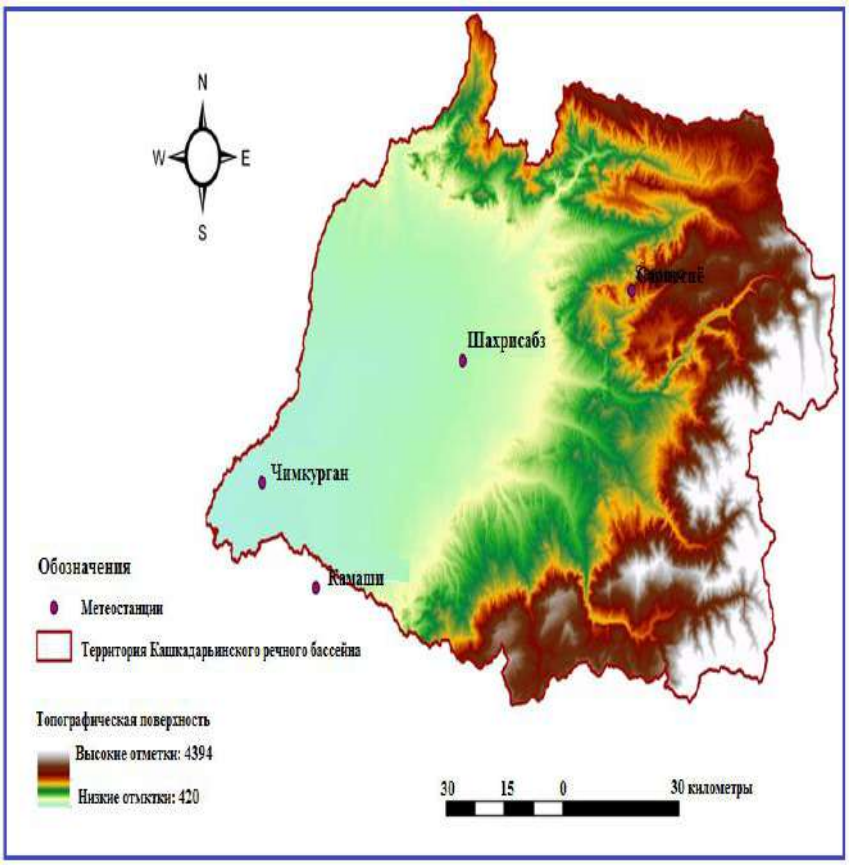


Рис.3. Топографическая поверхность территории Кашкадарьинского речного бассейна и места расположения метеостанций

К юго-западу от осевой части Гиссарского хребта отходят его многочисленные отроги - горы Османтараш, Бешнау, Ишак-Майдан, Хан-Тахта, Майдонан и другие, которые расчленяются долинами рек, составляющих Кашкадарью. Высоты этих хребтов достигают 2000-3500 м (рис.3.).

Крайний юго-восток области занимает среднегорный район (абсолютные высоты 1500-2000 м), также образованный отрогами Гиссарского хребта и расчлененный долинами рек, составляющих Гузардарью.

Для рационального и эффективного использования воды бассейна основной реки Кашкадарьи на территории области возникает необходимость в эффективном сохранении и использовании ее водных ресурсов, недопущения загрязнения воды и водосбережение во всех сферах водопользования. Основным методом достижения таких целей для речных бассейнов является создание эффективного управления водными ресурсами речных бассейнов (ЭУРБ). ЭУРБ по своей структуре, прежде всего, определяется характером местности, условиями формирования и использования водных ресурсов для аридных территорий. В отличие интегрированного управления водными ресурсами ЭУРБ рассматривает также установление потенциала речного бассейна для развития подвешенной к нему территории.[20,21,22]

Из опыта создания ЭУРБ известно, что оно состоит из плана, действия, проверки и оценки, а также обратной связи - от результатов к действиям. ЭУРБ создается на базе

бассейна р.Кашкадарья на основе гидроинформационной технологии. Гидроинформационная технология базируется на систематизации базы данных по речному бассейну, в связи с этим составлена структурная схема формирования и управления водными ресурсами бассейна р.Кашкадарья (рис.4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка модели формирования и управления водными ресурсами речного бассейна р.Кашкадарья. Используя балансовое уравнение для «замкнутого» и «висячего» речного бассейна, составляем баланс воды бассейна реки Кашкадарья:

$$W_{Кашк}(t) = W_{чим}(t) + W_{гис}(t) + W_{прит}(t) - W_{расх}(t) \qquad (3.1)$$

В уравнении (3.1) приняты следующие обозначения:

$W_{кашк}(t)$ - изменение стока воды в бассейне р. Кашкадарья за время *t;*

Поверхностные водные ресурсы р.Кашкадарья полностью зарегулированы (создан механизм для управления водными ресурсами) водохранилищами и другими гидротехническими сооружениями. Самыми крупными водохранилищами в бассейне р.Кашкадарья являются Гиссаракское и Чимкурганское. Они расположены на реке Кашкадарья. [16;17;19]

Емкость чащ Гиссаракского и Чимкурганского водохранилищ способна обеспечить устойчивое управление водными ресурсами во всем бассейне р.Кашкадарья. Водохранилища способны в многолетнем режиме регулировать водные ресурсы бассейна и эта особенность обеспечивает им стать главным «Водным Банком» в бассейне р.Кашкадарья.

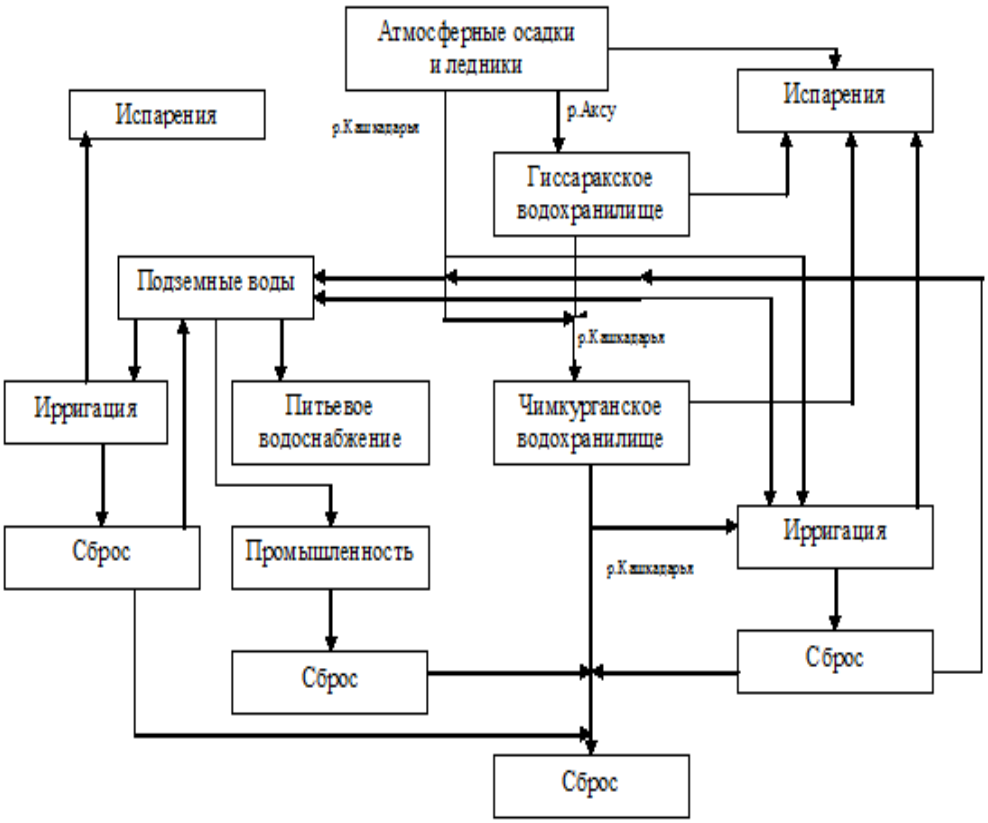


Рис.4. Структурная схема формирования и управления водными ресурсами бассейна р.Кашкадарья.

Пользуясь этими особенностями водохранилищ, нами составлена модель в форме балансового дифференциального уравнения. Для составления балансового дифференциального уравнения воспользуемся следующей схемой (рис.4).

Тогда уравнение баланса бассейна реки Кашкадарья записывается в виде:

$$W_{Кашк}(t) = W_{Чимк}(t) + W_{Гис.}(t) + W_{прит}(t) - W_{расх}(t) \quad (1)$$

В уравнение (1) приняты следующие обозначения:

$W_{кашк}(t)$ - изменение стока воды в бассейне р.Кашкадарья за время *t;*

$W_{гис}(t\ )$ и $W_{чимк}(t\ )$ - объемы воды в «Водном Банке» - в Гиссаракском и Чимкурганском водохранилищах за время ***t***;

$W_{прит}(t)$ — объем всей поступающей воды в бассейн р.Кашкадарья;

$W_{расх}(t)$ - объем потери и объем воды, используемой для различных нужд по бассейну р.Кашкадарья.

Откуда составляющие приходные статьи водного баланса бассейна р.Кашкадарья характеризуется следующим образом:

$$W_{прит}(t) = W_{река}(t) + W_{осад.}(t) + W^{+}_{прит.гв} + W^{+}_{сброс} \quad (2)$$

В уравнении (2):

$W_{река}(t) -$ речной сток, формируемый водосборной зоной рек бассейна Кашкадарьи и поступающий в чащи Гиссаракского водохранилище в м^3/с, определяется по таблице 1 (данные 2009 года).

Таблица 1.

Расход воды в реке Аксу(гидропост Гиссарак, м^3/сек)

I	II	III	IV	V	VI	VIII	VIII	IX	X	XI	XII
64,2	61,8	82,7	218	417	550	414	232	135	98,1	86	72,4

$$W_{река}(t) = \int_{t_0}^{t} Q_{река} dt = Q^0_{река}(t - t_0)$$

При $Q_{река}(t_0) = 0$, тогда

$$W_{река}(t) = Q^0_{река}(t)$$

$$W_{река}(t) = Q^0{}_{река}(t) * 0{,}26 * 10^6 м^3 / мес$$

$W_{осад.}(t)$ - величина атмосферных осадков, определяемая в зависимости от времени года на территории бассейна р.Кашкадарья, без учета водосборной площади, на которой формируется непосредственно сток рек. Площадь в этом случае равна 14240 - 1424= 12816 км^2.

$$W_{осад}(t) = \int_{t_0}^{t} Q_{ос}\ dt = Q^0_{ос}(t)$$

$$Q^0_{ос}(t_0) = 0$$

$$W_{осад.}(t) = Q^0{}_{ос}(t) * 12816 * 10^3 dt(м^3 / мес) \quad (3)$$

$W^{+}_{прит.гв}$ — приток подземных вод, определяемый по зависимости

$$W^{+}_{прит.гв} = \int_{t_0}^{t} Q_{пр.гв} dt = Q^{0}_{пр.гв} \int_{t_o}^{t} dt = Q^{0}_{пр.гв}(t)$$

$$Q^{0}_{пр.гв}(t_0) = 0$$

$$W^{+}_{пр.гв} = Q^{0}{}_{пр.гв}(t) = (0{,}0317 \mu \Delta h_{расх.} F)(t) \qquad (4)$$

где приняты обозначения:

$Q^{0}{}_{пр.гв}$ - расход воды, поступающий из подземных источников в речной бассейн;

0,0317- переводной коэффициент;

μ- коэффициент водоотдачи (в долях единицы), в расчет принят 0,25;

F – площадь месторождения (в нашем случае 1949 км^2).

$\Delta h_{расх.}$ - амплитуда колебания УГВ (при расходовании подземных вод) определяется по таблице 2.

Среднемесячные значения колебания уровня грунтовых вод по скважинам месторождения бассейна р.Кашкадарья при расходовании подземных вод- $\Delta h_{расх}$.

Таблица 2.

Среднемесячные значения колебания уровня грунтовых вод по скважинам месторождения бассейна р.Кашкадарья

Год наб-людение	Месяцы ($\Delta h_{расх.}$ в м.)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2009	3,12	3,15	2,91	2,65	2,33	1,96	1,48	1,29	1,96	2,31	2,72	2,92

$W^{+}_{сбр.}$ - часть использованной воды в промышленности, в питьевом водоснабжение и в ирригации через сбросные каналы попадает обратно в реку. Объем стока воды, формируемого за счет сброса из ирригации, из очистных сооружений и промышленности, которые затем возвращается в р.Кашкадарья (таблица 3).

Таблица 3

Объем возвратного в реку стока воды

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Все-го
Сток м^3/мес	143,2	149,4	151,5	168,4	172,1	183,2	188,6	177,5	159,6	142,3	144,2	146,5	1926,5

Таким образом, приходная часть уравнения водного баланса принимает следующий вид:

$$W_{прит}(t) = W_{река}(t) + W_{осад.}(t) + 15{,}446 \Delta h_{расх}(t) + W^{+}_{сбр.} \qquad (5)$$

Расходные статьи водного баланса бассейна р.Кашкадарья характеризуются следующим образом:

$$W_{расх}(t) = W_{исп.} + W^{-}_{гр.в} + W_{питьев.вод.} + W_{эвапотр.} + W_{промыш..} + W_{рыбхоз} + W_{ирриг.} \qquad (6)$$

В уравнении (6) приняты следующие обозначения:

$W_{исп.}$ - испарение с территории бассейна р.Кашкадарья, площадь бассейна 14240 км^2, для этой территории характерными являются данные метеостанции Чимкурган, принимаем данные 2009 года, которые приводятся в таблице 4.

Таблица 4.

Значения испарения по данным метеостанции Чимкурган

месяцы	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Испарение в мм	77,6	96,3	230,8	230,8	247,3	217,3	110

Тогда

$$W_{эвап.}(t) = Эвап * 14240 \frac{10^6}{10^3} dt = Эвап(вмм) * 14240 * 10^3 dt(м^3/мес) \qquad (7)$$

$W^{-}_{от.вгв}$ - приток к подземным водам, в этом случае изменяется лишь амплитуда колебания подземных вод- $\Delta h_{pr.}$, обусловленная притоком поверхностных вод к источникам подземных вод (для поверхностных вод потери, а для подземных вод приход). Объем оттока поверхностных вод определяется:

$$W^{-}_{от.вгв} = \int_{t_0}^{t} Q^0_{от.гв} dt = Q^0_{от.гв}(t),$$

$$Q^0_{от.гв}(t_0) = 0$$

$$W^{-}_{от.вгв} = Q^o{}_{от.вгв}(t) = (0{,}0317 \mu \Delta h_{пр} F)(t) \qquad (8)$$

Значения амплитуды колебания подземных вод- $\Delta h_{пр}$.

Таблица 5

Значения амплитуды колебания подземных вод- $\Delta h_{пр.}$

Год наблюд	Месяцы $\Delta h_{pr.}$											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2009	2,87	2,91	2,75	2,51	2,22	2,00	1,67	1,44	2,03	2,40	2,65	2,81

Остальные данные для решения уравнения (6) из уравнения (8).

$W_{пит.водосн}$ - объем воды в млн.м^3/мес на коммунальное и хозяйственно-питьевое водоснабжения определяется по таблице 6.

Таблица 6.

Значения расходов воды на коммунальное и питьевое водоснабжения в 2009 году (млн.м^3)

1. Фактическая подача, млн м.куб./месяц												
	I	II	V		I	II	III	X		I	II	того
7 3,61	7 3,58	7 2,49	7 0,47	6 8,95	7 1,27	7 2,76	6 7,22	6 0,98	5 6,88	6 4,54	5 9,1	8 11,85

$W_{эвапотр}$ - расходы воды на эвапотранспирацию - Е растений (в мм/сут, 2009 года определяется по таблице 7).

Таблица 7

Значения расходы воды на эвапотранспирацию растений

Месяцы 2009 года и Е											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

0,54	1,00	1,73	2,50	4,36	5,49	5,94	4,79	3,39	1,86	0,83	0,44

Площадь, занятая сельхозрастениями равна 167926 га. Расход воды на эвапотранспирацию растений

$$W_{эвапот} = \int_{t_0}^{t} E^0 dt = E^0(t - t_0)$$

$$E^0(t_0) = 0$$

$$W_{эвапот} = E^0(t) * 16792 * 10^4 * 30/10^3 = E^0(t) * 5{,}04 млн.м^3 / мес$$

$W_{инд}$ -объем воды на промышленность и безвозвратное водопотребление теплоэнергетики, составляет 1 млн. м^3/месяц

$W_{рыба}$ - объем воды для рыбной промысле в бассейне р.Кашкадарья

$W_{ирг}$ -использование воды для ирригации, определяется по таблице 8.

Таблица 8

Использование воды для ирригации

Месяцы	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	Всего за вегета-цию
Расход воды W_{agr} млн.м^3/мес	104,802	129,613	200,506	283,937	210,562	101,531	1030,951

С учетом полученных данных относительно водных ресурсов бассейна реки Кашкадарья балансовое уравнение можно переписать в виде.

$$W_{кашк}(t) = W_{чимк}(t) + W_{гисс}(t) +$$
$$\left[Q^0{}_{рек}(t) * 0{,}26 * 10^6 + Q^0{}_{осад}(t) * 12{,}8 * 10^6 + \right.$$
$$\left. + 15{,}446 \Delta h_{расх}(t) * F + W^{+}_{сбр} \right] -$$
$$- (E^0{}_{исп} 14{,}2 * 10^6(t) + 0{,}0317 \mu \Delta h_{пр}(t) F + \qquad (9)$$
$$+ W_{пит.вод} + E^0(t) * 5{,}04 * 10^6 + 1 + W_{ирг})$$

Чимкурганское водохранилище совместно с Гиссаракским являются определяющим банком воды для обеспечения в необходимое время водой территории бассейна р.Кашкадарья. Наличие объема воды в водохранилище определяет водообеспеченность территории бассейна.[13;14,15]

ОБСУЖДЕНИЕ

В результате решения балансового уравнения также определяются состояние и использование водных ресурсов бассейна р.Кашкадарья, т.к. $W_{Кашк}(t)$ показывает какое объем воды остается в бассейне для поддержания его экологического состояния и какое количество воды сбрасывается за пределы речного бассейна.

$W_{гис}(t)$ и $W_{чим}(t)$ - объемы воды в водном банке - в Гиссаракском и Чимкурганском водохранилищах за время ***t***;

$W_{прит}(t)$ — объем всей поступающей воды в бассейн р.Кашкадарья;

$W_{расх}(t)$ - объем потери и объем воды, используемой для различных нужд по бассейну р.Кашкадарья.

Откуда составляющие приходные статьи водного баланса бассейна р.Кашкадарья характеризуются следующим образом:

$$W_{прит}(t) = W_{река}(t) + W_{осад.}(t) + W^{+}_{прит.гв}(t) + W^{+}_{сброс}(t) \qquad (10)$$

В уравнении (3.10) $W_{река}(t)$ — речной сток, формируемый водосборной зоной рек бассейна Кашкадарьи и поступающий в чащи Гиссаракского и Чимкурганского водохранилищ расход воды реки-$Q_{река}$ в м^3/с

$$W_{река}(t) = \int_{t_0}^{t} Q_{река}(t)dt = Q_{река}(t - t_0) \qquad (11)$$

При $Q_{река}(t_0) = 0$, тогда

$$W_{река}(t) = Q^{0}_{река}(t) * t \qquad (12)$$

$W_{осад.}(t)$ - величина атмосферных осадков, определяемая в зависимости от времени года на территории бассейна р.Кашкадарья.

$$W_{осад.}(t) = \int_{t_0}^{t} Q_{осса}(t)dt = Q^{0}_{осса}(t) * t \qquad (13)$$

$Q^{0}_{осад}(t_0) = 0$ $W^{+}_{прит.гв}(t)$ приток подземных вод, определяемый по зависимости

$$W^{+}_{прит.гв}(t) = \int_{t_0}^{t} Q_{прит.гв}(t)dt = Q^{0}_{прит.гв} \int_{t_o}^{t} dt = Q^{0}_{прит.гв}(t) * t \qquad (14)$$

$$Q^{0}_{прит.гв}(t_0) = 0$$

$W^{+}_{сбр}(t)$ - часть использованной воды в промышленности, в питьевом водоснабжении и в ирригации, попадающая обратно в реку через сбросные каналы.

Таким образом, приходная часть уравнения водного баланса принимает следующий вид:

$$W_{прит}(t) = Q^{o}_{река} * t + Q^{0}_{осад} * t + Q^{0}_{прит.гв} * t + W^{+}_{сброс}(t) \qquad (15)$$

Расходные статьи водного баланса бассейна р.Кашкадарья характеризуются следующим образом:

$$W_{расх}(t) = W_{исп}(t) + W^{-}_{от.гв}(t) + W_{водосн}(t) + W_{ирриг}(t) \qquad (16)$$

или

$$W_{расх}(t) = E^{0}_{исп}(t) * t + Q^{0}_{от.гв}(t) * t + W_{водосн}(t) + W_{ирриг}(t) \qquad (17)$$

В уравнении приняты следующие обозначения:

$W_{испар}(t)$ - испарение с территории бассейна р. Кашкадарья

$W^{-}_{от.гв}(t)$ - отток к подземным водам определяется,

$W_{водосн}(t)$ -расход воды на хозяйственно-питьевое и промышленное водоснабжения

$W_{ирриг}(t)$ - использование воды для ирригации.

На основании полученных выражений (15) и (17) окончательно имеем

$$W_{кашк}(t) = W_{чимк.}(t) + W_{гис}(t) + [Q^0_{река}(t) * t + Q^0_{осад}(t) * t + Q^0_{прит.гв}(t) * t + W_{сброс}(t)] - -[E^0_{исп}(t) * t + Q^0_{от.гв}(t) * t + W_{водосн}(t) + W_{ирриг}(t)] \quad (18)$$

А для имитационного моделирования качественного изменения, особенно минерализации воды, вдоль русла реки Кашкадарья в связи с интенсивным использованием водных ресурсов бассейна р.Кашкадарьи пользуемся балансовыми уравнениями, полученными применительно для р. Кашкадарья:

Уравнение водно-солевого баланса

$$(W_{кашк} * c_к)(t) = (W_{чимк.} * c_ч)(t) + (W_{гис} * c_{гис})(t) + (W_{сброс} * c_{сбр}(t) + [(Q^0_{река} * c_р)(t) * t + (Q^0_{осад} * c_{осад})(t) * t + (Q^0_{прит.гв} * c_{гв})(t) * t] - -[(E^0_{исп} * c_{осад})(t) * t + (Q^0_{от.гв} * c_{гв}) * t + (W_{водосн} * c_в)(t) + (W_{ирриг} * c_{ирр})(t)] \quad (19)$$

и уравнение для оценки минерализации воды реки Кашкадарья

$$C_к(t) = \frac{(W_{чимк.} * c_ч)(t) + (W_{гис} * c_{гис})(t) + (W_{сброс} * c_{сбр}(t) + [(Q^0_{река} * c_р)(t) * t + (Q^0_{осад} * c_{осад})(t) * t + (Q^0_{прит.гв} * c_{гв})(t) * t] - -[(E^0_{исп} * c_{осад})(t) * t + (Q^0_{от.гв} * c_{гв}) * t + (W_{водосн} * c_в)(t) + (W_{ирриг} * c_{ирр})(t)]}{W_{каш}} \quad (20)$$

В уравнениях приняты следующие обозначения:

$W_{кашк}(t)$ - изменение стока воды в бассейне р.Кашкадарья за время *t;*

$C_к$ - минерализация воды в замыкающем створе р.Кашкадарья

$W_{гис}(t)$ и $W_{чим}(t)$ - объемы воды в «Водном Банке» - в Гиссаракском и Чимкурганском водохранилищах за время ***t***;

$c_{гис}, c_ч$ - минерализация воды на выходе из Гиссаракского и Чимкурганского водохранилищ

$W_{прит}(t)$ — объем всей поступающей воды в бассейн р.Кашкадарья

$c_п$ - минерализация воды, поступающей в реку Кашкадарья

$W_{расх}(t)$ - объем потери и объем воды, используемой для различных нужд по бассейну р.Кашкадарья

$(W_{водосн} * c_{вод})$ - расход воды на хозяйственно-питьевое и промышленное водоснабжения с минерализацией воды - $c_{вод}$

$(W_{ирриг} * c_{ирр})$ - использование воды с минерализацией- $c_{ирр}$ для ирригации

$(W_{испар} * c_{исп})$ -испарение из территории бассейна р.Кашкадарья.

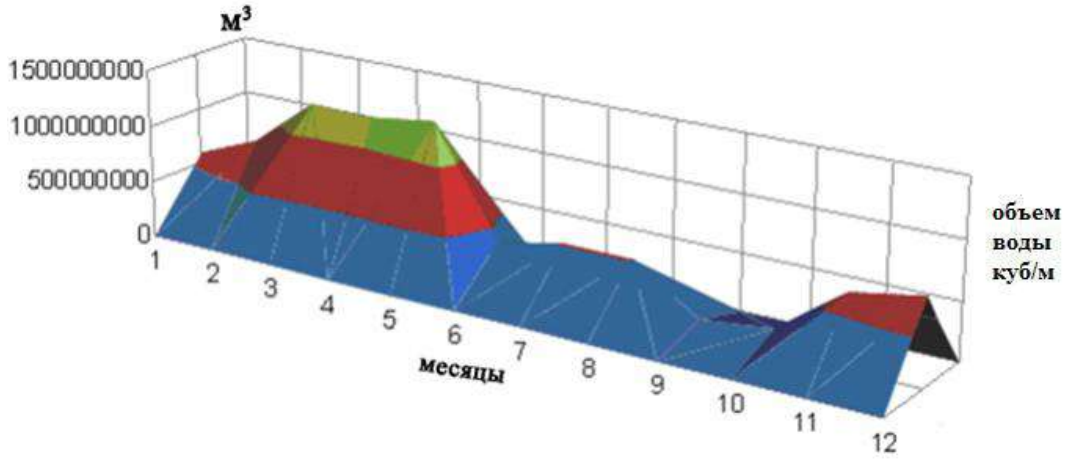


Рис.5. Имитация модели управления водными ресурсами с использованием данных 2009 года

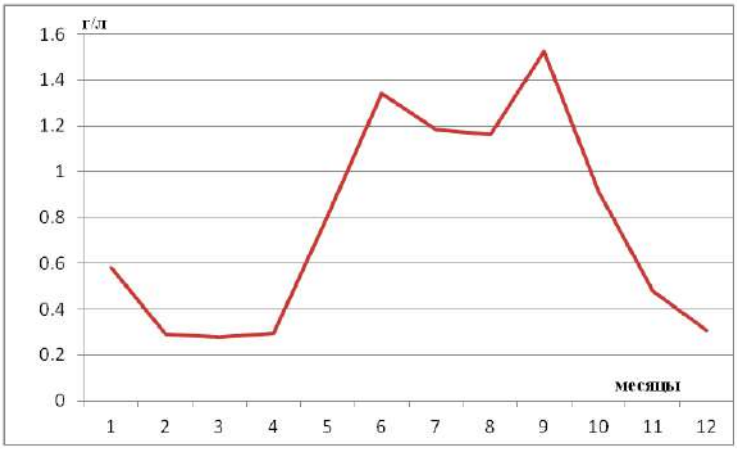


Рис.6. Изменение минерализации воды в реке в результате интенсивного использования речной воды для целей орошения (по состоянию на 2009 г.)

С использованием материалов обследования Кашкадарьинского речного бассейна и фондовых материалов УзГИДРОМЕТа, а также Минсельводхоза Республики Узбекистан проведены численные эксперименты с использованием уравнений (19 и 20), результаты которых отражены на графике (рис.6)

Полученные графические выражения дают основание сделать вывод о том, что для речного бассейна самое сложное состояние возникает в период вегетации сельскохозяйственных культур: с апреля по сентябрь месяцы, после которого влияние негативного воздействия человеческих факторов снижается. Тем не менее, состояние речного бассейна после прекращения воздействия орошения нельзя также считать благоприятной, так как для полного восстановления природных особенностей речного бассейна недостаточны количественные и качественные составляющие, подаваемой воды в реку из водохранилищ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Признание того, что доступ к безопасным, имеющимся в достаточном количестве водным ресурсам, наряду с санитарией относится к основным правам человека и имеет существенно важное значение для здоровья и благосостояния людей, а также расширение прав и возможностей людей.

На основе усовершенствования водно-солевых балансовых уравнений достигнута возможность оценки изменения концентрации химических элементов в речной воде. Составлена гидравлическое уравнение состояния водного потока Кашкадарьинского речного бассейна. С использованием уравнения водно-солевого баланса оценена степень минерализации воды, а также приделано допустимое значения ее минерализации, чем обоснована доступность для питьевого водоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдусаматов М., Латипов Р.Б. Рекомендации по предупреждению и разрешению конфликтных ситуаций при распределении и использовании водных ресурсов. Душанбе: Мир полиграфии, 2003,-73с.

2. Агальцева Н. А. Оценка влияния климатических изменений на располагаемые водные ресурсы в бассейне Аральского моря. Диалог о воде и климате: исследование бассейна Аральского моря. -Ташкент: Научно-информационный центр МКВК, 2002. С.3-60.

3. Асанбеков А.Т., Маматканов Д.М., Шавва К.И., Шапар А.К. Экономический механизм управления трансграничными водными ресурсами и основные положения стратегии межгосударственного вододеления. Бишкек: Изд. ИВПГ, 2000. -44с.

4. Connor, R. The *United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*; UNESCO publishing: Paris, France, 2015; Volume 1. [**Google Scholar**]

5. Wada, Y.; Flörke, M.; Hanasaki, N.; Eisner, S.; Fischer, G.; Tramberend, S.; Ringler, C. Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geosci. Model. Dev.* **2016**, *9*, 175–222. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**Green Version**]

6. Boretti, A.; Rosa, L. Reassessing the projections of the world water development report. *NPJ Clean Water* **2019**, *2*, 15. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]

7. Rathnayaka, K.; Malano, H.; Arora, M. Assessment of sustainability of urban water supply and demand management options: A comprehensive approach. *Water* **2016**, *8*, 595. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**Green Version**]

8. Padowski, J.C.; Jawitz, J.W. Water availability and vulnerability of 225 large cities in the United States. *Water Resour. Res.* **2012**, 48. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**Green Version**]

9. Immerzeel, W.; Lutz, A.; Droogers, P. *Climate Change Impacts on the Upstream Water* Resources of the Amu and Syr Darya River Basins; FutureWater: Wageningen, The Netherlands, 2012. [Google Scholar

10. Obaidullah Salehie 1,2,Tarmizi bin Ismail 1,Shamsuddin Shahid 1,Mohammed Magdy Hamed 3,Pennan Chinnasamy [4]Xiaojun Wang Assessment of Water Resources Availability in Amu Darya River Basin Using GRACE Data. **Water Resources Management, Policy and Governance**)MDPI-2022 *Water* **2022**, *14*(4), 533; **https://doi.org/10.3390/w14040533**

11. Д.Х.Кучкарова ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК- Диссертация. Ташкент -2018

12. Авакян А.Б., Широков В.М. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. –М.: Наука, 1990, -240 с.

13. Асанбеков А.Т., Маматканов Д.М., Шавва К.И., Шапар А.К. Экономический механизм управления трансграничными водными ресурсами и основные положения стратегии межгосударственного вододеления. Бишкек: Изд. ИВПГ, 2000. -44с.

14. Бабкин В.И. Взаимосвязь элементов водного баланса речных бассейнов. Труды ГГИ, 1979. Вып. 260. -С. 26-38.

15. Бабкин В.И., Вуглинский В.С. Водный баланс речных бассейнов.-Л.:Гидрометеоиздат,1982. -191с.

16. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.:Наука.1987.600с

17. Biswas A.K. "Management of international waters: problems and perspective", Water Recourses Development,2003, p. 167-188.

18. Бочков А.П. Составления водных балансов речных бассейнов за конкретные интервалы времени. Труды ГГИ, 1974. Вып. 217 -С.3-41.

19. Браславский А.П., Щергина К.Б. Потери на испарение из водохранилищ засушливой зоны Казахстана. -Алма-Ата. -Наука. 1965. -228 с

20. Браславский А.П., Струзер Л.Р., Шергина К.Б. Методика определения исправленных величин атмосферных осадков при срочных наблюдениях. Труды ГГО ,1975. вып.341. -С. 32-50.

21. Якубов М.А., Кучкарова Д.Х. Особенности современной гидрохимической ситуации в Кашкадарьинской области. Экологический Вестник, 2009. –С. 29-31.

22. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. Главное Управление по гидрометеорологии при Кабинете Министров Республики Узбекистан, САНИГМИ им. В.А.Бугаева. Ташкент, 2000.

23. Чуб В.Е. Возможности спутниковой информации при мониторинге объектов природной среды Узбекистана. «Space Research, Technologies and conversion –IV» - Conference.Tashkent, 1999. –P. 38-40.

ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ВА УНИНГ АМУДАРЁ ҲАВЗАСИ ДАРЁЛАРИ МАКСИМАЛ СУВ САРФЛАРИНИНГ ШАКЛЛАНИШИГА ТАЪСИРИ

Б.Ф.Ҳикматов,[1] А.З.Умаров[2]
[1]Ўзбекистон Республикаси Фуқаро муҳофазаси ниститути
[2]Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети,

Аннотация. *Мақола иқлим ўзгариши ва унинг Амударё ҳавзаси дарёлари максимал сув сарфларининг шаклланишига таъсирини ўрганишга бағишланган. Ўрганилаётган ҳавзада жойлашган дарёларнинг ўртача кўп йиллик сув сарфлари ва ўртача кўп йиллик максимал сув сарфлари аниқланган. Дарёларнинг эмпирик ифодалар ёрдамида ҳисобланган ва амалда кузатилган максимал сув сарфлари орасидаги боғланишлар статистик баҳоланган ва ҳисоблашлар натижалари таҳлил қилинган.*

Калит сўзлар**:** *дарё, ҳавза майдони, дарё оқими, максимал сув сарфи, ҳисоблаш ифодалари, баҳолаш.*

Аннотация. *Статья посвящена вопросам изучению изменение климата и его влияние на максимальные расходы воды рек бассейна Амударьи. Определены значения среднегодовых расходов воды и среднегодовых многолетних максимальных расходов воды рек изучаемого бассейна. Произведена статистическая оценка связи между рассчитанными с помощью эмпирических выражений и фактически наблюденными значениями максимальными расходов воды, изучаемых рек и выполнен анализ результатов расчетов.*

Ключевые слова: *река, площадь бассейна, речной сток, максимальные расходы воды, расчётные формулы, оценка.*

Аннотация. *This article examines climate change and its impact on the maximum water discharges of rivers in the Amu Darya basin. The average annual water discharges and average*

annual long-term maximum water discharges of the rivers in the studied basin are determined. A statistical assessment of the relationship between the maximum water flow rates of the rivers under study, calculated using empirical expressions and actually observed values, was carried out, and an analysis of the calculation results was performed.

Key words: *river, basin area, river runoff, maximum water discharge, calculation, formulae, assessment.*

КИРИШ

Амударё ҳавзаси нафақат Марказий Осиёнинг, балки Евросиё материгининг энг катта миқдорда сув оқими ҳосил бўладиган ҳудудларидан бири ҳисобланади. Ҳавза Амударёнинг кўплаб сондаги трансчегаравий йирик ирмоқларини ўз ичига олади. Амударё ҳавзасининг асосий гидрологик хусусиятларидан бири шундан иборатки, бу ердаги дарёлар оқимининг шаклланишида эриган қор ва музлик сувлари уларнинг тўйинишида асосий манба ҳисобланади. Ҳавзада баҳорнинг охирги ойлари ва ёз фаслида қор-музликларнинг жадал эриши натижасида, дарёларда сув сарфлари максимал қийматларга эришади [2]. Маълумки, дарёларнинг максимал сув сарфларини аниқ миқдорий баҳолаш гидротехник иншоотларни лойиҳалаш, сел хатарларининг олдини олиш ва сув ресурсларини бошқаришда катта амалий аҳамиятга эга. Шу туфайли, эриган қор ва музликлар сувларидан шаклланган максимал сув сарфларининг миқдорий қийматларини аниқлаш дарёларда тошқин хавфини баҳолаш ва гидротехник иншоотларни лойиҳалаш жараёнларида юзага келадиган муаммоларни ҳал этишда **долзарб** илмий ва амалий аҳамятга эга.

Тадқиқотнинг асосий **мақсади** Амударё ҳавзасидаги тоғ дарёларида эриган қор ва музликлар сувлари ҳисобига шаклланадиган максимал сув сарфларини ҳисоблаш масалаларига қаратилган. Ушбу мақсадни амалга ошириш учун тадқиқотда қуйидаги **вазифалар** белгилаб олинди ва ўз ечимини топди: 1) Амударё ҳавзасидаги эриган қор ва музликлардан устувор ҳолатда тўйинадиган тоғ дарёларини танлаб олиш; 2) улар ҳавзаларининг морфометрик кўрсаткичларини, жумладан, ҳавза майдони, ҳавзанинг ўртача баландлигини аниқлаш; 3) дарёларнинг ўртача кўп йиллик ва максимал сув сарфлари ҳақидаги маълумотларни тўплаш; 4) ўртача кўп йиллик максимал сув сарфларини ҳисоблаш; 5) ҳисобланган ва кузатилган максимал сув сарфлари орасидаги боғланишни статистик баҳолаш.

Ишни бажариш жараёнида Амударё ҳавзасида жойлашган тоғ дарёларида кузатилган ўртача ва максимал оқим модуллари ҳақидаги маълумотлар “Гидрологическая характеристика верхней части бассейна Амударьи” монографиясидан олинган [2]. Тадқиқот жараёнида географик умумлаштириш ва таққослаш, ўрганилаётган дарёлардаги максимал сув сарфларни миқдорий баҳолашда математик статистика ва замонавий гидрологик **ҳисоблаш усуллари** қўлланилди.

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ МУҲОКАМАСИ

Амударё ҳавзасидаги тоғ дарёларида шаклланган максимал сув сарфларини тадқиқ этишнинг умумий назарий ва услубий қирралари дастлаб В.Л.Шульц, Ю.М.Денисов, Г.Е.Глазырин, А.Ф.Шаҳидов, Г.Н.Трофимов каби олимлар томонидан ўрганилган. Ҳозирги кунда ушбу йўналишдаги тадқиқотлар С.В.Мягков, Ф.Ҳикматов, Б.Дж.Салимова, Б.Ф.Ҳикматов, А.Я.Исакова ва бошқалар томонидан давом эттирилмоқда.

Амударё ҳавзаси дарёлари максимал сув сарфларининг миқдорий қийматлари улар ҳавзаларига ёғадиган атмосфера ёғинлари миқдори, уларнинг тури ва ҳаво ҳароратига боғлиқ. Жумладан, Амударё ҳавзасидаги тоғ дарёлари асосан эриган қор ва музликлар сувлари ҳисобига тўйиниб, уларнинг максимал сув сарфлари айнан шу сувлардан шаклланади. Бироқ, йирик дарёлар ҳавзаларининг қуйи қисмида жойлашган ирмоқлари максимал сув

сарфларининг шаклланишида ёмғир сувлари ҳам муҳим омил ҳисобланади.

Илмий манбаларда қайд этилишича, айрим йилларда ҳавзанинг юқори – тоғли ҳудудларида жойлашган, асосан, музлик ва қор сувлари ҳисобига тўйинадиган Вамар ва Рохарв каби дарёлар максимал сарфларининг асосий манбаи сифатида ёмғир сувлари қайд этилган [2, 3, 4]. Таъкидлаш лозимки, мазкур тадқиқотда бундай ҳолатлар кузатилган дарёлар биз танлаган дарёларнинг умумий сонига нисбатан 10%дан кам улушни ташкил этади. Шу туфайли, ҳисоб-китобларда ёмғир сувларининг таъсири эътиборга олинмади.

Гидрологияга оид тадқиқотларда асосий эътибор максимал оқим модулини ҳисоблашга қаратилган. Бу борада тадқиқотчилар томонидан бир қанча эмпирик ифодалар тавсия этилган. Жумладан, В.Л.Шульц маълумотларига кўра, максимал оқим модули (M_{max}) билан дарёнинг ҳавза майдони (F) орасидаги боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$M_{max}=\frac{A}{F^n}, \qquad (1)$$

бу ерда: А-эмпирик боғланиш коэффициенти бўлиб, Амударё ва Зарафшон ҳавзалари учун А =545, n – даражаси кўрсаткичи: n =0,28.

Профессор Шульц ва бошқалар максимал оқим модули (M_{max}) билан ўртача кўп йиллик оқим модули (M_0) орасидаги боғланишни статистик баҳолаб (r=0,83), қуйидаги эмпирик ифодани таклиф:

$$M_{max}=8{,}27 \bullet M_0^{0{,}75} \qquad (2)$$

Юқорида номлари қайд этилган тадқиқотчилар томонидан амалга оширилган изланишларда юқоридаги ҳар икки аргумент (F, M_o) биргаликда ҳисобга олиниб қуйидаги эмпирик ифода таклиф этилган.

$$M_{max}=23{,}8\cdot\frac{M_0^{0{,}71}}{F^{0{,}10}}. \qquad (3)$$

Юқорида келтирилган (3) ифода билан аниқланган максимал оқим модуллари (M_{max}) ва уларнинг қийматлари асосида ҳисобланган максимал сув сарфлари (Q_{max}) қуйидаги ифода билан аниқланди.

$$Q_{max}=\frac{M_{max}\cdot F}{10^3}, (м^3/с) \qquad (4)$$

Амударё ҳавзаси дарёлари ўртача кўп йиллик максимал сув сарфларининг юқоридаги (4) эмпирик ифода билан ҳисобланган қийматлари ҳамда уларнинг амалдаги кузатилган миқдорлари ўзаро солиштирилди (1-жадвал).

1-жадвал

Ҳисобланган ($Q_х$) ва кузатилган ($Q_к$) максимал сув сарфлари миқдорларини ўзаро таққослаш

Т.р.	Дарё - кузатиш жойи	Максимал сув сарфлари		Фарқлар	
		$Q_х$, м³/с	$Q_к$, м³/с	$\Delta Q_{абс}$, м³/с	$\Delta Q_н$, %
Панж дарёси ҳавзаси					
1	Ғунт–Хорог	456,3	549,0	92,7	16,9
2	Шохдара–Хабост	167,2	207,7	40,5	19,5
3	Лянгар–Ирхт	21,9	18,3	-3,6	-19,4
4	Кудара–қуйилиши	167,9	171,9	4,1	2,4
5	Язгулем–Мотравн	149,2	168,2	19,0	11,3
6	Ванч–Ванч	181,2	205,4	24,2	11,8
7	Пасрут–Пинион	24,6	16,0	-8,6	-54,0
Вахш дарёси ҳавзаси					
8	Вахш– Гарм	1094,0	1398,0	304,0	21,7
9	Вахш–Туткаул	2250,7	2339,4	447,6	19,1
10	Сангикар– Сангикар	46,1	46,9	0,7	1,6
11	Обихингоу–Лябиджар	800,1	811,8	128,7	15,9

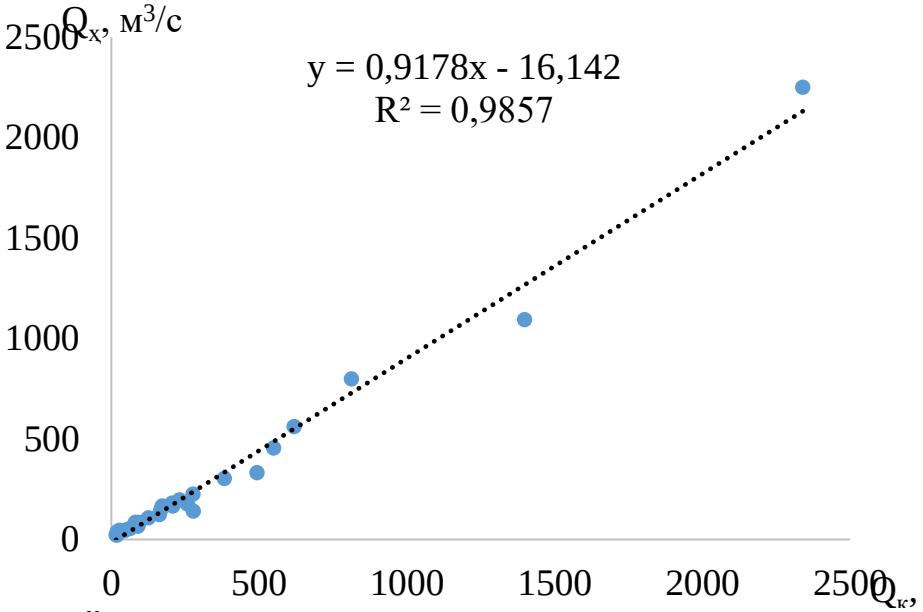
12	Обихингоу–Сангвор	177,5	257,6	80,1	31,1
13	Сурхоб–Сангималик	227,0	276,3	49,3	17,8
14	Кафирниган–Чинор	332,6	492,5	159,9	32,5
15	Варзоб–Гушари	108,4	126,0	17,6	14,0
Сурхондарё ҳавзаси					
16	Қоратоғ–Қоратоғ	85,5	94,4	8,9	9,4
17	Дашнабод–Дашнабод	44,8	39,2	-5,6	-14,2
18	Тўпаланг–Зарчоб	197,6	231,0	33,4	14,5
19	Сангардак–Кинг-Гузар	66,9	90,1	23,2	25,7
20	Шерабод–Шерабод	45,1	43,7	-1,5	-3,4
Зарафшон дарёси ҳавзаси					
21	Зарафшон–Фандарё қуйилиши	305,0	382,7	77,7	20,3
22	Зарафшон–Дупили	563,0	618,1	55,1	8,9
23	Фандарё–қуйилиши	142,1	277,8	135,7	48,8
24	Ягнобдарё–Такфон	124,9	162,4	37,5	23,1
25	Искандардарё–қуйилиши	85,7	81,7	-4,0	-4,8
26	Саритоғ–қуйилиши	56,6	63,9	7,3	11,4
27	Магиан–Суджини	46,4	26,6	-19,8	-74,4
28	Кштут–Кштут	39,3	20,8	-18,5	-88,6

Изоҳ: $\Delta Q_{абс}$ *– абсалют фарқ;* $\Delta Q_{нис}$ *– нисбий фарқ.*

Максимал сув сарфларининг ҳисобланган ва амалда кузатилган миқдорий қийматларини ўзаро таққослаш мақсадида, уларнинг абсолют ва нисбий катталикларда ифодаланган фарқлари аниқланди (1-жадвал). Таҳлилларга кўра, айрим ҳолатларда ҳисобланган максимал сув сарфи кузатилган максимал сув сарфидан юқори бўлган. Масалан, Вахш (Гарм) дарёсида кузатилган максимал сув сарфи 1094 м^3/с га тенг бўлса, унинг ҳисобланган қиймати 1398 м^3/с ни ташкил этди. Ушбу ҳолатда нисбий фарқ 21,7% га тенг бўлди, аниқроғи, ҳисобланган максимал сув сарфи унинг кузатилган қийматига нисбатан катта бўлган. Шунингдек, Вахш-(Тутқаул) ва Кафирниган (Чинор) дарёларида ҳам ҳисобланган қийматлар кузатилганга нисбатан сезиларли даражада фарқ қилган, яъни мос равшда 19,1% ва 32,5% га катта бўлган. Бироқ, баъзи ҳолатларда ҳисобланган максимал сув сарфлари миқдори уларнинг кузатилган қийматларидан кам бўлган. Ушбу фарқлар Пасрут-(Пинион), Магиан-(Суджини) ва Кштут-(Кштут) дарёларига тегишлидир.

Тадқиқотнинг кейинги босқичида, Амударё ҳавзаси дарёларининг ўртача кўп йиллик максимал сув сарфларининг ҳисобланган ва кузатилган қийматлари орасидаги боғланиш статистик баҳоланди (1-расм).

Графикда максимал сув сарфларининг ҳисобланган ($Q_х$) ва кузатилган ($Q_к$) қийматлари орасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициенти r=0,997 га, тенг бўлди. Ушбу натижа ўрганилган дарёлар максимал сув сарфларини баҳолашда В.Л.Шульц томонидан таклиф этилган эмпирик ифодани гидрологик ҳисоблашлар амалётида қўллаш нисбатан аниқ натижаларга эришиш мумкинлигини кўрсатди.



1-расм. Ўртача кўп йиллик максимал сув сарфларининг ҳисобланган ва кузатилган қийматлари орасидаги боғланиш графиги

Тадқиқот натижаларининг таҳлилларига таянган ҳолда, қуйидагиларни **хулоса** сифатида қайд этамиз:

1. Амударё ҳавзасидаги 28 та тоғ дарёларига тегишли бўлган кўп йиллик ўртача ва максимал оқим модуллари ҳақидаги маълумотлар тўпланди, улар умумлаштириб, бирламчи қайта ишланди ва гидрологик маълумотлар базаси яратилди;

2. Дарёлар максимал сув сарфларининг В.Л.Шульц таклиф этган эмпирик ифода ёрдамида ҳисобланган ва кузатилган миқдорлари солиштирилди. Улар орасидаги фарқлар аниқланди. Энг катта тафовутлар Вахш (Гарм)да 21,7% га, Вахш (Тутқаул) ва Кофирниҳон (Чинор)да, мос равишда, 19,1% ва 32,5% ни ташкил этди;

3. Дарёлар ўртача кўп йиллик максимал сув сарфларининг эмпирик ифода асосида ҳисобланган ва кузатилган қийматлари орасидаги боғланиш статистик баҳоланди (r=0,997). Келгусида юқорида, тадқиқот жараёнида олинган натижаларга янада аниқлик киритиш имкониятлари мавжуд.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Средняя Азия. Бассейн р. Амударьи. Т.14. Вып 3. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 471 с.

2. Шульц В.Л., Шалатова Л.И., Лукина Н.К., Видинеева Е.М. Гидрологическая характеристика верхней части бассейна Амударьи. – Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1975. – 123 с.

3. Шульц В.Л. Указания к производству расчетов речного стока в условиях Средней Азии. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1959. – С. 5-72.

4. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ч. I и II. – Л. Гидрометеоиздат, 1965. – 691 с.

5. Ҳикматов Б.Ф. Дарёлар ва тўғонли сув ҳавзаларидан оқиб чиқадиган эҳтимолий максимал сув сарфларини ҳисоблаш. –Тошкент: IRNMU, 2023. – 184 б.

ИҚЛИМ ЎГАРИШИ ШАРОИТИДА ЗАРАФШОН ҲАВЗАСИ МУЗЛИКЛАРИНИНГ ГЛЯЦИОГИДРОЛОГИК КЎРСАТКИЧЛАРИНИ АНИҚЛАШ МАСАЛАЛАРИ

Ҳикматов Ф., Алимардонов Л.Ғ.
Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

Аннотация. *Мақола иқлим ўгариши шароитида Зарафшон ҳавзаси музликларининг гляциогидрологик кўрсаткичларини аниқлаш масалаларига бағишланган. Тадқиқот Зарафшон дарёси ҳавзаси музликлари ҳақида гляциологик манбаларда келтирилган маълумотлар асосида бажарилган. Зарафшон дарёси ва ирмоқлари ҳавзаларининг гляциогидрологик кўрсаткичлари аниқланган ҳамда улар ўзаро қиёсланган.*

Калит сўзлар: *дарё, дарё ҳавзаси, тоғ музликлари, музланиш коэффициэнти, музлик оқими ҳажми, баҳолаш, солиштириш.*

Аннотация*. Статья посвящена вопросам определения гляциогидрологических показателей ледников Зеравшанского бассейна в условиях изменения климата. Исследование выполнено на основе данных, представленных в гляциологических источниках по ледникам бассейна реки Зеравшан. Определены гляциогидрологические показатели бассейнов реки Зеравшан и ее притоков, а также произведено их сопоставление.*

Ключевые слова: *река, речной бассейн, горные ледники, коэффициент оледенения, объём ледникового стока, оценка, сопоставление.*

Annotation. *This article examines the glaciohydrological parameters of glaciers in the Zeravshan Basin under climate change. The study is based on data from glaciological sources on glaciers in the Zeravshan River basin. Glaciohydrological indicators of the Zeravshan River basins and its tributaries were determined, and their comparison was made.*

Keywords: *river, river basin, mountain glaciers, glaciation coefficient, glacier runoff volume, assessment, comparison.*

КИРИШ

Ер юзасидаги, жумладан, Ўрта Осиё тоғ дарёларининг тўйинишида музликларнинг аҳамияти беқиёсдир. Шу туфайли, дарёлар ҳавзаларидаги музликларни ҳар томонлама ўрганиш, айниқса, уларнинг гляциогидрологик кўрсаткичларини аниқлаш ҳамда ушбу катталиклардан тегишли илмий ва амалий хулосалар чиқариш, улардан тўйинувчи дарёларнинг сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини оширишда муҳим аҳамиятга эга. Бугунги кунда ушбу масалани республикамизнинг Самарқанд, Навоий, Бухоро, Жиззах ва Қашқадарё вилоятларининг сувга бўлган барча эҳтиёжларини таъминлайдиган Зарафшон дарёси ҳавзаси музликлари мисолида кўриб чиқиш янада **долзарб**дир.

Олимларнинг Зарафшон дарёси ҳавзаси музликларини ўрганиш масалаларига оид тадқиқотларда ҳавзадаги музликларга умумий тавсиф берилган, музликлар катологлари тузилган, улар асосида музликларнинг тоғ тизмалари бўйича жойлашиш қонуниятлари ва бошқа қатор муаммолар ўрганилган. Бироқ, уларда, А.С. Щетинниковнинг ўтган XX асрнинг охирги чорагида эълон қилинган тадқиқотлари [4, 5] ни ҳисобга олмаганда, Зарафшон ҳавзаси музликларининг гляциогидрологик кўрсаткичларини аниқлаш масалалари тегишли адабиётларда деярли ёритилмаган.

Мақоланинг **асосий мақсади** музликларнинг гляциологик ва гидрологик кўрсаткичларини ҳисоблаш усулларини Зарафшон дарёси ҳавзаси тоғ музликлари мисолида кўриб чиқишдан иборатдир.

Ушбу мақсадни амалга ошириш учун Зарафшон дарёси ва унинг ирмоқлари ҳавзаларида жойлашган музликлар сони, улар эгаллаган майдонлар, музликларнинг жойлашиш баландлиги ҳақидаги маълумотлар “Музликлар каталоги” [1] ҳамда А.С.Щетинников монографияларидан

[4, 5] олинди.

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ МУҲОКАМАСИ

Узоқ тарихий даврларда Амударёнинг ирмоғи бўлган Зарафшон дарёси ҳавзаси тоғли қисмининг умумий майдони 17710 км^2 ни ташкил этади. Бу майдонда ҳосил бўладиган ўртача кўп йиллик йиғинди сув сарфи 190 м^3/сек ёки йиллик оқим ҳажми 5993 млн. м^3 га тенг. Бу рақамларга асосланадиган бўлсак, Зарафшон дарёси ҳавзаси тоғли қисмининг ўртача кўп йиллик оқим модули 10,7 л/сек·км^2 га тенг бўлади [6]. Дарё оқими ушбу миқдорий кўрсаткичларининг ҳосил бўлишида унинг ҳавзасидаги тоғ музликларининг катта ҳиссаси бор. Шу туфайли, қуйида дастлаб, тўпланган маълумотлар асосида, Зарафшон дарёси ҳавзасидаги ҳозирги замон нисбатан йирик тоғ музликларига қисқача тавсиф берамиз.

Географик адабиётларда Туркистон, Зарафшон ва Олой тоғ тизмалари туташган жой “Мастчоҳ тоғ тугуни” (баъзиларида “Кўксув тоғ тугуни”), гляциологик адабиётларда эса “Мастчоҳ музланиш тугуни” деб номланади. Ушбу тугуннинг Туркистон тизмасининг жанубий ҳамда Зарафшон тизмасининг шимолий ёнбағрлари туташган ерида жуда йирик ҳисобланган Зарафшон музликлар тизими жойлашган бўлиб, ушбу музлик ўзагининг майдони 21,86 км^2 га тенг. Мазкур тизимдан тармоқланиб кетган Россинч (17,8 км^2), Преображенский (20,58 км^2), Йўлдош (10,12 км^2), Фарахнов (19,77 км^2), Толстой (17,3 км^2), Мирамин (13,76 км^2), Шоҳисафед (14,11 км^2) кабилар ҳам йирик тоғ музликлари қаторига киради [4, 5]. Ушбу йирик тоғ музликларидан Зарафшоннинг бош ўнг ирмоғи ҳисобланган Мастчоҳдарёнинг Туро, Самжон, Мадрушкент, Ҳудгиф, Оббурдон каби ирмоқлари бошланади [6].

Гидрологияда дарёлар ҳавзаларининг музланиш даражаси, ҳавзадаги музликларнинг музлик коэффициентлари, музликнинг умумий майдонига нисбатан тўйиниш областининг ҳиссаси (улуши), музликларнинг дарёлар йиллик оқимига қўшган ҳиссалари, музликлардаги сув заҳираси, музликлар массаси ва уларнинг тўлиқ алмашиниши учун кетган вақт, йилнинг иссиқ даври, яъни май-сентябрь ойлари давомида дарёларда ҳосил бўлган оқимга музликларнинг қўшган ҳиссалари каби гляциологик ва гидрологик кўрсаткичларни аниқлаш муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Ушбу йўналишдаги тадқиқотларнинг илмий аҳамияти дарёлар ҳавзаларида мавжуд бўлган музликларнинг гляциогидрологик кўрсаткичларининг ўзгариш қонуниятларини аниқлашда акс этадиган бўлса, уларнинг амалий аҳамияти эса музликлардан тўйинадиган дарёлар сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини оширишда намоён бўлади.

Мутахассисларнинг юқорида санаб ўтилган гляциогидрологик кўрсаткичларни сонли қийматларда ифодалаш учун қуйидаги миқдорий катталикларни билиш талаб этилади:

дарёнинг сув тўплаш (ҳавза) майдони ($F_х$, км^2);

ҳавзадаги музликларнинг йиғинди майдони – музланиш майдони ($F_м$, км^2);

музликнинг тўйиниш ($F_{мто}$) ва абляция ($F_{мао}$) областлари майдонлари, музликнинг умумий майдони ($F_{мум}$), дарёнинг ўртача кўп йиллик оқим ҳажми ($W_й$, м^3 ёки км^3);

музлик ҳажми ($V_м$, м^3 ёки км^3);

музликдаги сув ҳажми ($V_{мс}$, м^3 ёки км^3);

музликларнинг эришидан ҳосил бўлган оқим ҳажми ($W_м$, м^3 ёки км^3);

май-сентябрь ойларидаги оқим ҳажми ($W_{V\text{-}IX}$, м^3 ёки км^3) ва бошқалар.

Ҳар қандай дарёнинг сув тўплаш майдони ($F_х$) ва унда музликлар эгаллаган майдон ($F_м$) маълум бўлса, ҳавзанинг нисбий музланишини ифодалайдиган музланиш коэффициенти ($К_м$) қуйидагича аниқланади:

$$К_м = \frac{F_м}{F_х} \cdot 100\,\% . \qquad (1)$$

Алоҳида ёки гуруҳ музликларнинг тўйиниш ($F_{мто}$) ва сарфланиш, яъни абляция ($F_{мао}$) областлари эгаллаган майдонларининг нисбати музлик коэффициенти ($К_{мк}$) ни ифодалайди:

$$К_{мк} = \frac{F_{мто}}{F_{мао}}. \quad (2)$$

Гляциологияга оид чет эл адабиётларида [Ҳикматов, 2016] музлик коэффициенти $К_{мк}$ ўрнига, унинг тўйиниш области ҳиссасини ифодалайдиган коэффициент К′ дан фойдаланилади. Ушбу коэффициент музликнинг тўйиниш области ($F_{мто}$) ва умумий ($F_{мум}$) майдонларининг нисбати билан аниқланади:

$$K' = \frac{F_{мто}}{F_{мум}}. \quad (3)$$

Юқоридаги ҳар икки коэффициент ўзаро қуйидагича боғланган:

$$К_{мк} = К'/(1- К') \quad \text{ёки} \quad К' = К_{мк}/(1+ К_{мк}). \quad (4)$$

Музликларнинг эришидан ҳосил бўлган оқим ҳажми ($W_м$) нинг йиллик оқим ҳажми ($W_й$) га нисбати дарё оқимига музликларнинг қўшган ҳиссаси ($\delta_м$) ни ифодалайди:

$$\delta_м = \frac{W_м}{W_й} \cdot 100\,\%. \quad (5)$$

Музликнинг сув заҳираси коэффициенти ($К_с$) музлик ҳажми ($V_м$) нинг дарёнинг ўртача кўп йиллик оқим ҳажми ($W_й$) га нисбати билан аниқланади:

$$К_с = \frac{V_м}{W_й}. \quad (6)$$

Музликларнинг тўйиниш ва сарфланиш (абляция) областлари ўлчамларига ҳамда музлик ҳажмига боғлиқ ҳолда, ундаги мавжуд музлик массасининг алмашиниши, йиллар давомида, тез ёки секин бориши мумкин. Бу жараённинг жадаллиги музлик массасининг алмашиниш вақти ($Т_{мм}$) билан баҳоланади. Унинг қиймати музликдаги сув ҳажми ($V_{мс}$) нинг унинг эришидан ҳосил бўлган йиллик оқим ҳажми ($W_м$) га нисбати билан аниқланади:

$$Т_{мм} = \frac{V_{мс}}{W_м}, \text{ йил}. \quad (7)$$

Музликлардан тўйинадиган дарёларда оқимнинг асосий қисми йилнинг иссиқ даврлари, яъни май-сентябрь ойларида оқиб ўтади. Дарёнинг бу даврдаги оқими миқдори ($W_{V\text{-}IX}$) га музликларнинг қўшган ҳиссаси ($\delta_{м(V\text{-}IX)}$) қуйидагича ҳисобланади:

$$\delta_{м(V-IX)} = \frac{W_м}{W_{V\text{-}IX}}\,\%, \quad (8)$$

бу ерда: $W_м$ – дарёда музликларнинг эришидан ҳосил бўлган оқим ҳажми.

Тадқиқотнинг мақсадидан келиб чиқиб, Зарафшон дарёси ва унинг ирмоқлари ҳавзаларида жойлашган ҳозирги замон тоғ музликларининг гляциологик ва гидрологик кўрсаткичлари юқорида келтирилган ифодалар ёрдамида ҳисобланди. Ҳисоблашлар натижалари таҳлилига таянадиган бўлсак, ушбу кўрсаткичлар турли музликларда турлича қийматларда ўзгаради. Масалан, музланиш коэффициентининг аниқланган энг катта қиймати, яъни $К_м = 10,3$ Мастчоҳдарёга тегишлидир. Шунга мос равишда, Мастчоҳдарё ҳавзасидаги музликлар ҳажми $V_м = 27,8256$ км^3, улардаги сув миқдори эса $V_{мс}$=25,043 км^3 га тенг. Унинг Фандарёга қуйилишидаги гидрологик пост маълумотларига кўра, мазкур дарёнинг йиллик оқимига музликларнинг эришидан ҳосил бўлган сувларнинг қўшган ҳиссаси $\delta_м = 36\%$ ни ташкил этади.

Зарафшон дарёсининг ўзани ҳисобланган Мастчоҳдарё ҳавзасидаги музликларнинг сув заҳираси коэффициенти ҳам бошқа дарёлар ҳавзаларига нисбатан катта бўлиб, $К_с = 9,9$ га тенгдир. Мазкур дарё ҳавзасидаги музликлар массасининг тўла алмашиниши учун

кетадиган вақт, яъни $T_{мм}$ эса 27,5 йилга тенг. Таъкидлаш лозимки, Мастчоҳдарёнинг йилнинг иссиқ даври, яъни май-сентябрь ойларида ҳосил бўладиган оқими ҳажми $W_{(V-IX)}$ = 2,234 км^3 га, унга дарё ҳавзасидаги музликларнинг қўшган ҳиссаси эса $\delta_{м(V-IX)}$ = 40,8% га тенг. Ушбу ҳисса ҳавзанинг бошқа дарёларида, жумладан, Яғнобдарёда 15,4%, Фандарёда 19,2% ни, Зарафшон (Дупули) дарёсининг ўзида эса 33,6% ни ташкил этган.

Бажарилган тадқиқотга ***хулоса*** қилиб қуйидагиларни қайд этиш лозим деб ҳисоблаймиз:

1. Зарафшон дарёси ҳавзасининг ўзани ҳисобланган Мастчоҳдарё ҳавзаси бошқа дарёлар ҳавзаларидан музликлар сонининг кўплиги (587 та) ва улар эгаллаган майдонларнинг катталиги (479,21 км^2) билан алоҳида ажралиб туради. Музликлар майдони бўйича ундан кейинги ўринни Фандарё (133,29 км^2) ҳавзаси эгаллайди;

2. Тадқиқот объекти – Зарафшон дарёси ҳавзасида музланиш коэффициентининг энг катта қиймати ($К_м$ = 10,3) Мастчоҳдарёга тегишлидир. Унинг ҳавзасидаги тоғ музликларнинг умумий ҳажми 27,8256 км^3 ни, улардаги сув заҳиралари миқдори эса 25,043 км^3 ни ташкил этади;

3. Мастчоҳдарёнинг май-сентябрь ойларида ҳосил бўладиган ўртача кўп йиллик оқими ҳажми 2,234 км^3 ни, унга музликларнинг эришидан ҳосил бўлган сувларнинг қўшган ҳиссаси эса 40,8% ни ташкил этади. Бу миқдорий кўрсаткичнинг қийматлари Яғнобдарёда 15,4%, Фандарёда 19,2%, Зарафшон (Дупули) да эса 33,6% га тенг.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Каталог ледников СССР. Том 14. Вып. 3. Ч. 1, Ч. 2. Бассейн реки Зеравшан. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 107 с.

2. Коновалов В.Г. Таяние и сток с ледников в бассейнах рек Средней Азии. -Л.: Гидрометеоиздат, 1985. - 238 с.

3. Корженевский Н.Л. Краткий обзор исследования ледников Средней Азии с 1907 по 1932 г. // Изв. ГГО. -1934. Том LXVI. Вып. 4. -С. 556-563.

4. Щетинников А.С. Морфология оледенения речных бассейнов Памиро-Алая по состоянию на 1980 год (справочник). – Ташкент: САНИГМИ, 1997. – 149 с.

5. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. - Ташкент: САНИГМИ, 1998. - 220 с.

6. Ҳикматов Ф.Ҳ. ва бошқ. Зарафшон дарёси ҳавзасининг гидрометеорологик шароити ва сув ресурслари. Монография. – Тошкент: «Фан ва технология», 2016. - 276 б.

7. Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay Glaciation for 1980 (database of S.A. Schetinnikov). - Almaty, 2012. - 565 p.

ҚУЙИ АМУДАРЁГА ОҚИБ КЕЛАДИГАН СУВ МИҚДОРИНИНГ АНТРОПОГЕН ОМИЛЛАР ТАЪСИРИДА ЎЗГАРИШИНИ БАҲОЛАШ

Аденбаев Б.Е., Умаров А.З. Хайдарова О.А.
Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

Аннотация. *Мақолада Қуйи Амударёга оқиб келадиган сув миқдорининг XX асрнинг иккинчи ярмида Амударёда қурилган йирик гидротехник иншоотлар таъсирида ўзгариши баҳоланган. Шу мақсадда Туямўйин гидрология пости маълумотлари негизида дарё оқимининг кўп йиллик тебранишлари 90 йиллик давр учун таҳлил қилинган.*

Калит сўзлар: *дарё, сув сарфи, гидротехник иншоот, антропоген омил, оқим ҳажми, миқдорий ўзгариш, баҳолаш.*

Аннотация. *В статье оценены изменения объема поступления речных вод в низовья Амударьи под влиянием строительства крупных гидротехнических сооружений, построенных во второй половине XX века. С этой целью, произведен анализ многолетних колебаний стока реки за 90 летний период на основе данных гидрологического поста Туямуюн.*

Ключевые слова*: река, расход воды, гидротехническое сооружение, антропогенный фактор, объем стока, изменение, количественное оценка.*

Abstract. *The article evaluates changes in the volume of river water inflow into the lower reaches of the Amu Darya under the influence of the construction of large hydraulic structures built in the second half of the 20th century. For this purpose, an analysis of long-term fluctuations in river flow over a 90-year period was carried out based on data from the Tuyamuyun hydrological station.*

Key words*: river, water flow, hydraulic structure, anthropogenic factor, runoff volume, change, quantitative assessment.*

КИРИШ

Маълумки, охирги ўн йилликларда трансчегаравий дарёлар ҳавзаларининг турли қисмларида уларнинг сув ресурсларидан фойдаланиш бўйича турли мамлакатларнинг имкониятлари ўзаро кескин фарқ қилмоқда. Жумладан, дарёнинг юқори оқимга нисбатан унинг қуйи оқимдаги мамлакатлар заиф бўлиб қолмоқда. Бунга асосий сабаб – дарёларнинг юқори оқимида сув хўжалиги тадбирларининг барча турлари, жумладан, сув омборлари, ГЭСлар, йирик суғориш каналларини қуришдир. Бунинг оқибатида, дарёларнинг қуйи оқимида жойлашган мамлакатларда сув танқислиги йилдан-йилга кучайиб бормоқда. Афсуски, бу жараён ҳозирги кунда ҳам, Афғонистонга сув оладиган канал қурилиши туфайли, жадал суратларда давом этмоқда. Бундай салбий оқибатлар таъсирини бироз бўлса-да юмшатиш учун дарё оқими миқдорий ўзгаришларини аниқ баҳолаш катта илмий ва амалий аҳамиятга эга. Ушбу муаммони экологик вазият ёмонлашган Амударёнинг қуйи оқими мисолида ўрганиш ҳозирги кунда ўта **долзарб** масалалардан бири ҳисобланади.

Ушбу тадқиқотнинг **асосий мақсади** Қуйи Амударёга оқиб келадиган дарё сувлари оқимининг антропоген омиллар таъсиридаги миқдорий ўзгаришларини баҳолашдан иборат.

Ишда **тадқиқот объекти** сифатида Қуйи Амударё ҳудуди танлаб олинди. Дарё оқимининг антропоген омиллар таъсирида миқдорий ўзгаришларини баҳолаш, таҳлил қилиш, улардан тегишли хулосалар чиқариш каби масалалар тадқиқотнинг **предметини** белгилайди.

Ишни бажариш жараёнида Амударёнинг қуйи оқимида жойлашган, Ўзгидромет тасарруфидаги Туямўйин гидрологик постида кузатилган ўртача кўп йиллик (1930-2020 йй) сув сарфлари маълумотларидан фойдаланилди.

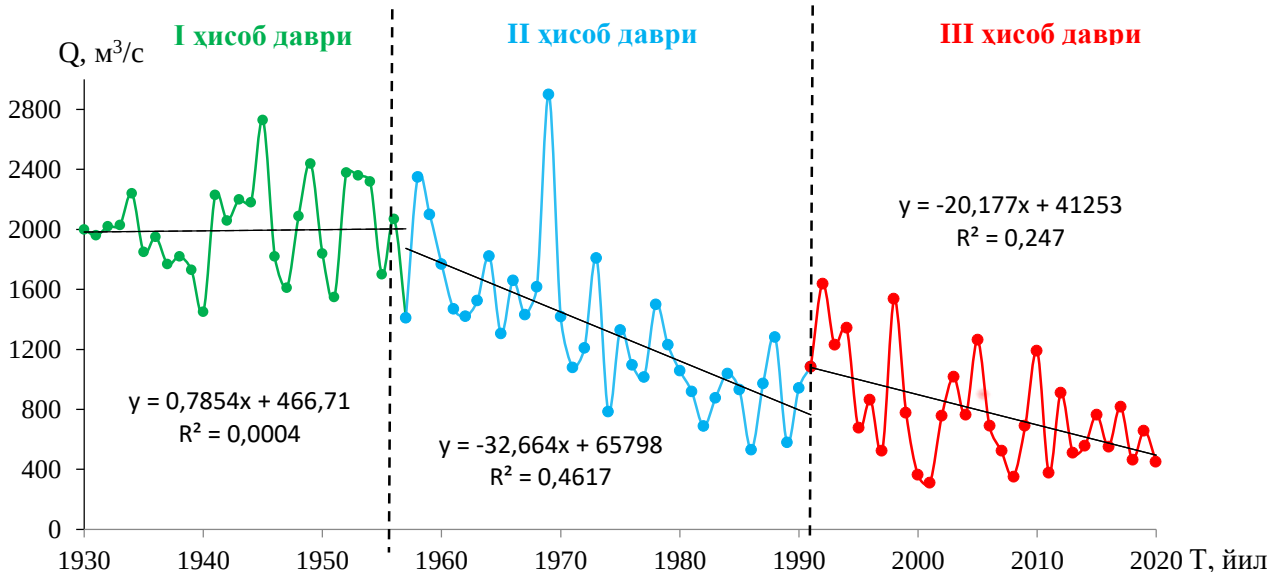
ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ МУҲОКАМАСИ

Тадқиқот Амударёнинг қуйи оқимида жойлашган Туямўйин гидрологик постида узоқ йиллар давомида кузатилган сув сарфлари маълумотларини таҳлил қилиш билан бошланди. Бу борада бажарилган ҳисоблашлар натижаларининг кўрсатишича, Туямўйин гидрологик постида 1930 йилдан 1956 йилгача бўлган давр оралиғини табиий режимли давр деб олинди. Чунки ушбу даврда Амударёнинг Керки ва Туямўйин гидрологик постлари оралиғида суғоришга олинган сув миқдорлари доимий бўлиб, улар дарёнинг йиллик оқимига нисбатан 10 фоиздан ошмаган [Проскуряков, 1953]. Лекин, 1957 йилдан бошлаб Амударёдан Қорақум каналига сув олина бошланган. Ушбу ҳолатни ҳисобга олиб, 1956 йил табиий сув режимли I ҳисоб даврининг охирги йили, 1957 йил эса II ҳисоб даврининг бошланиши сифатида қабул қилинди.

Мазкур II ҳисоб даври давомида, аниқроғи, 1970 йиллардан бошлаб, Амударёдан

Қарши магистрал канали (ҚМК) ҳамда Аму-Бухоро канали (АБК) ва бошқа йирик ирригация каналларига сув олина бошланди [Аденбаев, Умаров, 2013]. Ушбу II ҳисоб давринг охири сифатида 1990 йил қабул қилинди. Ўзбекистон 1991 йилда мустақилликка эришгач, мамлакатимиз сув хўжалиги тизимида жиддий ўзгаришлар бўлди. Шу ҳолатлар ҳисобга олиниб, III ҳисоб давринг охирги йили сифатида 2020 йил қабул қилинди.

Ишнинг мақсадидан келиб чиқиб, тўпланган маълумотлар асосида ҳар бир ҳисоб даври учун ўртача йиллик сув сарфларининг йиллараро тебраниш графиклари [$Q_{й}=f(T)$] чизилди ва улар таҳлил қилинди (1-расм).



1-расм. Амударё оқимининг йиллараро тебраниш графиклари (Туямўйин гидрологик пости)

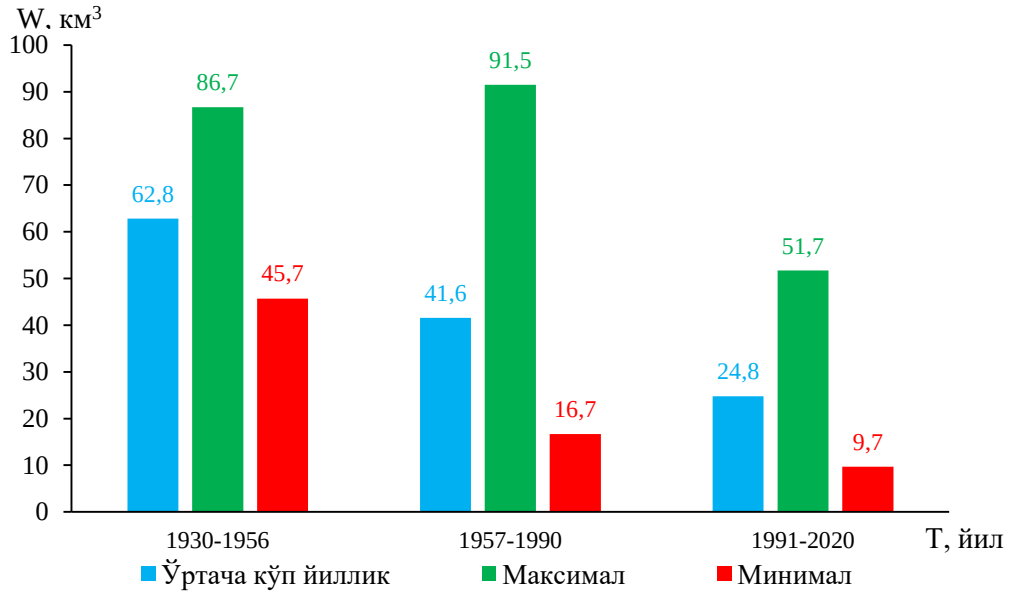
Табиий сув режимли давр учун чизилган графикнинг таҳлили шуни кўрсатадики, 1930 йилдан 1956 йилгача бўлган оралиқда ўртача кўп йиллик сув сарфи 1993 м^3/с га тенг бўлган. Бу миқдор 1930 йилдаги ўртача йиллик сув сарфига яқиндир. Шу йиллар мобайнида дарёда энг катта ўртача йиллик сув сарфи 1945 йилда кузатилиб, унинг қиймати 2730 м^3 /с га тенг бўлган. Энг кичик ўртача йиллик сув сарфи эса 1951 йилда кузатилиб, унинг миқдори 1150 м^3 /с ни ташкил этган (1-жадвал).

1-жадвал

Амударё оқимининг турли ҳисоб даврларидаги миқдорий ўзгаришлари (Туямўйин ГП)

Ҳисоб даврлари, йиллар	Характерли сув сарфлари, м^3/с			Оқим ҳажмлари, км^3		
	ўртача кўп йиллик	максимал йил	минимал йил	ўртача кўп йиллик	максимал	минимал
I.1930-1956	1993	2730 1945	1150 1951	62,8	86,7	45,7
II. 1957-1990	1319	2900 1969	531 1986	41,6	91,5	16,7
III. 1991-2020	788	1639 1992	308 2001	24,8	51,7	9,7

Алоҳида қайд этиш лозимки, Амударё узунлиги бўйича ирригация ва гидроэнергетика мақсадларида қурилган йирик гидротехник иншоотларнинг эксплутация қилиниши натижасида Амударё оқимининг экстремал (максимал ва минимал) сув сарфлари ҳам камайган. Ушбу фикр-мулоҳазалар, II ҳисоб давридаги, 1969 йилни ҳисобга олмаганда, ўринлидир. Юқорида келтирилган жадвал маълумотлари асосида, оқим ҳажмининг ўртача кўп йиллик, максимал ва минимал қийматларидан фойдаланиб, ажратилган ҳисоб даврлари учун оқим миқдорларининг ўзгариши диаграммалари чизилди (2-расм).



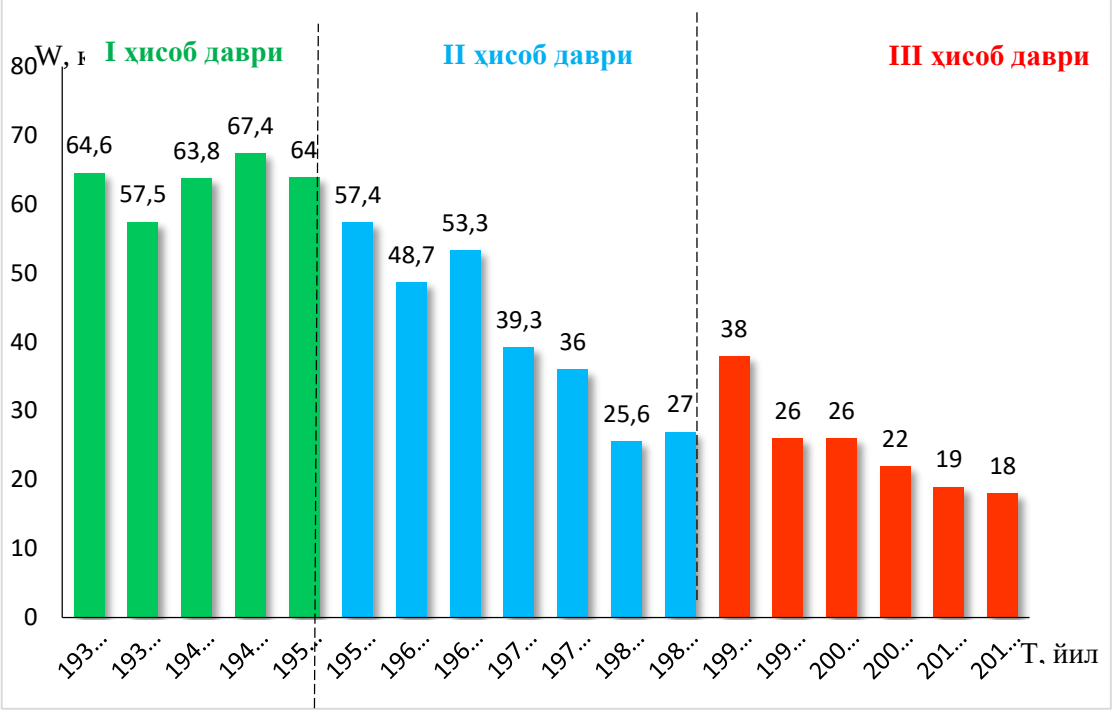
2- расм. Характерли оқим ҳажмларининг ҳисоб даврлари бўйича миқдорий ўзгаришлари

Графикдан кўриниб турибдики, I ҳисоб даврида кўп йиллик оқим ҳажмининг умумий ҳисоб даври учун ҳисобланган ўртача қиймати 62,8 км^3 га, II ҳисоб даврида I ҳисоб даврига нисбатан 1,5 марта кичрайиб 41,6 км^3 ни, III ҳисоб даврида эса II ҳисоб даврига нисбатан 1,67 марта камайиб, 24,8 км^3 ни ташкил этган.

Максимал оқим ҳажмларининг белгиланган ҳисоб даврлари учун аниқланган йиллик қийматларининг энг каттаси II ҳисоб даврининг1969 йилига тўғри келиб, бу йилдаги оқим ҳажми 91,5 км^3 га тенг бўлган. Бунинг асосий сабабини, кузатишлар олиб борилган бошқа йилларга нисбатан 1969 йилнинг ўта кўп сувли бўлганлиги билан изоҳласак бўлади. Ундан кейинги ўринда I ҳисоб давридаги 1945 йил (W=86,7 км^3) туради. Максимал оқим ҳажмининг энг кичик қиймати III ҳисоб даврига тўғри келиб, бу қиймат 51,7 км^3 га тенг бўлган ва у 1992 йилга тўғри келади.

Оқим ҳажмлари минимал қийматларининг энг каттаси I ҳисоб даврида, кам сувли 1951 йилда, 45,7 км^3 га, II ҳисоб даврида - 1986 йилда, 16,7 км^3 га, III ҳисоб даврида эса бу қиймат, 2001 йилда, 9,7 км^3 ни ташкил этган. Таъкидлаш лозимки II ва III ҳисоб даврларида Амударё оқими минимал ҳажмининг камайишига, биринчидан антропоген омиллар таъсири сабаб бўлса, иккинчидан, юқорида қайд этилган йиллар кам сувли бўлганлиги билан ажралиб туради.

Қуйи Амударёга оқиб келадиган сув миқдорининг алоҳида беш йиллик ҳисоб даврларидаги ўзгаришларини ўрганиш ҳам муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга. Ушбу ҳолатларни эътиборга олган ҳолда, юқорида келтирилган ҳисоб даврларига мос равишда оқим миқдорларининг алоҳида беш йилликлар бўйича ўзгаришлари таҳлил қилинди (3-расм).



3-расм. Амударё оқимининг турли ҳисоб даврларида 5 йилликлар бўйича ўзгариши

Таҳлиллар натижаларига кўра, I ҳисоб давридаги беш йиллик ҳисоблашлар бўйича ўртача кўп йиллик оқим миқдорининг энг кичик қиймати 1935-1939 йиллар оралиғида кузатилган бўлиб, 57,5 км^3 ни, энг катта қиймати эса 1945-1949 йиллага тўғри келиб 67,4 км^3 ни ташкил этган. II ҳисоб даврида беш йиллик оралиқлар учун бажарилган ҳисоблашлар бўйича ўртача йиллик оқим миқдорининг энг катта қиймати 57,4 км^3 га тенг бўлиб, ушбу миқдор 1957-1961 йилларга тўғри келади. Энг кичик қиймати эса 1982-1986 йилларда кузатилиб, 25,6 км^3 ни ташкил қилган. III ҳисоб даврида 1991-1995 йиллардаги беш йилликда Амударё оқимининг кўпайиши тенденцияси кузатилган. Бунинг асосий сабабини, бошқа йилларга нисбатан кўп сувлилиги билан ажралиб турадиган 1992 йил билан изоҳлаш мўмкин.

ХУЛОСА

1. Қуйи Амударёнинг Туямўйин гидрологик постида кузатилган сув сарфлари маълумотлари тўпланди ва улар умумлаштирилиб, бирламчи қайта ишланди, маълумотлар базаси яратилди. Таҳлиллар асосида қуйидаги учта ҳисоб даври ажратилди: I ҳисоб даври (1930-1956 йй.), табиий сув режимли; II ҳисоб даври (1957-1990 йй.), антропоген омил таъсири кучайган йиллар; III ҳисоб даври (1990-2020 йй.), сув хўжалиги тизимида жиддий ўзгаришлар бўлган йиллар;

2. Ҳар бир ҳисоб даври учун ўртача кўп йиллик ҳамда экстремал сув сарфлари ва улар асосида оқим ҳажмлари аниқланди. Ҳисоблашлар натижаларига кўра, II ҳисоб даврида Амударё оқими миқдори (W=41,6 км^3) I ҳисоб давридаги (W=62,8 км^3) га нисбатан 21, 2 км^3 ёки 44 % га, кейинги III ҳисоб давридаги оқим миқдори W=24,8 км^3 га тенг бўлиб, I ҳисоб даврига нисбатан 38 км^3 (61%) га камайган;

3. Қуйи Амударёга оқиб келадиган сув миқдорининг алоҳида беш йилликлардаги ўзгаришлари тадқиқ этилди. I ҳисоб даврида беш йилликлардаги ўртача оқим ҳажмининг энг кичик қиймати W=57,5 км^3 га тенг бўлиб, 1935-1939 йиллар оралиғига, энг катта миқдори (W=67,4км^3) эса 1945-1949 йилларга тўғри келди. Оқим миқдорларининг беш йилликлар бўйича кескин ўзгаришлари II ва III ҳисоб даврларида кузатилди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. *Аденбаев Б.Е.* **Современный гидрологический режим и водообеспеченность низовьев реки Амударьи** //Автореф дисс... док.геогр.наук. – Ташкент, 2020. – 72 с.
2. *Аденбаев Б.Е., Хикматов Ф.Х.* Оценка современного гидрологического режима и водообеспеченности низовьев реки Амударьи. – Ташкент “INFO CAPITAL BOOKS”, 2021. – 176 с.
3. *Курбанбаев Е.К., Артыков О., Курбанбаев С.Е.* Аральское море и водохозяйственная политика в республиках Центральной Азии. – Нукус: «Каракалпакстан», 2011. – 127 с.
4. *Проскуряков А.К.* Водный баланс реки Амударьи на участке от г.Керки до г.Нукуса. – Л.: Гидрометеоиздат, 1953. – 89 с.
5. *Рафиков А.А., Тетюхин Г.Ф.* Снижения уровня Аральского моря и изменения, природных условий низовьев Амударьи. – Ташкент: Фан, 1981. – 200 с.
6. *Рафиков В.А.* Антропогенные факторы прогнозирования изменения геосистем Приаралья // Наука Каракалпакстана: вчера, сегодня, завтра: Материалы республиканской научно-практической конференции. – Нукус, 2009. – С.74 – 76.
7. *Хикматов Ф.Х., Аденбаев Б.Е., Ибраев Р.А.* Динамика поступления речных вод в дельту реки Амударьи // Известия ГО Узбекистана, 31 – том. – Ташкент, 2008. – С. 57–59.
8. *Ҳайдарова О.А.* Амударё гидрологик режимига таъсир этувчи сув иншоотлари ҳақида // ЎзГЖ ахбороти, 41 жилд. – Тошкент, 2013. – Б. 156-160.

ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИНИНГ ЧИРЧИҚ-ОҲАНГАРОН ҲАВЗАСИ ДАРЁЛАРИ ОҚИМИНИНГ ЙИЛЛАРАРО ТЕБРАНИШИГА ТАЪСИРИ

Хакимова Зилола Фазлиддиновна, Саидова Доно Анваровна,
Исакова Азиза Ядгоровна
Ўзбекистон Миллий университети

Аннотация. *Мақола иқлим ўзгаришининг тоғ дарёлари оқимининг йиллараро тебранишига таъсирини баҳолаш масалаларига бағишланган. Ўрганилаётган дарёларнинг барчасида (Писком дарёсидан ташқари) тренд тенгламаларининг коэффициентлари мусбат қийматга эга бўлди. Писком дарёсида манфий ишорага эга. Ушбу натижа иқлим илиши шароитида мазкур дарёлар йиллик оқими миқдорларининг ортиб борганлигини кўрсатади.*

Калит сўзлар: *иқлим ўзгариши, дарё, дарё ҳавзаси, дарё оқими, йиллараро тебраниш, тренд тенгламаси, баҳолаш.*

Аннотация. *Статья посвящена вопросам оценки влияния изменения климата на многолетние колебания стока горных рек. Во всех исследуемых реках (за исключением реки Пискем) коэффициенты уравнения тренда имеют положительный знак. Такой результат свидетельствует об увеличении годового стока рек изучаемого бассейна в условиях потепления климата.*

Ключевые слова: *изменение климата, река, речной бассейн, речной сток, межгодовые колебания, уравнение тренда, оценка.*

Abstract. *This article examines the impact of climate change on long-term fluctuations in mountain river runoff. For all studied rivers (except the Piskem River), the trend equation*

coefficients are positive. This result indicates an increase in annual river runoff in the studied basin under climate warming.

Keywords: *climate change, river, river basin, river runoff, interannual fluctuations, trend equation, assessment.*

КИРИШ.

Дарёлар оқими миқдорларининг йилларараро тебраниши иқлимий омиллар (атмосфера ёғинлари, ҳаво ҳарорати, намлик) таъсири натижасида рўй беради. Ёмғир ва қор сувлари ҳисобига тўйинадиган дарёларда йиллик ёғин миқдорининг меъёрга нисбатан кўп бўлиши дарё оқимининг ҳам ортишига олиб келади. Доимий қор ва музлик сувлари ҳисобига тўйинадиган дарёларда эса ёзги ҳаво ҳароратининг меъёрга нисбатан юқори бўлиши дарё оқими миқдорининг кўпайишига сабаб бўлади. Ҳар икки ҳолда ҳам дарёлар оқими миқдорларига таъсир этувчи бошқа омиллар иккинчи даражали бўлиб қолади [2, 5].

Шу сабабли, иқлим ўзгаришининг дарёлар оқимининг йилларараро тебранишига таъсирини баҳолашга қаратилган тадқиқотлар муҳим илмий ва амалий аҳамият эга. Масаланинг иқтисодиёт тармоқлари жадал суратларда ривожланиб бораётган Тошкент вилояти ҳамда қўшни Қозоғистоннинг Чимкент вилояти туманларининг сувга бўлган барча турдаги эҳтиёжларини тўла таъминлайдиган Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари мисолида ўрганиш янада **долзарб** аҳамият касб этади.

МУАММОНИНГ ЎРГАНИЛГАНЛИГИ

Ўрта Осиё тоғ дарёлари мисолида, мазкур муаммони ўрганишга қаратилган илк тадқиқотлар В.Л.Шульц, О.П.Щеглова, М.И.Будыко, М.Н.Большаков, Д.Я.Раткович ва бошқалар томонидан амалга оширилган. Бугунги кунда мазкур йўналишдаги тадқиқотлар Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги ҳамда Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ГМИТИ) олимлари Л.М.Карандаева, Ғ.Ў.Умирзоқов, Д.М.Турғунов ва бошқалар, ЎзМУда эса Ф.Ҳикматов, Ғ.Х.Юнусов, Р.Р.Зияев, А.Я.Исакова, З.Ф.Хакимова каби тадқиқотчилар томонидан давом эттирилмоқда. Бироқ, ушбу масала, яъни иқлим ўзгаришининг тоғ дарёлари оқимининг йилларо тебранишига таъсирини баҳолаш муаммоси, шу кунга қадар яхши ўрганилмаган.

Мазкур тадқиқот ишининг **асосий мақсади** иқлим ўзгаришининг Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари оқими миқдорларининг йилларо тебранишига таъсирини баҳолаш масалалаларига қаратилган.

Тадқиқот жараёнида кўзланган мақсадга эришиш учун қуйидаги **вазифалар** белгиланди ва ўз ечимини топди: 1) Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасидаги табиий гидрологик режимли дарёларининг ўртача йиллик сув сарфлари маълумотларини тўплаш; 2) кузатув йиллари қаторларидаги узилишларни тиклаш ва уларни бир маъноли гидрологик қаторларга келтириш; 3) ўрганилган дарёлар оқими миқдорларининг йилларараро тебранишидаги ўзига хос хусусиятларни аниқлаш.

Мақолада **тадқиқот объекти** сифатида Чирчиқ-Охангарон ҳавзасидаги табиий гидрологик режимга эга бўлган дарёлар танлаб олинди (1-жадвал). Мазкур дарёлар ўртача кўп йиллик сув сарфларини ҳисоблаш ва уларнинг йилларо тебранишларидаги ўзига хос хусусиятларни баҳолаш масалалари тадқиқотнинг **предметини** белгилайди.

1-жадвал

Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари ҳақида айрим гидрологик маълумотлар

Т/р	Дарё – гидропост	Ғ, км^2	Н, м	Кузатиш		Тўйиниш типи*
				йиллари	сони	
1	Чотқол –Худойдотсой д.қ.	6580	2660	1965-2020	56	Қ
2	Писком – Муллала қ.	2540	2740	1965-2020	56	Қ

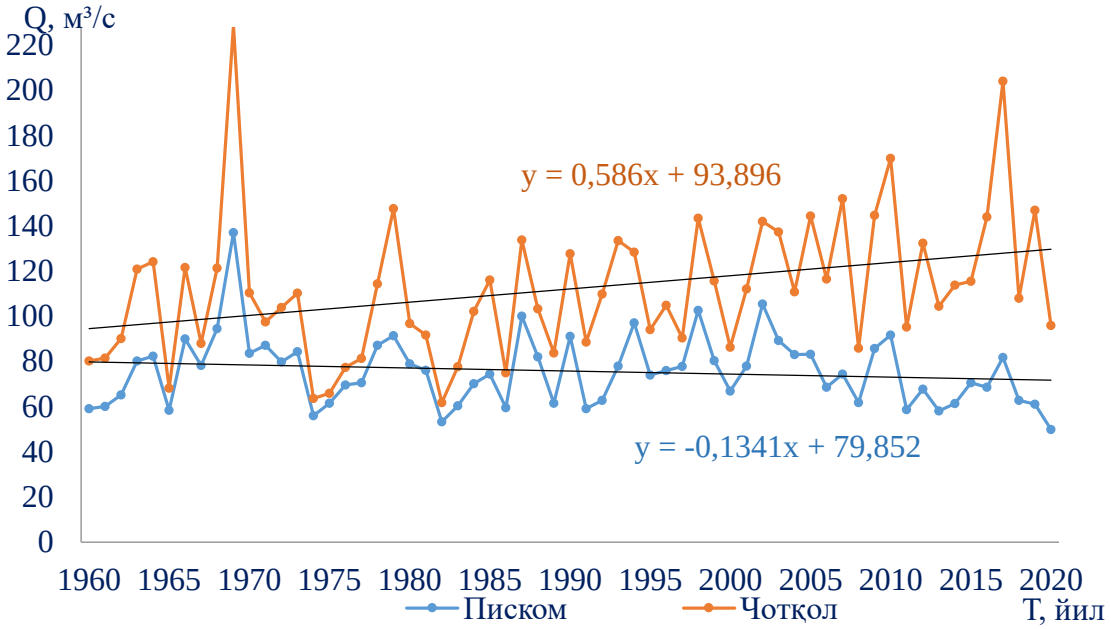
3	Ойгаинг – қуйилиши	1010	3010	1961-1968 1970-2020	57	ҚМ
4	Чиралма – қуйилиши	109	2700	1961-1968 1971-2020	58	Қ
5	Майдонтол – қуйилиши	471	3130	1961-2020	60	ҚМ
6	Угом – Хўжакент қ.	869	2700	1961-2020	60	ҚЁ
7	Оҳангарон – Ертош д.қ.	1110	2600	1971-2020	50	ҚЁ

Изоҳ: Ғ – дарёларнинг сув тўплаш (ҳавза) майдони; Н –дарё ҳавзасининг ўртача баландлиги; О.П.Щеглова таснифи бўйича дарёларнинг: ҚМ – қор-муз, Қ – қор, ҚЁ – қор-ёмғир сувлари ҳисобига тўйиниш типлари.*

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ МУҲОКАМАСИ

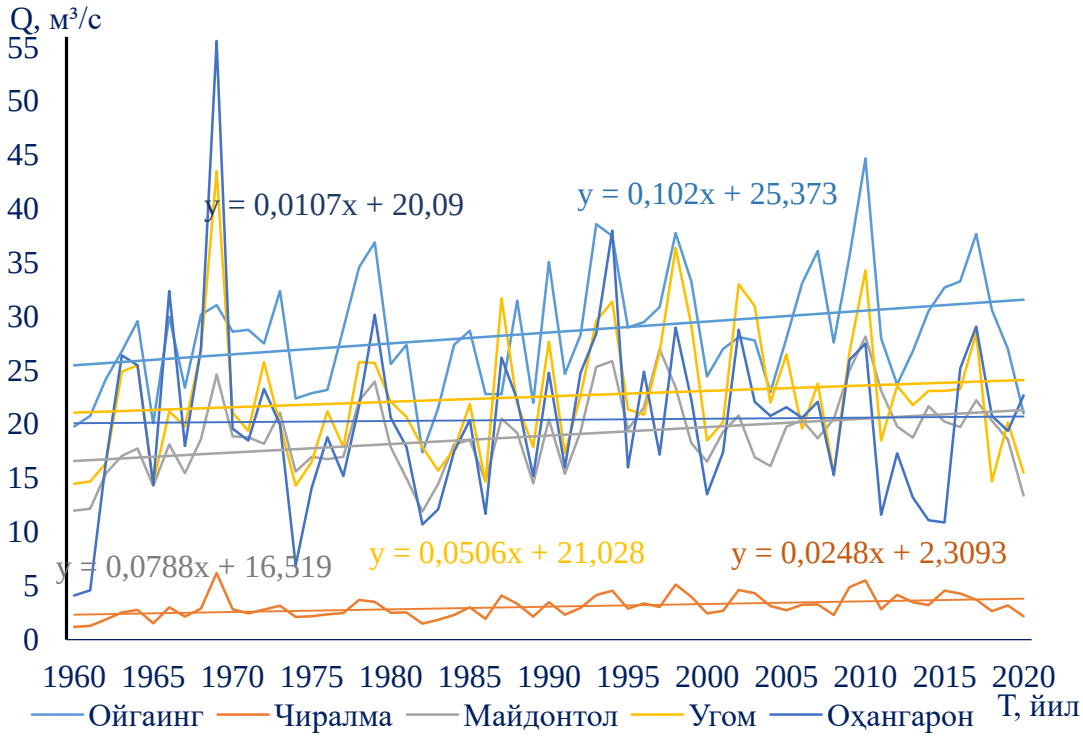
Тадқиқотда белгиланган мақсадга эришиш учун Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёларида 1961-2020 йилларда кузатилган ўртача йиллик сув сарфлари маълумотларидан фойдаландик. Тўпланган гидрологик маълумотларнинг дастлабки таҳлиллари натижасида, Майдонтол ва Угом дарёларини ҳисобга олмаганда, қолган барча дарёларнинг сув сарфлари қаторларида узилишлар мавжудлиги аниқланди. Масалан, биз танлаб олган ҳисоб даври (1961-2020 й.й)га нисбатан солиштирсак Писком дарёсининг Муллала гидропостида кузатишлар 1965 йилдан бошланган. Шу сабабли ушбу дарёда дастлабки 4 йилликда, Оҳангарон дарёсининг Ертош дарёси қуйилишидан қуйида жойлашган гидрологик постда кузатишлар 1971 йилдан бошланганлиги туфайли, унда 10 йиллик узилишлар мавжудлиги аниқланди. Мазкур узилишлар статистик таҳлиллар асосида танлаб олинган аналог дарёлар ёрдамида тикланди. Натижада гидрологик маълумотлар бир маъноли гидрологик қаторларга келтирилди.

Тадқиқот ишининг кейинги босқичида, илгари бажарилган тадқиқотлардан [2, 5, 6] наъмуна олган ҳолда, дарёлар ўртача йиллик сув сарфларининг йилларараро тебранишлари ўрганилди ва таҳлил қилинди. Шу мақсадда ўрганилаётган ҳавзадаги дарёлар, сув сарфлари миқдорларига боғлиқ ҳолда, катта ва кичик дарёларга ажратилиб олинди (1 ва 2-расмлар).



1-расм. Чотқол ва Писком дарёлари ўртача йиллик сув сарфларининг йилларо тебраниши

Графикларнинг таҳлиллари шуни кўрсатадики, Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёларида 1961 йилдан 2020 йилгача бўлган оралиқда ўртача йиллик сув сарфларининг тебранишлари, айрим дарёларни ҳисобга олмаганда, жуда нотекис бўлган. Чотқол дарёсида энг катта сув сарфлари 1969 ва 2017 йилларда кузатилган бўлиб, мос равишда 228 м³/с, 204 м³/с га тенг бўлган. Сув сарфларининг тебранишлари 1961-1990 йилларда жуда нотекис бўлган бўлса, 1991-2020 йилларда эса дарёлар оқим миқдорларининг бир маромда ортиб борганлигини кўрамиз. Писком дарёсида эса бу ҳолатнинг акси кузатилади, яъни ўрганилаётган даврда энг катта сув сарфи 1969 йилда кузатилган бўлиб, унинг миқдори 137 м³/сга тенг бўлган. Кейинги йилларда эса йилдан-йилга камайиб бориб, энг кичик ўртача йиллик сув сарфи 2020 йилда кузатилган (49,8 м³/с). Ушбу рақам меъёрга нисбатан 50 % атрофидадир. Бунинг асосий сабаби Писком ГЭС сув омборининг тўлдирила бошланганлиги билан изоҳланади. Тренд чизиғи ва тренд коэффициентининг ишорасидан кўриниб турибдики, дарёда ўртача йиллик сув сарфлари миқдорлари аста-секинлик билан камайиб борган.



2-расм. Ҳавзадаги кичик дарёлар ўртача йиллик сув сарфларининг йилларо тебраниши

Дарёлар ўртача йиллик сув сарфларининг йиллараро тебраниш қонуниятларини ўрганишда тренд тенгламаларини тузиш ва уларни таҳлил қилиш муҳим илмий ва амалий хулосалар чиқаришга имкон беради (2-жадвал).

2-жадвал

Дарёлар ўртача йиллик сув сарфларининг тренд тенгламалари

Т/р	Дарё-гидропост	Тренд тенгламаси	Оқим миқдорининг ўзгариши
1	Писком	Y=-0,134·X+79,85	-
2	Ойгаинг	Y=0,102·X+25,37	+
3	Чиралма	Y=0,025·X+2,31	+

4	Майдонтол	Y=0,079·X+16,52	+
5	Чотқол	1. Y=0,586·X+93,89	+
6	Угом	Y=0,051·X+21,03	+
7	Оҳангарон	Y=0,011·X+20,09	+

Изоҳ:”+ ” – оқим миқдори ортган; “-“ – оқим миқдори камайган

Дарёлар оқим миқдорларининг, юқорида қайд этилган, ҳисоб даврлари давомида ортиб бориши тренд тенгламаларида ҳам ўз аксини топган. Ўрганилган дарёлар, Писком дарёсидан ташқари, тренд тенгламалари коэффициентларининг мусбат ишорали эканлиги фикримизнинг ёрқин далилидир. Алоҳида қайд этиш лозимки, Чотқол ва Ойгаинг дарёларида оқим миқдорларининг ортиши бошқа ўрганилган дарёларга нисбатан катта бўлган. Ушбу натижани мазкур дарёлар ҳавзаларида тоғ музликлари ва доимий қорликлар эгаллаган майдонларнинг катта билан изоҳлаш мумкин.

Хулоса. Ўрганилган дарёларнинг барчасида (Писком дарёни ҳисобга олмаганда) тренд тенгламалари коэффициентлари мусбат ишорали бўлса, Писком дарёсида манфий ишорага эга. Ойгаинг, Чиралма, Майдонтол, Чотқол, Угом, Оҳангарон дарёларида йиллик оқим миқдори ортиб борган бўлса, Писком дарёсида эса, аксинча, биз ўрганган ҳисоб даврида, йиллик оқим меъёрлари камайиб борган.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Будыко М.И. Изменения климата. – Л: Гидрометеоиздат, 1974. - 280 с.
2. Большаков М.Н. Водные ресурсы рек Советского Тянь-Шаня и методы их расчета. – Фрунзе: Илим, 1976. - 306 с.
3. Раткович Д.Я. Многолетние колебания речного стока. – Л: Гидрометеоиздат, 1976. - 256 с.
4. Раткович Д.Я., Болгов М.В. Стохастические модели колебаний составляющих водного баланса речного бассейна. – М: Наука, 1997. - 262 с.
5. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ч. 1 и 2. – Л:. Гидрометеоиздат, 1965. - 691 с.
6. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии, – Ташкент: Изд-во СамГУ, 1960. - 243 с.

MUZLIKLAR DEGRADATSIYASINING PISKOM DARYOSI MUALLAQ OQIZIQLARI OQIMIGA TA’SIRI

Xoltojiyeva O.T.
Mirzo Ulug’bek nomidagi O’zbekiston Milliy universiteti

Annotatsiya. *Maqola muzliklar degradatsiyasining Piskom daryosi muallaq oqiziqlari oqimiga ta’sirini o’rganishga bag’ishlangan. Tadqiqotda Landsat 7 ETM+ va Landsat 8 OLI/TIRS ma’lumotlari asosida Normalizatsiyalangan qor-indeksi (NDSI) usuli qo‘llanilgan. Natijada Piskom daryosi muallaq oqiziqlari sarfining havzada muzliklar maydoni kamayishiga mosligi tendensiyasi (r=0,57) aniqlangan.*

Kalit sozlar: *daryo, daryo havzasi, tog’ muzliklari, muzlik maydoni, muallaq oqiziqlar, o’zgarish, baholash.*

Аннотация. *Статья посвящена изучению влияния деградации ледников на сток взвешенных наносов реки Пскем. В работе использованы данные Landsat 7 ETM+ и Landsat 8 OLI/TIRS, применён метод нормализованный индекс снега (NDSI). В результате выявлена тенденция в изменениях площади ледников и расходов взвешенных наносов реки Пскем (r=0,57).*

Ключевые слова: *река, речной бассейн, горные ледники, площадь ледников, взвешенные наносы, изменение, оценка.*

Annotation. *The article is devoted to the study of the impact of glacier degradation on the suspended sediment runoff of the Pskem river. The study used Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI/TIRS data and applied the Normalized Difference Snow Index (NDSI) method. As a result, a trend was identified in the changes of glacier area and suspended sediment discharge of the Piskom river (r = 0.57).*

Keywords: *river, river basin, mountain glaciers, glacier area, suspended sediments, change, assessment.*

KIRISH.

Muzliklar – tog’ daryolari gidrologik rejimini belgilovchi asosiy komponentlaridan biridir. Ular nafaqat suv resurslarini shakllantiradi, balki eroziya jarayonlari orqali muallaq oqiziqlar oqimiga ham ta’sir ko’rsatadi [Kaser G. va boshq., 2010]. So‘nggi o‘n yilliklarda global iqlim o‘zgarishi natijasida O‘rta Osiyo tog’ tizimlaridagi muzliklar maydoni sezilarli darajada qisqarmoqda [Savoskul O.S. va boshq., 2014]. Mazkur jarayon Chirchiq havzasidagi yirik irmoqlardan biri bo‘lgan Piskom daryosida ham kuzatilmoqda. Muzliklar maydonining qisqarishi esa Piskom daryosi muallaq oqiziqlari oqimining dinamikasiga ham sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda [6, 7].

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, muzliklarning qisqarishi ikki bosqichli ta’sirga ega: dastlabki davrda muzlikning erishi kuchayib, oqiziqlar oqimi ortadi, biroq muzlik massasi keskin kamaygach, oqiziqlar oqimi ham kamayadi [Huss M. va boshq., 2018; Kaser G. va boshq., 2010]. Bu hodisani o‘rganish muzlik eroziyasi jarayonlari va ularning gidrologik xususiyatlarini aniqlashda **dolzarb** ahamiyat kasb etadi.

Mazkur tadqiqotning **maqsadi** — Piskom daryosi havzasidagi muzliklar maydonining 2000-2024 yillar davomida o’zgarishini aniqlash va uning Piskom daryosi muallaq oqiziqlari oqimiga ta’sirini baholashdan iborat. Ushbu masala nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham muhimdir. Chunki, muallaq oqiziqlar oqimining o‘zgarishi Piskom daryosi havzasida joylashgan suv omborlari kosalarining loyqa oqiziqlar bilan to’lib borish jadalligini belgilaydi, suv resurslarini samarali boshqarishga salbiy ta’sir qiladi.

Tadqiqotda belgilangan maqsadni amalga oshirish uchun quyidagi **vazifalar** belgilab olindi: 1) Piskom daryosi havzasidagi muzliklar maydonining 2000–2020 yillar oralig‘idagi o‘zgarishini aniqlash; 2) Landsat 7 ETM+ va Landsat 8 OLI/TIRS ma’lumotlari asosida muzliklar konturlarini ajratib olish va ularning dinamikasini baholash; 3) NDSI (Normalized Difference Snow Index) usulini qo‘llab, muzliklarni kosmik suratlardan avtomatik aniqlash; 4) Mullala gidrologik postida kuzatilgan muallaq oqiziqlar oqimi ko‘rsatkichlarini statistik tahlil qilish; 5) Muzliklar maydoni o‘zgarishlari bilan muallaq oqiziqlar oqimi o‘rtasidagi korrelyatsion bog‘liqlikni aniqlash.

Xalqaro ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, O‘rta Osiyo muzliklari maydoni 1960-yildan buyon o‘rtacha 20–30% qisqargan [Azam M.F. va boshq., 2018; Bolch va boshq., 2012; Khan A. va boshq., 2019]. Bu jarayon nafaqat suv resurslariga, balki muallaq oqiziqlar transportiga ham bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Muzliklarning jadal suratlarda erishi natijasida tog’ yonbag‘irlaridagi beqaror jinslar ko‘proq eroziyaga uchrab, muallaq oqiziqlar oqimi miqdorini ko’paytiradi [Mergili M. va boshq., 2020].

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

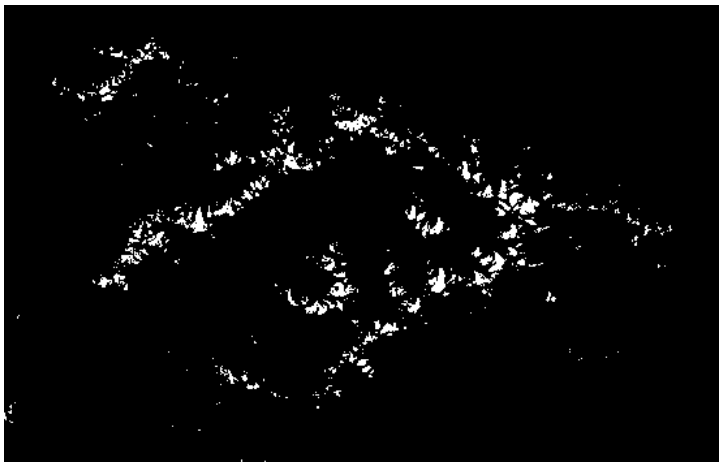
Tadqiqot doirasida 2000-2020 yillar oralig’idagi davrda Landsat sun’iy yo’ldosh ma’lumotlari asosida kosmik suratlar olindi va tahlil qilindi: 2000-yil – Landsat 7 ETM+ (yozgi fasl, SLC-on rejimi); 2010-yil – Landsat 7 ETM+ (SLC-off, bo‘shliqlar interpolatsiya qilindi); 2020-yil – Landsat 8 OLI/TIRS (yozgi fasl).

Rester kalkulyator yordamida, NDSI usulini qo’llash orqali muzliklar maydoni quyidagi formula asosida hisoblandi:

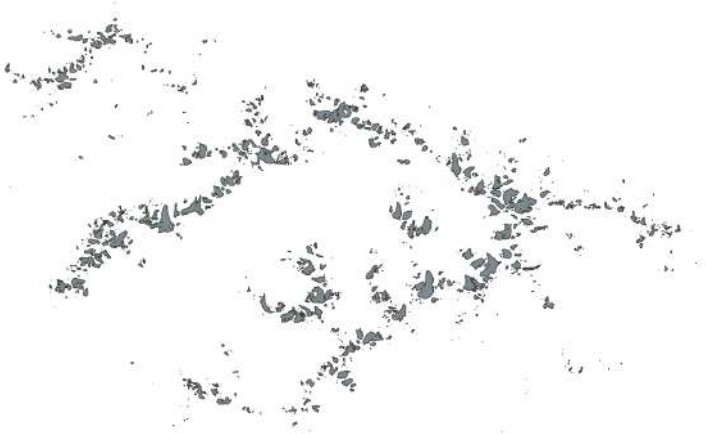
$$NDSI=\frac{(Green-SWIR)}{(Green+SWIR)}, \quad (1)$$

bu yerda: Landsat 7 uchun: Green=B2, SWIR=B5; Landsat 8 uchun: Green=B3, SWIR=B6.

NDSI>0,4 bo‘lgan hududlar muzlik sifatida qabul qilindi (1-rasm). Mazkur natija raster ko‘rinishidan vektor poligonlarga o‘tkazildi. Rester kalkulyator yordamida muzlik chegaralari poligon ko’rinishda belgilandi (2-rasm).



1-rasm. Piskom daryosi havzasida NDSI ko’rsatkichlari asosida ajratib olingan muzliklar



2-rasm. Piskom daryosi havzasida ajratib olingan muzliklar maydonlari

O’tkazilgan chegaralar asosida har bir o’rganilayotgan yil uchun umumiy muzliklar maydoni (km^2) hisoblab chiqildi (1-jadval).

1-jadval

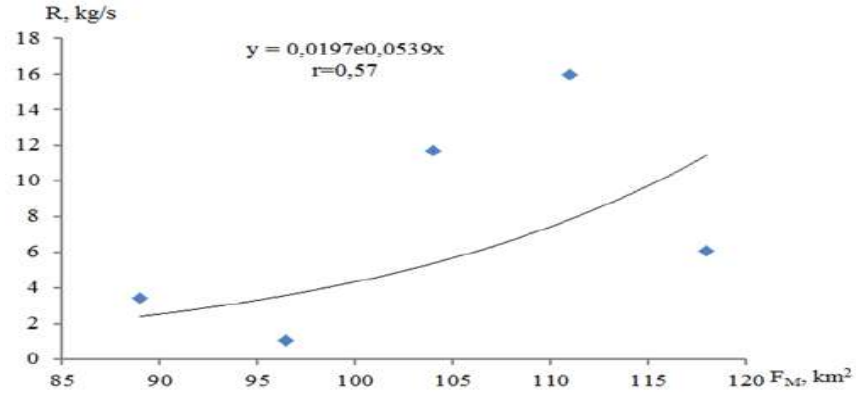
Piskom daryosi havzasi muzliklari maydonlari va muallaq oqiziqlari oqimining o’zgarishlari

Yil	Muzliklar maydoni (km^2)	Qisqarish (%)	Muallaq oqiziqlar sarfi R, kg/s	Oqiziqlar oqimi W_R, 10^3 tonna
2000	~118	-	6,1	192
2005	~111	-6	16	505
2010	~104	-13	11,7	369
2015	~96,5	-18	1,04	32

2020	~89	-24	3,45	109

Natijalar tahlillariga ko’ra, 2000-yilda muzliklar maydoni 118 km^2 bo’lgan bo’lsa, 2020-yilga kelib bu ko’rsatkich 89 km^2 ga kamaygan, ya’ni 20 yilda muzliklar maydoni tahminan 29 km^2 ga qisqargan. Oqiziqlar oqimi 2000-yilda 192 10^3 tonnaga teng bo’lgan va 2005-yilda bu ko’rsatkich 505 10^3 tonnaga keskin ortgan. 2015-yilga kelib oqiziqlar oqimining qiymati keskin kamayib 32 10^3 tonnani tashkil qilgan. Bu holat shuni ko’rsatadiki, daryolar muallaq oqiziqlari oqimi hosil bo’lishi faqat muzliklar erishi bilan bog’liq emas, balki yog’inlar, sel hodisalari, tog’ yon bag’irlarida sodir bo’ladigan eroziya jarayonlarining faollashuvi bilan izohlanadi (1-jadval).

Jadval ma’lumotlari asosida muzliklar maydoni o’zgarishi bilan muallaq oqiziqlar sarflari orasidagi bog’lanish grafigi chizildi (3-rasm).



3-rasm. Muzliklar maydoni (F_M) bilan muallaq oqiziqlar sarflari (R) orasidagi bog’lanish grafigi

Grafikdan ko’rinib turibdiki, hisob davri davomida muzliklar maydoni qisqargan sari muallaq oqiziqlar oqimida turlicha tebranishlar kuzatilgan. Ayrim yillarda yani 2005 va 2010-yillarda muallaq oqiziqlar oqimi keskin ortib ketgan. Bu holatga nafaqat muzliklar maydoni qisqarishi, balki yog’ingarchilik, kuchli sel toshqinlari va tog’ yonbag’irlarida kechadigan eroziya jarayonlari ham ta’sir qilgan.

Tadqiqotda olingan natijalarning tahlillari asosida chiqarilgan **xulosa** sifatida quyidagilarni qayd etish lozim: Piskom daryosi havzasi muzliklarining umumiy maydoni, 2000–2020 yillar oralig‘ida 118 km² dan 89 km² gacha qisqargan (24%); Mazkur davrda muallaq oqiziqlar oqimi Piskom daryosining Mullala gidrologik postida kuzatilgan ma’lumotlarga ko’ra, o‘rtacha 32-505 tonna oraliqda o’zgargan; Muzliklar maydoni va oqiziqlar oqimi o‘rtasidagi moslik tendensiyasi (r=0,57) aniqlandi. Kelgusi tadqiqotlarda iqlim omillarini ya’ni, havo harorati va atmosfera yog’inlarini ham hisobga olish lozim, deb hisoblaymiz.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bolch T., Kulkarni A., Kaab A., Huggel C., Paul F., Cogley J.G., Stoffel M. The state and fate of Himalayan glaciers // Science. – 2012. – Vol. 336(6079). – P. 310–314.
2. Gafurov A., Bardossy A. Cloud removal methodology from MODIS snow cover product // Hydrology and Earth System Sciences. – 2009. – Vol. 13(7). – P. 1361–1373.
3. Huss M., Hock R. Global-scale hydrological response to future glacier mass loss // Nature Climate Change. – 2018. – Vol. 8(2). – P. 135–140.
4. Khan A., Khan N., Rehman A. Glacier changes and their impact on river discharge in the Karakoram–Himalaya region // Journal of Hydrology. – 2019. – Vol. 574. – P. 467–482.
5. Mergili M., Fischer J.T., Huggel C. Ice loss and sediment transport in mountain river basins // Earth Surface Processes and Landforms. – 2020. – Vol. 45(3). – P. 516–533.

6. Глазырин Г.Е. Горные ледниковые системы, их структура и эволюция. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 109 с.

7. Хикматов Ф.Х. Водная эрозия и сток взвешенных наносов горных рек Средней Азии. – Ташкент: «Fan va texnologiya», 2011. - 248 с.

АРИД ҲУДУДЛАРДАГИ СУВ ОМБОРЛАРИ ЮЗАСИДАН БУҒЛАНИШ ҚАТЛАМИНИ БАҲОЛАШ МАСАЛАЛАРИ (Тўдакўл сув омбори мисолида)

Пиримова С.К.
Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети,

Анотатция. *Мақола арид ҳудудлардаги сув омборлари юзасидан буғланиш қатламини баҳолаш масалаларига бағишланган. Шу мақсадда мавзуга оид адабиётларда келтирилган илмий* **маълумотлар** *ўрганилган ва таҳлил қилинган. Тадқиқотни амалга оширишда Бухоро метеостанциясида кузатилган метеорологик маълумотлардан фойдаланилган. Буғланиш қатламининг ойлик ҳамда йиллик миқдорлари ҳисобланган ва олинган натижалар таҳлил қилинган.*

Калит сўзлар: *Тўдакўл сув омбори, ҳаво ҳарорати, сув юзаси ҳарорати, шамол тезлиги, нисбий намлик, буғланиш қатлами, эмпирик ифода, баҳолаш.*

Аннотация. *Статья посвящена вопросам оценки слоя испарения с поверхности водохранилищ аридных территорий. С этой целью были изучены и проанализированы научные сведения, представленные в соответствующих литературных источниках. При выполнении исследования были использованы данные метеорологических наблюдений, выполненных на метеостанции «Бухара». Рассчитаны месячные и годовые слои испарения, произведен анализ полученных результатов.*

Ключевые слова: *Тудакульское водохранилище, температура воздуха, температура поверхности воды, ветер, относительная влажность, слой испарения, эмпирическая формула, оценка.*

Abstract. *The article is devoted to the issues of assessing the evaporation layer from the surface of reservoirs in arid territories. For this purpose, scientific data presented in relevant literature were studied and analyzed. To this end, scientific data presented in relevant literary sources was reviewed and analyzed. Meteorological observations conducted at the Bukhara weather station were used in the study. The monthly and annual values of the evaporation layer were calculated, and the obtained results were analyzed.*

Keywords: *Tudakul Reservoir, air temperature, water surface temperature, wind, relative humidity, evaporation layer, empirical equation, assessment.*

КИРИШ

Ўзбекистон сув омборлари юзасидан бўладиган ўртача кўп йиллик буғланиш миқдори, уларнинг лойиҳада белгиланган сув ҳажмларига нисбатан 0,75 %дан (Оҳангарон сув омбори) 13 %гача (Туямўйин сув омбори) бўлган оралиқда ўзгаради. Айниқса, текисликдаги сув омборлари (Туямўйин) юзасидан бўладиган буғланиш қатламининг мутлақ ва нисбий миқдорлари тоғли ҳудудлардагига (Оҳангарон) нисбатан бир мунча катта бўлади [Никитин, 1991; Xikmatov va boshq., 2022].

Ўзбекистон сув омборлари мисолида, юқорида келтирилган рақамлар сув омборлари юзаларидан бўладиган буғланиш жараёнини ҳар томонлама ўрганишни тақазо этади. Иқлим илиши оқибатида, Ўзбекистон ва қўшни давлатларда сув тақчиллигининг йилдан –

йилга тиғизлашиб боришини ҳисобга олсак, ушбу муаммо янада **долзарб** аҳамият касб этади.

Мазкур тадқиқотнинг асосий **мақсади** Ўзбекистоннинг текислик, яъни чўл зонасида жойлашган сув омборлари юзасидан бўладиган буғланиш миқдорини эмпирик ифодалар ёрдамида баҳолаш масалаларини Тўдакўл сув омбори мисолида кўриб чиқишга қаратилган.

Тадқиқотнинг мақсадидан келиб чиққан ҳолда, мақолада таянч **тадқиқот объекти** сифатида Тўдакўл сув омбори танланди. Таҳлиллар асосида ўрганилаётган сув омборига энг яқин масофада (20 км шимоли-шарқда) «Бухоро» метеорологик станциясининг жойлашганлиги аниқланди ва мазкур метеостанция таянч метеопункт сифатида қабул қилинди. Тадқиқот жараёнида мазкур метеостанцияда кузатилган метеорологик катталиклардан бирламчи маълумотлар сифатида фойдаланилди.

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ МУҲОКАМАСИ

Тўдакўл сув омбори Навоий вилоятининг, Қизилтепа тумани ҳудудида жойлашган. Уни лойиҳалаш ва қуриш ишлари 1965-1968 йилларда Бухоро вилояти Суғориш тармоқлари бошқармасига қарашли лойиҳа гуруҳининг тадқиқот материаллари асосида амалга оширилган. Сув омбори қуйилма типга мансуб бўлиб, Аму-Бухоро каналидан сув олувчи узунлиги 5 км, сув ўтказиш қобилияти 100 м^3/с бўлган канал орқали тўлдирилади. Бундан ташқари сув омборини тўлдириш Зарафшон дарёси ўзанида жойлашган “Хархур” гидроузелидан сув олувчи, узунлиги 21,8 км, сув ўтказиш қобилияти 140 м^3/с бўлган Юқори Бухоро ташламаси орқали ҳам амалга оширилади. Сув омборининг Зарафшон дарёси суви билан тўлдириш имконияти кўпинча қиш-баҳор ойларида, дарёда ортиқча ёки тошқин сувлари келган даврдагина мумкин бўлади. Тўдакўл сув омборида йиғилган сув Бухоро вилоятининг 7 та, Навоий вилоятининг 2 та туманларидага экин майдонларини суғориш учун сарфланади.

Сув омбори юзасидан буғланиш миқдори (ҳажми) ва қатламини аниқлашнинг сув баланси, иссиқлик баланси, ҳисоблаш ифодалари, махсус графиклар ва хариталардан фойдаланиш, шунингдек, ўлчов қурилмалари (буғлатгичлар) ёрдамида баҳолаш, аниқлаш усуллари мавжуд. Буғланишни ҳисоблаш, яъни эмпирик ифодалар ёрдамида аниқлаш усули гидрологик ҳисоблашлар амалиётида кенг қўлланилади.

Тадқиқотнинг мақсадига мувофиқ, «Бухоро» МС да 1981-2024 йилларда, белгиланган стандарт талаблар асосида, ўлчанган ҳаво ҳарорати, атмосфера ёғинлари, нисбий намлик, шамол тезлиги ҳақидаги маълумотлар тўпланди. Улар бирламчи қайта ишланиб, гидрометеорологик маълумотлар базаси яратилди. Ушбу маълумотлар асосида ўрганилаётган сув омбори юзасидан буғланиш қатлами, ўртача йиллик ҳаво ҳароратига боғлиқ ҳолда, ҳисоб даврининг характерли (максимал, ўртача, минимал) йиллари учун аниқлашни лозим топдик. Шу мақсадда «Бухоро» метеостанциясида ўлчанган маълумотлар асосида аниқланган ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг йиллараро тебраниши ўрганилди (1-расм).

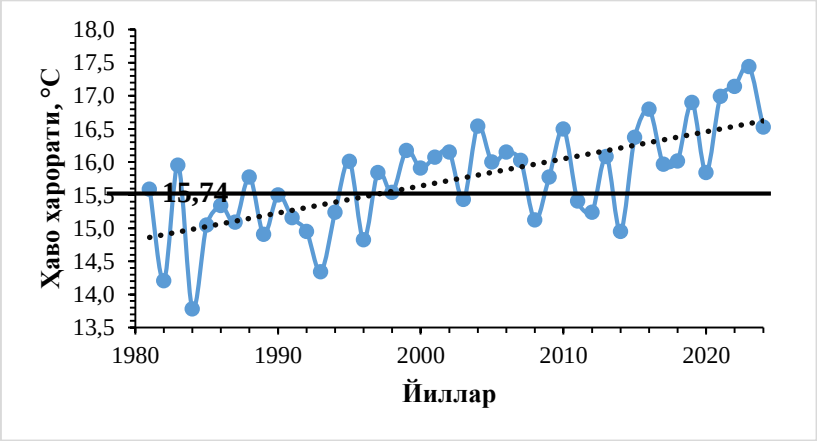
Таҳлиллар натижасида ўртача йиллик ҳаво ҳарорати минимал (13,85 °С) қийматининг 1984 йилга, максимал (17,44 °С) қийматининг эса 2023 йилга тўғри келганлиги аниқланди. Ҳисоб даври, яъни 1981-2024 йиллар давомида ўртача кўп йиллик ҳаво ҳароратининг ҳисобланган қиймати 15,74 °С га тенг бўлди.

Ҳаво ҳароратининг характерли қийматлари кузатилган йиллар, яъни $t_{мак}$=17,44 °С (2023 йил), $t_{ўрт}$=15,74 °С (1981-2024 йй.) ва $t_{мин}$=13,85 °С (1984 йил) учун буғланиш қатламини ҳисоблашда Б.Д.Зайков [Зайков, 1955] ифодасидан фойдаландик:

$$Z=0{,}15\cdot n\cdot C\cdot d_{200.}^{0{,}78}\cdot(1+0{,}72\cdot v_{200}),\ \text{мм/ой}, \qquad (1)$$

бу ерда: Z – буғланиш қатлами; n – ойдаги кунлар сони; C – сув юзаси ва ҳаво ҳарорати нисбатига боғлиқ бўлган географик параметр; d – ҳаводаги намлик етишмаслиги; v_{200} – шамолнинг ер юзасидан 2 метр баландликдаги тезлиги.

Ушбу ифодадаги C нинг қиймати метеостанциянинг координаталари бўйича Б.Д.Зайков [Зайков, 1955] томонидан тузилган махсус картадан аниқланди. Ўрта Осиёнинг чўл, чала чўл зоналари чегаралари учун C = 1,2 деб қабул қилиш мумкин.



1-расм. Ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг йилларараро тебраниши, «Бухоро» МС

Ҳаводаги намлик етишмаслиги (d_{200}), тўйинган сув буғининг эластиклиги (e_0) ҳамда метеобутка баландлигидаги сув буғининг эластиклиги (e_{200}) нинг фарқи сифатида ҳисобланади:

$$d_{200} = e_0 - e_{200}. \quad (2)$$

Маълумки, метеостанцияларда шамолнинг тезлиги ердан 10 м баландликда ўлчанади. Шамолнинг флюгер баландлигида аниқланган тезлигидан ер сиртидан 2 метр баландликдаги тезлигига ўтиш қуйидаги ифода ёрдамида амалга оширилади:

$$\vartheta_{200} = \frac{\lg \frac{Z_1}{Z_0}}{\lg \frac{Z_2}{Z_0}} \cdot \vartheta_{1000}, \quad (3)$$

бу ерда: Z_1 - шамолнинг тезлиги аниқланаётган баландлик, Z_1= 200 см; Z_2 -шамолнинг тезлиги аниқланган баландлик (флюгер баландлиги), Z_2 =1000 см; Z_0 - юза ғадир-будурлигини ифодалайдиган катталик, ер сирти юзаси (қор қопламисиз) учун Z_0 = 3 см.

Юқорида келтирилган ифодалар асосидаги ҳисоблашларни амалга оширишда Бухоро МС да кузатилган метеокатталиклар аниқланди. Уларга ҳар бир характерли йилнинг алоҳида ойлари учун аниқланган ўртача ойлик ҳаво ҳароратлари, уларга мос равишда тўйинган сув буғининг эластиклиги (e_0), шамол тезлиги, метеобутка баландлигидаги сув буғининг эластиклиги (e_{200}) нинг миқдорий қийматлари киради. Мазкур метеорологик катталиклар ҳисоб йиллари (2023, 1981-2024, 1984) учун аниқланди (1-жадвал).

1-жадвал

Метеоэлементларнинг характерли йиллардаги ўртача ойлик қийматлари

Метеоэлементлар		ОЙЛАР											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ҳаво ҳарорати, t_x, °C	мак	-3,2	6,3	16,7	19,2	23,8	30,4	31,6	28,4	21,8	17	12,9	4,4
	ўртача	1,7	4,2	10,1	17,3	23,3	28,5	29,9	27,5	21,5	14,3	7,8	2,7
	мин	1	-4	8,6	16,3	22,9	27,7	30,7	28,5	20,1	13,7	8,2	-7,5
Тўйинган сув буғининг эластиклиги, e_0, мб	мак	4,8	9,5	19	22,3	29,5	43,4	46,5	38,7	26,1	19,4	14,9	8,4
	ўртача	6,9	8,2	12,4	19,8	28,6	39	42,2	36,8	25,7	16,3	10,6	7,4
	мин	6,5	4,5	11,1	18,5	27,9	37,1	44,1	38,6	23,1	15,6	10,8	3,4
Шамолнинг тезлиги, V_{1000}, м\с	мак	2,3	2,9	3,5	3,6	3,7	4	4,6	3,9	4	2,2	2,8	3,1
	ўртача	3,1	3,4	3,6	3,8	3,8	4	4,4	4,3	3,7	2,9	2,9	3
	мин	2,9	2,9	3,3	3,8	4,3	4,7	5,7	5,1	3,8	2,9	3,4	3,2
Сув буғининг эластиклиги, e_{200}, мб	мак	3,6	6,8	9,9	9,6	10,0	10,9	12,6	12,0	9,5	10,9	8,6	5,6
	ўртача	5,4	5,9	7,8	10,4	12	12,5	13,9	12,8	10,1	8,3	6,9	5,6
	мин	5,1	3,5	8,7	9,8	11,7	12,2	14,1	13,5	9,9	9,0	7,3	2,6

Изоҳ: *мак – 2023 йил; ўртача – 1981-2024 йиллар; мин –1984 йил.*

Метеоэлементларнинг ҳар бир ҳисоб йили учун аниқланган миқдорлари, яъни ўртача ойлик ҳаво ҳарорати, шамол тезлиги, нисбий намлик маълуматлари асосида буғланиш миқдори қатлам кўринишида аниқланди. Ҳисоблашлар, дастлаб, ўртача йиллик ҳаво ҳарорати энг юқори бўлган 2023 йил учун бажарилди (2-жадвал).

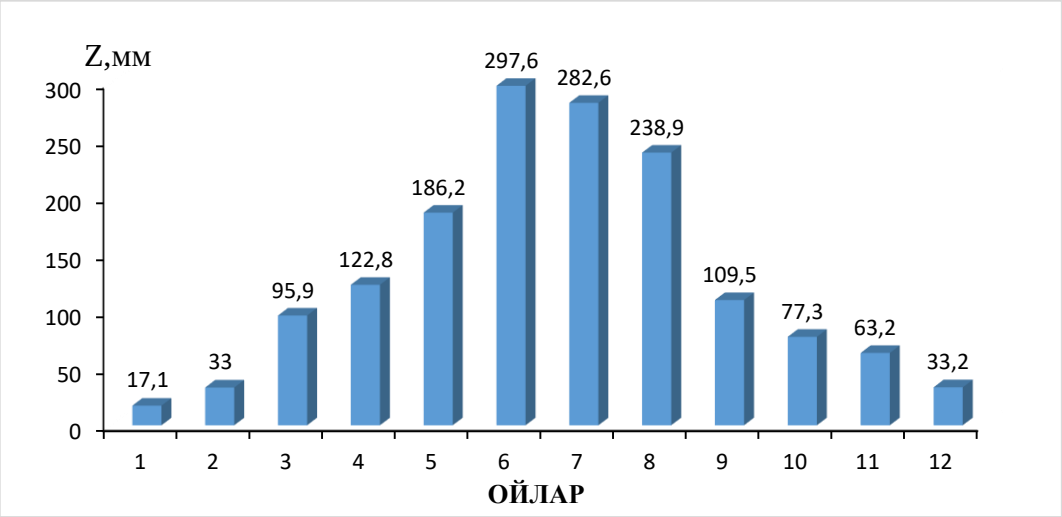
2-жадвал

Тўдакўл сув омбори юзасидан буғланиш қатламини ҳисоблаш, 2023 йил

Ҳисоблаш элементлари	ОЙЛАР											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
Ойдаги кунлар сони, n	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$0{,}15\cdot n$	4,65	4,2	4,65	4,5	4,65	4,5	4,65	4,65	4,5	4,65	4,5	4,65
$0{,}15\cdot n\cdot C$	5,58	5,04	5,58	5,4	5,58	5,4	5,58	5,58	5,4	5,58	5,4	5,58
Тўйинган сув буғининг эластиклиги, e_0	4,8	9,5	19	22,3	29,5	43,4	46,5	38,7	26,1	19,4	14,9	8,4
Сув буғининг эластиклиги, e_{200}	3,6	6,8	9,9	9,6	10,0	10,9	12,6	12,0	9,5	10,9	8,6	5,6
$d_{200} = e_0 - e_{200}$	1,2	2,7	9,1	12,7	19,5	32,6	33,9	26,7	16,6	8,5	6,3	2,8
$d_{200}^{0,78}$	1,15	2,17	5,59	7,26	10,1	15,1	15,6	12,96	8,94	5,3	4,2	2,23
Шамол тезлиги, v_{200}	2,32	2,8	2,88	2,96	3,2	3,68	3,12	3,2	1,76	2,24	2,48	2,32
$0{,}72\cdot v_{200}$	1,7	2,0	2,1	2,1	2,3	2,6	2,2	2,3	1,3	1,6	1,8	1,7
$1+0{,}72\cdot v_{200}$	2,7	3,0	3,1	3,1	3,3	3,6	3,2	3,3	2,3	2,6	2,8	2,7
Z, мм	17,1	33,0	95,9	122,8	186,2	297,6	282,6	238,9	109,5	77,3	63,2	33,2
Z, %	1,1	2,1	6,2	7,9	12,0	19,1	18,1	15,3	7,0	5,0	4,1	2,1
Йиллик буғланиш, мм/%	$\frac{1557.2}{100}$											

Тўдакўл сув омбори юзасидан 2023 йил давомида умумий буғланиш миқдори 1557,2 мм ни ташкил этди. Буғланиш қатламининг энг кичик қийматлари январь (17,1 мм) ва декабрь (33,2 мм) ойларига тўғри келган бўлса, энг юқори буғланиш июнь (297,6 мм) ва июль (282,6 мм) ойларида қайд этилган. Бу ҳолат Тўдакўл сув омбори ҳудудида ёз ойларида ҳаво ҳароратининг юқорилиги ва шамол тезлигининг нисбатан катталиги билан

изоҳланади. Мазкур ҳолатлар, ҳисоблашлар натижалари асосида қурилган диаграммада яққол акс этиб турибди (2-расм).



2-расм. Тўдакўл сув омбори юзасидан буғланиш қатламининг йил давомида ойлар бўйича ўзгариши, 2023 йил

Юқоридаги графикда йиллик буғланиш жараёнининг ойлик динамикаси тасвирланган бўлиб, унда баҳор ва ёз ойларида буғланиш жадаллиги кескин ошиши, куз ва қишда эса, аксинча, пасайиши яққол кўзга ташланади. График жадвалдаги рақамли маълумотларни визуал таҳлил қилиш имконини беради ҳамда мавсумий ўзгаришларни аниқ тасвирлайди.

Бажарилган тадқиқот натижаларини умумлаштириб, қуйидагиларни **хулоса** сифатида қайд этамиз:

1. Сув омборлари юзасидан буғланиш қатлами улар жойлашган ҳудуднинг иқлим шароити, аниқроғи, уни белгилайдиган метеорологик кўрсаткичлар, жумладан, ҳаво ҳарорати, сув юзаси ҳарорати, шамолнинг тезлиги, нам етишмаслиги кабиларга боғлиқдир;

2. Тўдакўл сув омборига яқин жойлашган Бухоро МС маълумотлри асосида, ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг характерли (энг катта, ўртача, энг кичик) қийматлари ва улар кузатилган йиллар аниқланди: $t_{мак}$=17,44 °C (2023 йил), $t_{ўрт}$=15,74 °C (1981-2024 йй.) ва $t_{мин}$=13,85 °C (1984 йил);

3. Характерли йилларда Тўдакўл сув омбори юзасидан бўлган буғланиш қатлами ҳисобланди. Ҳисоб давридаги ҳарорат энг катта бўлган 2023 йилда буғланиш қатлами 1557,2 мм ни ташкил этди. Ҳисоб даври, яъни 1981-2024 йиллардаги ўртача кўп йиллик ойлик ҳаво ҳароратлари асосида ҳисобланган буғланиш қатлами 1371,7 мм га тенг бўлди. Ҳарорат энг кичик бўлган 1984 йилда эса буғланиш қатлами 1450 мм бўлди;

4. Келажакда мазкур турдаги ҳисоблаш ишларини Ўзбекистон Республикаси ҳудудида барпо этилган бошқа сув омборлари мисолида такрорлаш ҳам илмий, ҳам амалий аҳамиятларга эга бўлган натижаларга эришишни таъминлаши аниқдир.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. *Горелкин Н.Е., Никитин А.М.* Испарение с водоемов Средней Азии. // Труды САНИИ, 1983. вып. 102(103). – Тошкент. – С. 3-32.

2. *Зайков Б.Д.* Очерки по озероведению. – Л.: Гидрометеоиздат, 1955. Ч. 1. – 271 с., 1960. Ч. 2. – 325 с.

3. *Милькис Б.Е., Зайцев А.С* Сравнителная оценка гидрометеорологического метеда расчета испарения с водной поверхности в условиях Средней Азии. // Труды САНИИРИ, 1966. вып. 111. – Тошкент. – С. 13-37.

4. *Никитин А.М.* Водохранилища Средней Азии. – Л.:Гидрометеоиздат, 1991. – 165 с.
5. *Рейзвих В.Н., Попова А.Б.* Испарение с водной поверхности в условиях Средней Азии // Труды САРНИГМИ, 1972, вып. 62(77). – С. 57–64.
6. *Xikmatov F., Xaydarov S.A., Halimova G.S., Ziyayev R.R., Rapiqov B.R.* Ko‘lshunoslik. Darslik. – Toshkent: “Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi”, 2022, – 216 b.

ТОҒ ДАРЁЛАРИ ГИДРОЛОГИК РЕЖИМИНИНГ ИҚЛИМ ИЛИШИ ШАРОИТИДАГИ ЎЗГАРИШИ (ҚАШҚАДАРЁ ҲАВЗАСИ МИСОЛИДА)

Юнусов Ғ.Х., Хўжамова М.Т., Айтбаева Н.Б., Суюнов Ж.Я.
Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

Аннотация. *Мақолада Қашқадарё ҳавзаси тоғ дарёлари гидрологик режимининг иқлим илиши шароитидаги ўзгариши ўрганилган. Шу мақсадда, ҳавзадаги дарё постларида ўлчанган сув сарфлар билан Мингчуқур метеорологик станциясида кузатилган йиллик, қишки ва ёзги атмосфера ёғинлари орасидаги боғланишлар статистик баҳоланган. Сув сарфлари билан атмосфера ёғинлари ҳамда ҳаво ҳароратларининг йиллараро тебранишлари таҳлил қилинган.*

Калит сўзлар: *дарё, сув сарфи, атмофера ёғинлари, ҳаво ҳарорати, йиллараро тебраниши, таҳлил, корреляция коэффициенти, регрессия тенгламаси.*

Аннотация. *В статье оценено изменение гидрологического режима горных рек бассейна Кашкадарьи в условиях потепления климата. С этой целью изучена связь между расходами воды, измеренными на речных гидропостов и годовыми, зимними и летними атмосферными осадками, учтенными на метеостанции Мингчукур. Проанализированы многолетних колебания средних годовых, зимных и летных расходов воды, а также атмосферных осадков и температуры воздуха.*

Ключевые слова: *река, расход воды, атмосферные осадки, температура воздуха, многолетние колебания, анализ, коэффициент корреляции, уравнение регрессии.*

Abstract. *This article assesses changes in the hydrological regime of mountain rivers in the Kashkadarya basin under climate warming. To this end, the relationship between water discharges measured at river gauging stations and annual, winter, and summer precipitation recorded at the Mingchukur meteorological station was studied. Long-term variations in average annual, winter, and summer water discharges, as well as precipitation and air temperature, were analyzed.*

Key words: *river, water flow, precipitation, air temperature, long-term fluctuations, analysis, correlation coefficient, regression equation.*

КИРИШ.

Турли табиий географик шароитга эга бўлган ҳудудларда жойлашган дарёлар ўзанларига қўшиладиган сув миқдори мазкур дарёлар ҳавзаларининг иқлим шароити билан чамбарчас боғлиқдир. Ушбу боғлиқлик дарёдаги оқим миқдорининг иқлимнинг асосий кўрсаткичлари – ҳаво ҳарорати тебранишлари ва атмосфера ёғинлари миқдорларига боғлиқ ҳолда, йиллараро ўзгарувчанлигида ва йил давомида фасллар ҳамда уларнинг алоҳида ойлари бўйича тақсимланишда акс этади. Ҳар бир дарё ҳавзасининг сув ресурсларини аниқ ҳисобга олиш, улардан самарали фойдаланиш имкониятини яратади. Республикамизда бу борада бир қанча тадқиқодлар амалга оширилган бўлиб, муайян ижобий натижаларга ҳам эришилган. Лекин, олиб борилган тадқиқотлар бундан 40-50 йил олдин бажарилганлигини, ҳозирги иқлим ўзгаришларини ҳисобга оладиган бўлсак, дарё ҳавзаларининг гидрологик

режимини янги гидрометеорологик маълумотлар асосида баҳолашни тақоза этади. Айниқса, арид ҳудудларда жойлашган дарё ҳавзаларининг гидрологик режимини баҳолаш ва улар сувидан янада самарали фойдаланиш имкониятларини яратади.

МУАММОНИНГ ЎРГАНИЛГАНЛИГИ.

Ўрта Осиё дарёларининг гидрологик режими ва сув ресурсларини дастлаб В.Л.Шульц, О.П.Щеглова, Ю.Н.Иванов, А.Р.Расулов, В.Е.Чуб, Д.Ю.Юсупова, Ф.Ҳ.Ҳикматов, Б.Е.Аденбаев, Д.М.Турғунов ва бошқалар томонидан тадқиқ этилган ва ҳозирги кунда ҳам ўрганилиб келинмоқда. Қайд этиш лозимки, юқорида санаб ўтилган олимларнинг тадқиқотлари анча олдин бажарилган бўлса, қолганлари республикамизнинг турли дарё ҳавзалари бўйича олиб борилган. Бу эса Қашқадарё ҳавзаси гидрологик режими ва сув ресурсларини ҳозирги вазиятини акс эттира олмайди. Аниқроғи, Қашқадарё ва унинг ирмоқларининг гидрологик режимини иқлим ўзгаришлари шароитида, ҳозирги ҳолатини ўрганиш ҳамда янги гидрометеорологик маълумотлар асосида ҳавзанинг сув ресурсларини миқдорий баҳолаш **долзарб** масалалардан биридир.

Ишда қўйилган масалани ёритишда **тадқиқот объекти** сифатида Қашқадарё ҳавзаси дарёлари танлаб олинди. Тадқиқот объектига мос равишда, дарёлар сув режимини иқлимий омилларга боғлиқ ҳолда ўзгаришини тадқиқ этиш масалалари ишнинг тадқиқот предмети ҳисобланади.

Мазкур ишнинг **асосий мақсади** Қашқадарё ҳавзаси дарёлари гидрологик режимига иқлимий омиллар - атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳароратининг биргаликдаги таъсирини статистик таҳлил қилишдан иборат.

Ушбу мақсадга эришиш учун ишда қуйидаги **вазифалар** белгиланди ва тадқиқот жараёнида ўз ечимини топди: Қашқадарё ҳавзаси дарёлари йиллик оқими билан мавсумий, яъни қишки ҳамда ёзги атмосфера ёғинлари миқдорлари орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш; ҳавза дарёлари ўртача йиллик сув сарфлари билан ёзги ҳаво ҳароратлари миқдорлари орасидаги боғлашларни ифодаловчи жуфт корреляция коэффициентларини аниқлаш; дарёлар оқими билан қишки ҳамда ёзги атмосфера ёғинлари ва ёзги ҳамда ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг биргаликдаги тебранишларни ўрганиш ва уларнинг тенгламаларни тузиш.

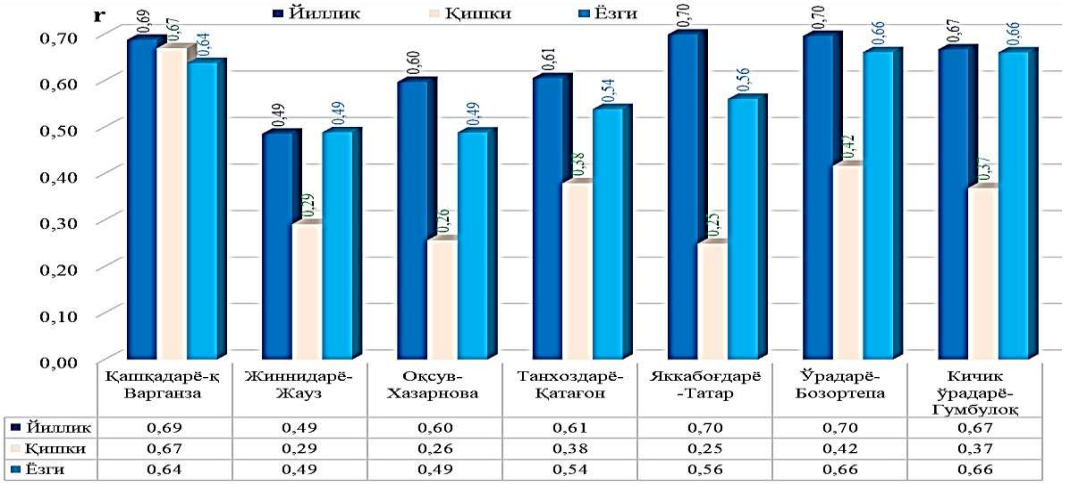
ТАДҚИҚОТ УСЛУБЛАРИ

Ишни бажариш жараёнида Қашқадарё ҳавзасида жойлашган, Ўзгидромет тасарруфидаги гидрологик постларида кузатилган ўртача кўп йиллик (1951-2020 йй.) сув сарфлари ҳамда метеорологик станцияларда қайд этилган ҳаво ҳарорати ва атмосфера ёғинлари ҳақидаги маълумотларидан фойдаланилди. Тадқиқотда географик умумлаштириш ва таққослаш, замонавий гидрологик ҳисоблашлар, эҳтимоллар назаряси ва математик статистика усуллари қўлланилди.

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ МУҲОКАМАСИ.

Тадқиқот ишида ҳисоб даври сифатида 1951-2021 йилги маълумотлар тўпланди, бир тизимга солинда ва таҳлил қилинди. Тўпланган гидрометеорологик маълумотлар асосида ҳавзадаги гидрологик постларда кузатилган ўртача йиллик сув сарфлари билан Мингчуқур метеорологик станциясида (МС) шу даврлардаги атмосфера ёғинлари орасидаги боғланиш графиклари чизилди. Ушбу графиклардан Қашқадарё-Варганза гидрологик постида кузатилган сув сарфи билан Мингчуқур МС да қайд этилган атмосфера ёғинлари орасидаги боғланиш графигининг корреляция коэффициенти 0,69 га, қишки даврдаги корреляция коэффициенти 0,67 га ва ёзги даврдаги қийматлар асосида чизилган боғланиш графигида эса корреляция коэффициенти 0,64 га тенглиги аниқланди (1-расм). Ҳавзадаги барча дарёларда йиллик қийматлар асосида чизилган боғланиш графиклари яхши натижалар берди. Ушбу боғланишлар асосида аниқланган корреляция коэффициентининг максимал

қиймати (r=0,70) Яккабоғдарё ва Ўрадарёларга тенг бўлган бўлса, минимал қиймати (r=0,49) Жиннидарёнинг Жауз гидропостига тўғри келган.



	Қашқадарё-қ Варганза	Жиннидарё-Жауз	Оқсув-Хазарнова	Танхоздарё-Қатағон	Яккабоғдарё-Татар	Ўрадарё-Бозортепа	Кичик ўрадарё-Гумбулоқ
Йиллик	0,69	0,49	0,60	0,61	0,70	0,70	0,67
Қишки	0,67	0,29	0,26	0,38	0,25	0,42	0,37
Ёзги	0,64	0,49	0,49	0,54	0,56	0,66	0,66

1-расм. Сув сарфлари билан атмосфера ёғинлари орасидаги боғланишларни ифодаловчи корреляция коэффициентининг ўзгариши

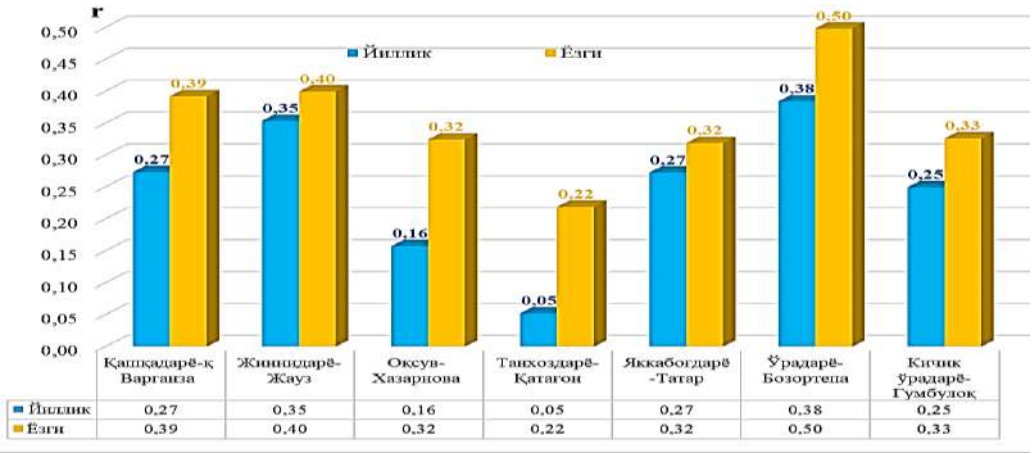
Корреляция коэффициентларининг ёзги давр бўйича чизилган боғланишларда корреляция коэффициентининг энг катта қиймати Ўрадарё-Бозортепада ва Кичик Ўрадарё-Гумбулоқда бир хил яъни, 0,66 ни ташкил этган, энг кичик натижа эса Жиннидарё-Жауз билан Оқсув-Хазарновада (0,49) кузатилган.

Қишки қийматлар асосида чизилган графикларда корреляция коэффициентининг максимал қиймати Қашқадарё-Варганза гидрологик постига, минимал қиймати эса, Яккабоғдарё ва Оқсувдарёларига тўғри келди.

Юқоридагилардан, Қашқадарё ҳавзаси дарёлари сув сарфлари билан атмосфера ёғинлари орасидаги боғланишларда йиллик ёғин миқдорларининг улуши устунлигин кўришишимиз мумкин.

Дарёлар гидрологик режимига таъсир этувчи иқлимий омиллардан яна бири ҳисобланган ҳаво ҳарорати билан сув сарфлари орасидаги боғланишлар ҳам Мингчуқур МС маълумотлари асосида ўрганишга қаратилди. Шу мақсадда ҳавза дарёлари сув сарфларининг ўртача йиллик қийматлари ва Мингчуқур МСда қайд этилган ёзги ва ўртача йиллик ҳаво ҳароратлари маълумотлари асосида ўрганилди.

Ушбу боғланиш графикларида, Қашқадарё-Варганза гидрологик постида кузатилган сув сарфлари билан Мингчуқур МСда қайд этилган ҳаво ҳароратларининг ўртача йиллик қийматлари асосида чизилган боғланиш графигида корреляция коэффициенти 0,27 ни ташкил этди. Йиллик сув сарфлари билан ёзги даврдаги ҳаво ҳароратларининг ўртача қийматлари асосида чизилган боғланиш графигида эса корреляция коэффициенти 0,39 га тенг бўлди (2-расм). Юқоридаги каби боғланиш графиклари Қашқадарё ҳавзасидаги барча гидрологик постлар учун ҳам ўрганилди. Уларнинг корреляция коэффициентлари 2-расмда келтирилган.



2-расм. Сув сарфлари билан ҳаво ҳароратлари орасидаги боғланишларни ифодаловчи корреляция коэффициентлари

Графикдан кўриниб турибдики, ўзгарувчиларнинг ўртача йиллик қийматлари ва ёзги ҳароратлар асосида чизилган боғланишларда корреляция коэффициентининг энг катта қиймати Ўрадарё-Бозортепа постига тўғри келган. Минимал қиймати эса Танхоздарё-қ.Қатағонда кузатилган. Умуман олганда дарё оқими билан ҳаво ҳарорати орасидаги боғланишларда ёзги ҳаво ҳароратнинг устунлиги кўриниб турибди.

Қашқадарё ҳавзаси дарёларида кузатилган сув сарфлари билан Мингчуқур МСда кузатилган ҳаво ҳароратлари орасидаги боғланишларнинг деярли барчасида корреляция коэффициентининг қийматлари жуда кичикдир. Шу сабабли ушбу графиклар ва регрессия тенгламаларидан амалиётда фойдаланиш тавсия этилмайди.

Тадқиқотнинг кейинги босқичида Қашқадарё ҳавзаси дарёлари гидрологик режимини иқлим ўзгаришлари шароитида ўзгаришини тадқиқ этиш мақсадида ҳавзадаги барча дарёлар сув сарфлари билан Мингчуқур МСда кузатилган атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳароратларининг йиллараро тебранишини биргаликдаги тебраниш графиклари чизилди ва ўзаро солиштирилди. Ўртача йиллик сув сарфлари билан Мингчуқур МС да қайд этилган йиллик атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳароратлари қийматларининг йиллараро ўзгариш графиклардан тренд тенгламалари аниқланди (1-жадвал).

1-жадвал

Сув сарфлари билан атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳароратларининг йиллараро ўзгаришини ифодаловчи тренд тенгламалари

№	Гидрологик пост ва метеорологик станция номи	Ҳисоб даврлари	Тренд тенгламаси
1	Қашқадарё-қ Варганза, Мингчуқур	$Q_{ўрт}$, м^3/с	y = -0,0008x + 6,6674
		$Q_{қиш}$, м^3/с	y = 0,0141x - 23,653
		$Q_{ёз}$, м^3/с	y = -0,0157x + 36,988
		$X_{йил}$, мм	y = -0,3889x + 1443,5
		$X_{қиш}$, мм	y = -0,0433x + 566,96
		$X_{ёз}$, мм	y = -0,3456x + 876,52
		$t_{йил}$, ^{0}C	y = 0,0128x - 17,351
		$t_{қиш}$, ^{0}C	y = 0,0112x - 21,152
		$t_{ёз}$, ^{0}C	y = 0,0129x - 10,735
2	Жиннидарё-Жауз, Мингчуқур	$Q_{ўрт}$, м^3/с	y = -0,0177x + 47,056
		$Q_{қиш}$, м^3/с	y = 0,0154x - 29,181

		$Q_{ёз}$, м^3/с	y = 0,0304x - 58,152
3	Оқсув-Хазарнова, Мингчуқур	$Q_{ўрт}$, м^3/с	y = -0,0177x + 47,056
		$Q_{қиш}$, м^3/с	y = -0,0117x + 27,148
		$Q_{ёз}$, м^3/с	y = -0,0237x + 66,965
4	Танхоздарё-Қатағон, Мингчуқур	$Q_{ўрт}$, м^3/с	y = -0,0073x + 18,454
		$Q_{қиш}$, м^3/с	y = -0,0029x + 6,8692
		$Q_{ёз}$, м^3/с	y = -0,0125x + 31,496
5	Яккабоғдарё-Татар, Мингчуқур	$Q_{ўрт}$, м^3/с	y = -0,0204x + 46,155
		$Q_{қиш}$, м^3/с	y = -0,0177x + 36,662
		$Q_{ёз}$, м^3/с	y = -0,023x + 55,649
6	Ўрадарё-Бозортепа, Мингчуқур	$Q_{ўрт}$, м^3/с	y = -0,015x + 33,81
		$Q_{қиш}$, м^3/с	y = 0,0748x - 134,5
		$Q_{ёз}$, м^3/с	y = 0,0095x + 12,089
7	Кичикўрадарё-Гумбулоқ, Мингчуқур	$Q_{ўрт}$, м^3/с	y = 0,0025x - 3,5073
		$Q_{қиш}$, м^3/с	y = -0,0051x + 11,062
		$Q_{ёз}$, м^3/с	y = 0,0068x - 11,545

Ишда дастлаб, ҳисоб давридаги Мингчуқур МСда кузатилган ўртача йиллик ва қишки атмосфера ёғинларининг йиллараро ўзгаришининг биргаликдаги графиклари чизиб олинди ва уларнинг тренд тенгламалари ҳисобланди. Тренд тенгламаларидан Мингчуқур МСда кузатилган ўртача йиллик ва қишки атмосфера ёғинларининг камайганлигини кўриш мумкин. Чунки, ҳисоб даврида тренд тенгламалари манфий қийматни ташкил этди.

Сўнгра, МС да кузатилган ўртача йиллик, қишки ва ёзги ҳароратларнинг йиллараро ўзгариши таҳлил қилинди. Ҳаво ҳароратининг тренд тенгламаларининг барчаси мусбат қийматларни ташкил этди. Бундан кўринадики, ҳаво ҳарорати барча даврларда маълум даражада кўтарилган.

Ҳаво ҳароратининг даврлар бўйича ўзгаришини таҳлил қилганимизда ўртача ҳаво ҳарорати 1951 йилда 7,5 ^{0}C га тенг бўлган бўлса, 2021 йилга келиб, унинг қиймати 8,3 ^{0}C га тенг бўлган. Ҳисоб даврида 0,8 ^{0}C га ортган. Йилнинг илиқ даврида эса 14,4 ^{0}C дан 15,5 ^{0}C га, совуқ даврда 0,8 ^{0}C дан 1,6 ^{0}C га кўпайганлигини гувоҳи бўлдик.

Тадқиқотнинг сўнггида дарё ҳавзаларидаги сув сарфларининг ўртача йиллик, қишки ва ёзги қийматларининг йиллараро ўзгариш графиклари чизилиб, таҳлил қилинди. Барча графикларда атмосфера ёғинлари кўп бўлган йиллари билан сув сарфларининг максимал қийматларининг тебраниши бир хил кузатилди. Графиклардан тренд тенгламалари ҳисобланганда айрим гидрологик постларда у мусбат қийматни ташкил қилган бўлса, айрим постларда манфий қийматга тенг бўлди.

Ҳавзадаги Жиннидарё-Жауз, Оқсув-Хазарнова, Танхоздарё-Қатағон ва Яккабоғдарё-Татар сув ўлчаш постларида, ҳар уччала давр учун ҳисобланган тренд тенгламалари манфий қийматга тенг бўлди. Қашқадарё-қ Варганза ва Жиннидарё-Жауз эса тренд тенгламаси фақат ўртача йиллик сув сарфлари асосида чизилган графикларда манфий қийматга тенг бўлди. Варганза постида ёзги сув сарфлари асосидаги графикда манфий, қишки даврда эса мусбат қийматга тенг бўлди. Жиннидарё-Жауз постида эса унинг акси яъни, ёзги даврда мусбат, қишки даврда эса манфий қийматга тенг бўлди. Ҳавзадаги ягона Ўрадарё-Бозортепада сув ўлчаш постида ҳар уччала даврда тренд тенгламалари мусбат қийматга тенг бўлди.

ХУЛОСА

1. Дарёлар сув сарфлари билан атмосфера ёғинлари орасидаги боғланиш графиклари асосида аниқланган корреляция коэффициентларининг ўртача йиллик ва ёзги давр учун аниқланган қийматлари, қишки давр учун аниқланган миқдорга нисбатан яхши натижа кўрсатди;

2. Ўртача йиллик, қишки ва ёзги ув сарфлари ва ҳаво ҳароратлари орасидаги боғланиш графиклари учун корреляция коэффициентларининг миқдорлари асосан ёзги даврда юқори эканлиги аниқланди;

3. Жиннидарё-Жауз, Оқсув-Хазарнова, Танхоздарё-Қатағон ва Яккабоғдарё-Татар сув ўлчаш постларида сув сарфларининг қийматлари ҳар уччала давр учун камайганлиги аниқланди. Қашқадарё-қ Варганза ва Жиннидарё-Жауз постида фақат ўртача йиллик сув сарфлари камайган. Варганза постида ёзги сув сарфлари камайган, қишки даврда эса кўпайган. Жиннидарё-Жауз постида эса унинг акси яъни, ёзги даврда кўпайиб, қишки даврда эса камайган. Ўрадарё-Бозортепа гидрологик постида ҳар уччала даврда ҳам сув сарфлари кўпайган.

Албатта булар дастлабки хулосалар бўлиб, келажакда ўртача ойлик қийматлар асосида ўрганиш янада яхшироқ натижаларга эришишга сабаб бўлади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статитические методы в гидрологии. -Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 423 с.
2. Рождественский А.В., Үежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. -Л.: Гидрометеоиздат. 1990. – 275 с.
3. Турғунов Д.М. Дарёларда кам сувли йилларни ўрганишда қўлланиладиган гидрологик кўрсаткичлар ва атамалар ҳақида // Ўз ГЖ ахбороти. 46-жилд. –Тошкент, 2015. – Б. 169-173.
4. Турғунов Д.М., Ҳикматов Ф.Ҳ. Ўзбекистон тоғ дарёларида кузатиладиган ҳалокатли кам сувли йилллар ва уларни аниқлаш // Ўз ГЖ ахбороти. 55-жилд. –Тошкент, 2019. – Б. 185-190.
5. Чуб В.Э. Изменение климата и эго влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: Voris-nashriyot, 2007. – 132 с.
6. Чуб В.Э. Изменение климата и эго влияние на природно-ресурсный потенсиал Республики Узбекистан. – Ташкент: САНИГМИ, 2000. – 252 с.
7. Щульц В.Л., Машрапов Р.М. Ўрта Осиё гидрографияси. –Тошкент: Ўқитувчи, 1968. – 328 б.
8. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. -Ташкент: Изд-во СамГУ, 1960. -243с.
9. Ҳикматов Ф.Ҳ., Юнусов Ғ.Х. Тоғ дарёлари оқими миқдорини метеорологик омилларга боғлиқ ҳолда баҳолаш масалалари //ЎзГЖ ахбороти. -Тошкент, 2017. 50 -жилд, -Б. 193-198.

BO‘Z TUPROQLARNING GUMUSI VA ORGANIK – MINERAL KARBONNING VERTIKAL TAQSIMLANISH XUSUSIYATLARI

Axatov Abdusamat, Boboyev Hasan Odilovich,
Baybaeva Nargiza Sayfutdinovna, Kamilov Shuxrat Erkinovich,
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish ilmiy tadqiqot instituti

Annotatsiya: Ushbu maqolada O‘zbekistonning janubiy qismida tarqalgan tipik, lalmikor, to‘q tusli bo‘z tuproqlarda gumusning va organik-mineral karbon guruhlari miqdori hamda yerdan foydalanish shaklining ush bu ko‘rsatgichlarga ta’siri. Sug‘oriladigan yerlarda gumus miqdori yuqoriroq (1,5 - 1.9%), ammotezparchalanishi, to‘q tusli bo‘z tuproqlar gumusga boy, tipik bo‘z

tuproqlar esa karbonatlarga boyligi,mineral karbonning tarqalishi asosan tuproq tarkibidagi mineral moddalar $CaCO_3$,, $MgCO_3$, Na_2CO_3, K_2CO_3 va xakazolarga chambarchas bog‘liqligi keltirilgan.

Kalit so‘zlar: Gumus, karbon, vertikal taqsimlanish, agroekologik xususiyatlar, mineralizatsiya, eroziya.

Аннотация: В статье рассматривается содержание гумуса и органо-минеральных соединений углерода в типичных, суглинистых, темных сероземах, распространенных в южной части Узбекистана, а также влияние характера землепользования на эти показатели. Отмечено, что на орошаемых землях содержание гумуса выше (1,5-1,9%), но он быстро разлагается, темный сероземы богаты гумусом, а типичный серозем– богаты карбонатами, причем распределение минерального углерода тесно связано с минеральными веществами в составе почвы, в основном $CaCO_3$, $MgCO_3$, Na_2CO_3, K_2CO_3 и др.

Ключевые слова: Гумус, углерод, вертикальное распределение, агроэкологические особенности, минерализация, эрозия.

Abstract: The article examines the content of humus and organic-mineral carbon compounds in typical, loamy, dark gray soils common in southern Uzbekistan, as well as the impact of land use on these indicators. It has been noted that humus content is higher on irrigated land (1.5-1.9%), but it decomposes quickly. Dark serozems are rich in humus, while typical serozems are rich in carbonates, and the distribution of mineral carbon is closely related to the mineral substances in the soil, mainly $CaCO_3$, $MgCO_3$, Na_2CO_3, K_2CO_3, etc.

Key words: Humus, carbon, vertical distribution, agroecological features, mineralization, erosion.

KIRISH.

So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishi, suv resurslarining kamayishi hamda intensiv dehqonchilik jarayonlari tuproqning organik modda zaxirasini qisqartirib, gumus miqdorining pasayishiga olib kelmoqda. Ayniqsa, bo‘z tuproqlarda gumusning vertikal taqsimlanish qonuniyatlarini, organik va mineral karbon fraksiyalarining o‘zaro nisbatini o‘rganish – tuproq unumdorligini saqlash va qayta tiklash strategiyasini ishlab chiqishda muhim ilmiy – amaliy ahamiyatga ega.

Organik va mineral karbon miqdorining qatlamlar bo‘yicha o‘zgarishi tuproq hosil bo‘lish jarayonlari, irrigatsiya, meliorativ xolat, hamda agrotexnik tadbirlarning samaradorligini baholash imkonini beradi. Shu sababli, bo‘z tuproqlarda gumus va karbon shakllarining vertikal taqsimlanishini chuqur tahlil etish – ekologik barqarorlikni ta’minlash, eroziyaga qarshi kurashish va uglerod balansini boshqarish nuqtai nazaridan dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Bo‘z tuproqlar O‘zbekiston hududining katta qismini, ayniqsa respublikamizning janubiy mintaqalarini egallaydi. Ular o‘ziga xos morfologik tuzilish, fizik – kimyoviy xususiyatlar hamda iqlim sharoitlariga moslashgan shakllanish jarayonlari bilan ajralib turadi. Bo‘z tuproqlarda gumusning vertikal taqsimlanishi va karbon fraksiyalarining chuqurlik bo‘yicha o‘zgarishini o‘rganish – bu tuproq unumdorligi, uglerod aylanishi hamda ekologik barqarorlikni ta’minlash nuqtai nazardan dolzarb masalalardan biridir.

Tuproq unumdorligining eng muhim ko‘rsatkichlaridan biri – gumusdir. Gumus o‘simliklar uchun ozuqa manbai bo‘lishi bilan birga, tuproqning suv sig‘imi, agregat barqarorligini va mikrobiologik faoliyatini oshiradi. Shu bilan birga, gumus tarkibidagi organik uglerod atmosferadagi CO_2 bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, tuproqlarda uglerod to‘planishining (sekvestratsiyasining) tabiiy mexanizmini ta’minlaydi (Lal, 2018).

Quruq iqlim sharoitida gumusning parchalanish tezligi yuqori bo‘lganligi sababli, tuproqdagi organik modda zaxiralari tez kamayadi. Natijada, uglerod aylanishining tabiiy muvozanati buziladi va bu tuproq degradatsiyasiga olib keladi.

Mazkur holatda antropogen bosim, noto‘g‘ri agrotexnika, eroziya va namlik yetishmasligi gumus zahiralarining kamayishiga sabab bo‘lmoqda. Ayniqsa, lalmi va sho‘rlanishga moyil yerlarda organik moddalarning qayta tiklanish jarayoni sust kechadi. Bunday sharoitda o‘simlik biomassasi kam bo‘ladi, natijada tuproqda organik uglerod miqdori keskin kamayadi. Shu sababli bo‘z tuproqlarda gumusning vertikal taqsimlanishi va karbon fraksiyasining o‘zgarishini o‘rganish, ularning genetik qatlamlari bo‘yicha barqarorlik darajasini aniqlash ilmiy va amaliy jihatdan nihoyatda muhimdir.

Xalqaro ilmiy amaliy manbalarga ko‘ra (FAO, 2022), quruq iqlimli mintaqalarda tuproqdagi organik uglerod miqdori 0,5-1,0 % oralig‘ida bo‘ladi. Ammo intensiv dehqonchilik yuritiladigan yerlarda bu ko‘rsatkich 0,2 % gacha kamayishi mumkin. Bu esa tuproqlarning uglerod zaxiralari qisqarishiga, demakki, ularning unumdorlik darajasini pasayishiga olib keladi.

O‘zbekistonning janubiy qismi (Kitob, Yakkabog‘ va Shaxrisabz tumanlari) o‘zining quruq va issiq iqlimi, notekis yog‘in – sochin taqsimlanishi bilan xarakterlanadi. Shu sababli, bu hududlarda bo‘z tuproqlar turlicha agroekologik sharoitda shakllangan, ba’zilari sug‘oriladigan, boshqalari esa lalmi yoki tabiiy o‘simlik ostida saqlanib qolgan. Ushbu tuproq turlari gumus va karbon fraksiyalarining taqsimlanishida sezilarli farq ko‘rsatadi.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundaki, bo‘z tuproqlarda gumus va organik – mineral karbonning vertikal taqsimlanish qonuniyatlarini o‘rganish orqali tuproq unumdorligini saqlash, uglerod sekvestratsiyasi jarayonlarini boshqarish hamda barqaror agroekologik tizimlarni shakllantirish imkoniyatini yaratadi. Ayniqsa, sug‘oriladigan yerlarda organik moddalarning tez mineralizatsiyasi, lalmi yerlarda esa biomassaning kamligi tufayli hosil bo‘ladigan farqlarni aniqlash, bu tuproqlarda dehqonchilik tizimini takomillashtirishda muhim rol o‘ynaydi.

Shu asosda tadqiqodning maqsadi – Kitob, Yakkabog‘ va Shaxrisabz tumanlari bo‘z tuproqlarida gumus, organik va mineral karbonning chuqurlik bo‘yicha taqsimlanishini aniqlash, ularning o‘zaro bog‘liqligini baholash hamda gumus zaxiralariga iqlim va xo‘jalik omillarining ta’sirini o‘rganishdan iborat. Tadqiqot natijalari bo‘z tuproqlarda gumus zaxiralarini tiklash, organik o‘g‘itlardan samarali foydalanish va uglerod sekvestratsiyasi uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini beradi.

So‘ngi yillarda dunyo miqiyosida tuproqlarda gumus zahirasining kamayishi, uglerod aylanishidagi nomutanosiblik va iqlim o‘zgarishining tezlashuvi global ekologik muammolardan biriga aylandi. Xalqaro ilmiy manbalarda ta’kidlanishicha, gumus zaxirasining saqlanish tuproqdagi karbon siklining asosiy omillaridan biri hisoblanadi (FAO, 2020: Lal 2018).

FAO (2022) ma’lumotlariga ko‘ra, dunyo bo‘yicha quruq iqlimli hududlarda joylashgan tuproqlarda organik uglerod miqdori, odatda, 0,5 – 1,0 % oralig‘ida bo‘ladi. Ammo intensiv dehqonchilik olib borilayotgan maydonlarda bu ko‘rsatkich 0,2 % gacha tushib ketishi mumkin. Lal (2018) o‘z tadqiqodlarida atmosferaga chiqayotgan CO_2 ni kamaytirishning eng tabiiy mexanizmlaridan biri sifatida tuproqda uglerod sekvestratsiyasi jarayoni deb ta’kidlaydi. Unga ko‘ra, tuproqda barqaror organik modda shakllarining (gumus va gumantlar) to‘planishi nafaqat iqlimni barqarorlashtiradi, balki yer unumdorligini xam saqlab qoladi.

McBratney va boshqalar (2014) o‘z ishlarida tuproqdagi organik uglerod miqdori ko‘p jihatdan agrotexnika, biomassa qaytishi, namlik rejimi va harorat bilan belgilanadi deb ta’kidlaydi. Ularning tadqiqodlariga ko‘ra, quruq iqlimli mintaqalarda organik moddalarning parchalanish tezligi yuqori bo‘lib, bu gumus zaxiralarining kamayishiga olib keladi.

Mishra (2020) Hindistonning yarim quruq iqlimli hududlarida olib borilgan tadqiqodlarda, minimal haydash, mulchalash va kompostlash texnologiyalari gumus zaxiralarini 15-25% gacha

ko‘paytirganini qayd etadi. Shuningdek, dukkakli ekinlar bilan almashlab ekish organik moddalarning tabiiy tiklanishini tezlashtiradi.

Markaziy Osiyo mamlakatlarida olib borilgan izlanishlar ham shunga o‘xshash natijalarni ko‘rsatadi.

Sug‘oriladigan yerlarda gumus nisbatan ko‘proq, biroq tez mineralizatsiyalanadi, lalmi yerlarda esa biomassaning kamligi sababli gumus zaxirasi past bo‘ladi.

Uzunboeva D. (2021) ma’lumotlariga ko‘ra, Surxandaryo va Qashqadaryo viloyatlaridagi lalmi bo‘z tuproqlarida shamol eroziyasi va biomassaning yetishmasligi natijasida gumus 0,3 – 0,5 % oralig‘ida bo‘lib, bu tuproqning degradatsiya bosqichiga o‘tganligini ko‘rsatadi. Aksincha, sug‘oriladigan yerlarda gumus 1,5 – 1,9 % gacha yetadi, ammo bu barqaror zaxira emas – intensiv dehqonchilik tufayli tez parchalanadi.

Lal (2018) hamda FAO (2022) tadqiqodlarida ta’kidlanishicha, tuproqda gumusni barqaror saqlash uchun quyida agrotexnik choralar eng samarali hisoblanadi:

- Kompost va go‘ng qo‘llash – biomassa manbasini tiklaydi;
- Minimal haydash – tuproq strukturasini saqlaydi;
- Mulchalash – namlikni ushlab turadi va haroratni barqarorlashtiradi;
- Dukkakli ekinlar bilan almashlab ekish – biologik azot manbaini oshiradi;
- Organik moddalarning qayta aylanish tizimi – karbon sekvestratsiyasini kuchaytiradi.

Yevropa olimlari ham (Schmidt et al., 2018 Panagos, 2020) tuproqda barqaror gumus zaxiralarini saqlash uchun mineral o‘g‘itlar bilan birgalikda organik moddalarning muntazam kiritilishini tavsiya etadilar. Ularning fikricha, organik uglerodning 1% ga oshishi hosildorlikni 5 -10 % gacha ko‘tarishi mumkin.

Shu asosda, adabiyotlarni umumlashtirib aytish mumkinki, gumus va karbonning vertikal taqsimlanishi:

- Iqlim (harorat, namlik, yog‘in);
- Tuproqqa ishlov berish texnologiyasi;
- O‘simlik turlari va biomassaning qaytishi;
- Eroziya jarayonlari bilan bevosita bog‘liq.

Demak, bo‘z tuproqlarda gumus zaxirlarini barqaror saqlash va organik – mineral karbonni optimal darajada tutib turish uchun tabiiy sharoit bilan uyg‘un agrotexnika tizimini qo‘llash zarur.

TADQIQOT OB’EKTI

Tadqiqot ishlari O‘zbekistonning Qashqadaryo viloyati hududida joylashgan Kitob, Yakkabog‘ va Shaxrisabz tumanlarida olib borildi. Ushbu hududlar relefi, iqlimi va tuproq xususiyatlari jihatidan bir – biridan farq qiladi, bu esa gumus va karbonatlar taqsimlanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Kitob tumani – tog‘ oldi mintaqasida joylashgan bo‘lib, iqlimi quruq va kontinental. Tuproqlari asosan tipik bo‘z tuproqlardan iborat. Qishloq xo‘jaligida paxta, bug‘doy va beda asosiy ekinlar hisoblanadi. Suv ta’minoti ko‘p hollarda yomg‘ir suvlari hisobiga bo‘ladi (lalmi yerlarda).

Shaxrisabz tumani – sug‘oriladigan dehqonchilik mintaqasiga kiradi. Tuproqlari o‘rta qumoqli bo‘z tuproqlar bo‘lib, sug‘orish tizimlari rivojlangan. Asosan paxta, g‘alla va sabzavot ekinlari almashilab ekiladi. Gumus miqdori yuqori qatlamda nisbatan ko‘p.

Yakkabog‘ tumani – tog‘ etaklari va vodiy qismini o‘z ichiga oladi. Tuproqlari to‘q tusli bo‘z tuproqlar, mexanik tarkibi jihatdan yengilroq, ba’zi joylarda qumoq – qumtuproqli qatlamlar uchraydi. Namlik o‘rtacha darajada, relef esa biroz tik.

Har bir tuman tuproq unumdorligi, sug‘orish darajasi va organik modda zaxiralari bo‘yicha bir – biridan farq qiladi, bu esa tadqiqot uchun qiyosiy tahlil imkonini beradi. Ushbu hududlarda

tipik bo‘z tuproq profillari ochilib, 0 – 100 sm chuqurlikkagacha tuproq namunalar olindi. Namuna olish chuqurlik bo‘yicha genetik qatlamlarga ajratilgan holda amalga oshirildi:

TADQIQOT USLUBLARI.

Namunalarda quyidagi taxlillar laboratoriya sharoitida aniqlandi:

- Gumus – Tyurin usuli bo‘yicha;
- Erkin karbonat (CO_2) – atsidometrik usulda;
- Kalsiy karbonat ($CaCO_3$) – mavjud karbonat massasini qayta hisoblash orqali;
- Organik va mineral karbon – kimyoviy tahlillar asosida aniqlangan

Tadqiqot natijalari va muhokamasi.

Tajriba maydonlarining foydalanish turlari quyidagicha tasniflanadi:

1. Quruq er (lalmi) – tabiiy o‘tloq va bug‘doy etishtiriladigan maydonlar;
2. Lalmi erlar – bug‘doy etishtiriladigan, sug‘orilmaydigan erlar;
3. Sug‘oriladigan erlar – paxta, g‘alla almashilab ekiladigan, yillik suv ta’minoti bilan bog‘liq maydonlar.

Sug‘oriladigan va lalmi tipik bo‘z tuproqlarga qaraganda quruq tuproqlarda nisbatan gumus miqdori yuqoriroq chunki, bu quruq tuproqlar ag‘darib haydalmaydi. Sug‘oriladigan va lalmi tipik bo‘z tuproqlar ag‘darib haydaladi. Shu sababli bu tuproqlarda gumus miqdori kamayib boradi. Chunki tuproq ag‘darib haydalganda shu qatlam kislorodga to‘yinadi. Natijada gumus oksidlanib CO_2 va N_2O ga parchalanib kamayadi.

Tuproqdagi gumus formulalari quyidagicha:

Quruq tuproqda $C_{94}R_{354}O_{20}N_9$

Lalmi tuproqda $C_{59,2}H_{227}O_{13}N_6$

Eskitdan sug‘oriladigan tuproqda $C_{84,6}H_{323}O_{18,4}N_{8,3}$

Quruq tuproqlarga nisbatan, lalmi va qadimdan sug‘oriladigan tuproqlarda gumus formulasidagi elementlar C, H, O, N atomlar soni kamayib borishini yuqoridagi formuladan ko‘rish mumkin. Ag‘darib haydalgan lalmi tipik bo‘z tuproqlarda bu elementlarning kamayishi tabiiy holdir. Ag‘darilib haydaladigan tuproqlarda gumusning kamayishi 1,6 marta kamaygan.

Masalan: lalmi tuproqlarda quyidagicha reaksiya tenglamasi hosil bo‘ladi:

$C_{59}H_{227}O_{13}N_6 + 67\,O_2 \rightarrow 30CO_2 + 6NH_3 + 29H2\,CO_3 + 75{,}5H_2O$

Qadimdan sug‘oriladigan tipik bo‘z tuproqlarda gumus qayta tiklanayotganligini reaksiya tenglamasidan ko‘rish mumkin.

$C_{85}H_{333}O_{18}N_8 + 153{,}25O_2 \rightarrow 40CO_2 + 8NH_3 + 45H_2\,CO_3 + 109{,}5\,H_2O$

To‘q tusli bo‘z tuproq quruq, o‘rta qumloqli Shaxrisabz tumani tog‘ oldi balandlikda shimoliy ekspozitsiyada joylashganligi, o‘simliklar qoplami zich joylashganligi uchun undagi gumus miqdori 0–7 sm qalinlikdagi qatlamda 2,24 % ni tashkil qiladi.

Tadqiqot olib borilgan barcha tuproqlarda CO_2 miqdori 5,5 – 8,9 % atrofida tebranib turadi.

Kalsiy karbonat quruq tipik bo‘z tuproqlarda K– 1 profilida yuqori qatlamdan pastki qatlamga qarab ortib borishini 1 – jadval ma’lumotlaridan ko‘rish mumkin.

Tipik bo‘z lalmikor tuproqda K -2, $CaCO_3$ 0 – 28sm qatlamda 17,74% ni tashkil qilgan bo‘lsa, yog‘ingarchilik ta’sirida biroz yuvilgan bo‘lib, 28-39sm qatlamda to‘planib, karbonatli bar’erni hosil qilib 20,24%, undan keying pastki qatlamlarda sezilarli darajada 19,33%ga kamaygan.

Yakkabog‘ tumanidagi to‘q tusli lalmikor bo‘z tuproq profilida $CaCO_3$ 0-27sm xaydalma va xaydalma osti qatlamda 12,73% bo‘lib, bir –xil miqdorda taqsimlangan. Pastki qatlamga qarab, sezilarli darajada kamayib boradi. Bu shuni ko‘rsatadiki Yakkabog‘ tumanida ayniqsa, to‘q tusli lamikor tuproqlarga yog‘in miqdori kam tushganligidan dalolatdir. Chunki buni tuproq profilida $CaCO_3$ ning miqdori yuvilmagan. Pastki qatlamlarga nisbatan ustunlik qilishini 1 – jadval ma’lumotlaridan ko‘rish mumkin.

Tadqiqot olib borilgan tuman tuproq kesmalari profilidan organik va mineral karbonatli qatlamlarda taqsimlanishini tahlil qilib chiqamiz. Barcha tuproq turlarida organik karbon, shu tuproqlardagi gumus, organik modda massasiga bog‘liq ravishda o‘zgarib turishini jadval ma’lumotlaridan kuzatish mumkin. Qaysi bir tuproq kesmasida gumus miqdori ko‘p bo‘lsa, shu joyda organik uglerod (karbon) miqdori ustunlik qiladi.

Qadimdan sug‘oriladigan tipik bo‘z tuproq, K - 3 (Shaxrisabz tumani) profilining xaydalma qatlamda organik karbon 1,0-1,5%ni tashkil qilinishi, qo‘riq tipik bo‘z tuproqlarni unumdorlik darajasi yaqinlashib borayotganligi keltirilgan ma’lumotlar buning isbotidir deb qarash mumkin. Chunki qadimdan sug‘orilgan tuproqlarning madaniylashganligi, tuproq profilida gumus, organik karbonlarning deyarli bir tekisda tarqalishidan ko‘rish mumkin.

Tadqiqod olib borilgan natijalarga qaraydigan bo‘lsak, mineral karbonning tarqalishi asosan tuproq tarkibidagi mineral moddalar $CaCO_3$, $MgCO_3$, Na_2CO_3, $MgCO_3$ va xokazolarga chambarchas bog‘liqigini 1 –jadval ma’lumotlaridan ko‘rish mumkin. Jadvalda faqat $CaCO_3$ minerali tarkibidagi mineral karbon aniqlangan.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, tadqiqod o‘tkazilgan hududlarda gumus miqdori chuqurlik ortishi bilan izchil kamayib boradi. Bu holat tuproqdagi organik moddalarning asosan yuqori qatlamda to‘planishi, o‘simlik ildiz tizimi va mikroorganizmlar faoliyatining chuqurlik bo‘yicha kamayishi bilan izohlanadi.

Bo‘z tuproqlarda organik va mineral karbonlarning taqsimlanishi.

1-jadval.

Taqirligi sm	Gumus %	Karbonatlar CO_2, %	$CaCO_3$ %	Karbon	
				Organik	Mineral
Tipik bo‘z tuproq qo‘riq, o‘rta qumoqli. Kitob tumani.					
0-5	1,92	8,2	18,65	1,11	2,24
5-15	1,59	8,3	18,87	0,92	2,27
15-30	0,76	8,5	19,33	0,44	2,32
50-70	0,46	8,5	19,33	0,27	2,32
Tipik bo‘z tuproq lalmikor (bug‘doy) o‘rta qumloqli. Kitob tumani.					
0-28	1,23	7,8	17,74	0,71	2,13
28-39	0,72	8,9	20,24	0,42	1,43
39-50	0,60	8,5	19,33	0,35	2,32
50-85	0,45	8,5	19,33	0,26	2,32
Tipik bo‘z tuproq qadimdan sug‘orilgan (paxta) o‘rta qumloq. Shaxrisabz tumani.					
0-32	1,75	7,2	16,37	1,015	1,97
32-43	0,79	7,2	16.37	0,46	1,97
43-63	0,58	7,5	17,06	0,34	2,05
63-82	0,46	7,5	17,06	0,27	2,05
To‘q tusli bo‘z tuproq, qo‘riq, o‘rta qumloqli. Shaxrisabz tumani.					
0-7	2,84	5,8	13,19	1,65	1,58
7-15	2,10	7,5	17,06	1,22	1,91
15-47	1,12	7,5	17,07	0,65	2,05
47-92	0,66	8,9	20,24	0,38	2,18
To‘q tusli bo‘z tuproq lalmikor (bug‘doy) o‘rta qumoqli. Yakkabog‘ tumani.					
0-27	1,70	5,6	12,73	0,99	1,53
27-43	0,72	5,6	12,73	0,42	1,53
43-73	0,60	5,5	12,51	0,35	1,50
73-105	0,47	6,7	12,24	0,27	1,83

Ushbu jadval tahliliga ko‘ra tuproq profili bo‘yicha gumus kamayib borishi tabiiy – tuproqning organik moddalari asosan ustki qatlamda hosil bo‘ladi va parchalanuvchan.

- Karbonlarning ortib borishi pastki qatlamlarga yuvilishi va qayta to‘planish (sekundar karbonat) jarayonlari natijasi .

- Sug‘oriladigan va lalmi tuproqlar farqi: sug‘oriladiganlarda gumus nisbatan ko‘p, chunki namlik mikroorganizmlar faoliyatini oshiradi.

- To‘q tusli bo‘z tuproqlar gumusga eng boy, tipik bo‘z tuproqlar esa karbonatga boy.

- Organik C mineral C nisbati yuqorida 1:1,2 dan pastga 1:5 gacha o‘zgaradi – bu organik uglerod yo‘qotilishini ko‘rsatadi.

Natijalar bo‘z tuproqlarda gumus va organik mineral karbon (OMC)ning vertikal taqsimlanishi natijalari, tuproqning ekologik va agrotexnik holatini tushuntirishda muhimdir. Tadqiqod natijalariga ko‘ra, gumus va organik moddalar manbai ko‘proq yuqori qatlamlarda (0-10sm) jamlangan, pastroq qatlamlarda esa ularning miqdori sezilarli darajada kamayadi. Bu holat bir necha sabablar bilan izohlanadi:

Organik moddalar manbai: yuqori qatlamlarda o‘simlik qoldiqlari, ildizlar va boshqa organik materiallar ko‘proq bo‘ladi. Shu sababli, gumus miqdori yuqori qatlamlarda oshadi.

✓ Biologik faollik: Yuqori qatlamda tuproq mikroorganizmlari faoliyatining markazi bo‘lib, organik moddalarni parchalash va mineralizasiya qilish jarayonlari aynan shu qatlamlarda kuchliroq bo‘ladi.

✓ Tuproqning fizik xususiyatlari: Pastroq qatlamlarda tuproq zichligi oshishi, suv va havo rejimining o‘zgarishi organik moddalar ajralishini sekinlashtiradi. Bu OMC va gumusning pastroq qatlamlarda kamayishiga olib keladi.

✓ Iqlim va agrotexnik omillar: Cho‘l va yarim cho‘l sharoitida tuproqning yuqori qatlamidagi organik moddalarning parchalanishi tezroq bo‘lishi mumkin, bu esa vertikal taqsimlanishga ta’sir qiladi.

✓ Tahlil shuni ko‘rsatdiki, bo‘z tuproqlarda organik moddalar va gumusning yuqori qatlamlarda to‘planishi tuproq unumdorligini saqlash va erozion jarayonlarning oldini olish uchun muhimdir. Shu bilan birga, pastroq qatlamlardagi organik modda etishmovchiligi o‘sish davrida o‘simliklarning oziqlanishini cheklashi mumkin. Bu ma’lumotlar tuproqni samarali boshqarish, organik modda balansini ta’minlash va er resurslaridan oqilona foydalanish bo‘yicha tavsiyalarni ishlab chiqishda asos bo‘ladi.

XULOSALAR

1. Gumus va organik–mineral karbonning asosiy qismi 0–30 sm qatlamda to‘planadi.
2. Sug‘oriladigan erlarda gumus miqdori yuqoriroq (1,5–1,9 %), ammo tez parchalanadi.
3. Lalmi tuproqlarda gumus 0,4–0,8%, lekin nisbatan barqaror.
4. To‘q tusli bo‘z tuproqlar gumusga boy, tipik bo‘z tuproqlar esa karbonatlarga boy.
5. Tuproq unumdorligini saqlash uchun kompost, go‘ng, mulchalash, dukkakli ekinlar almashinuvi va minimal haydash kabi chora-tadbirlar zarur.

ADABIYOTLAR

1. **FAO.** (2020). Iataly. *Soil Organic Carbon Manual: Carbon management guidelines.* Food and Agriculture Organization of the United Nations.

2. **IASARDA.** (2019). United States of America. *Dryland soil fertility assessment.* International Agency for Sustainable Agriculture Research and Development Analysis.

3. **Lal, R.** (2018). *Soil health and carbon situations.* Springer.

4. **Higano, Y.** (n.d.). *Climate-smart soil management.* Elsevier.

5. **Yu, H., Zha, T., Zhang, X., & Ma, L.** (2019). Vertical distribution and influencing factors of soil organic carbon in the Loess Plateau, China. *Science of the Total Environment, 693,* 133632.

6. **Gao, C., Zhang, Z., Li, M., Feng, B., Zhou, Y., Zhang, J., & He, N.** (2024). Vertical distribution and mineralization dynamics of organic carbon in soil and its aggregates in the Chinese Loess Plateau driven by precipitation. *Applied Sciences, 14(9),* 3852.

7. **Zhang, Q., et al.** (2018). The distribution of organic carbon fractions in a typical loess–paleosol profile. *PMC (Open Access)*.

8. **Han, C. (**2023). Investigating the vertical distribution of dissolved organic matter in 5-m soil profiles in farmland and woodland on the southern Loess Plateau.

9. M. Switoniak et al. Assessment of soil organic carbon stocks differentiation in humus horizons of clay – illuvial soils. 2025. Yoldashova Dilrabo Shukrullaevna, Khafizova Matluba Kholmamatovna, Davlatova Jasmina Toychievna – Types of soils comm on in Uzbekistan and their characteristics. American Journal of Agriculture and Horticulture Innovations, Vol 02 Issue 09.

10. Musaev Iskandar Ibragimovich, Turdaliev Avazbek Turdialievich – Sug‘oriladigan och tusli bo‘z tuproqlar va uzum tarkibidagi mikroelementlarning biokimyoviy xossalari. "Modern education and development" jurnali. 2022.

11. Amonov Shaxboz, Raupova Nodira Baxromovna – Koson tumani sug‘oriladigan tuproqlarning morfologik, umumfizik va agrokimyoviy xususiyatlari. Ijodkor o‘qituvchi jurnali. 2024.

12. Zafarjon Jabbarov, Tokhtasin Abdurakhmanov, Shaokhruh Abdullaev, Samad Makhmadaliev, Urol Nomozov, Guljakhan Rakhmatullaeva – Evolution of carbonate accumulation, inorganic carbon content and soil property changes in newly developed soils of degraded landscapes. Journal of Degraded and Mining Lands Management. 2025.

13. A. Axatov, N. Baybaeva, G. Almatova “Gumus tarkibidagi elementlarni hisoblash usuli bilan aniqlash” «AGRO ILM» jurnali. 2024. №1 (101) str. 68-69 betlar

14. A. Axatov, N.Baybaeva, G.Almatova “Sug‘oriladigan mintaqa tuproqlarida gumus moddasining kamayish sabablari xususida” “OZBEKISTON QISHLOQ VA SUV XOJALIGI” MAXSUS SON №2, 2024

16. A. Axatov “Gumus va uning rezerv shakllari” Toshkent 2021.

17. Axatov A., Bo‘riev S., Jo‘raev G‘. “Tog‘ jigarrang tuproqlarining gumusli xolati va uning rezerv shakllarining atrof-muhit mahofazasiga ta’siri”, AGRO ILM, 1(79) 2022.76-79b

18. Abdusamat Akhatov, Baxtiyor Gafurov, Azizjon Jakhonov and Azat Khalimbetov “Distribution of the forms of reserves of humus in typical seroms formed in geomorphological areas Tashkent-Keles” (Scopus) XXIII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering CONSTRUCTION THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT (FORM-2020) held on September 23-26, 2020 in Hanoi, Vietnam. 869 042018

19. Axatov A., Bo‘riev S.S “Gumus kislotalarining tuproq tarkibidagi tuzlarni kamaytirishga tasiri”. AGRO ILM jurnali, №6, 2020 yil

20. Axatov A., Nurmatova V.B “Tipik bo‘z tuproqlar gumusi tarkibidagi gumin kislotaning elementlar tarkibi”. “Ekologiya xabarnomasi” №3/2023

21. Axatov A., Nuraliev U., Buriev S., Nurmatova V. “Pokazateli gumusnogo sostoyaniya selinnых i oroshaemых sero-burых pochv Xorezmskogo viloyata Uzbekistana», Pochvovedenie i agroximiya, №2,2024

22. Axatov A. “Tipik bo‘z mintaqa tuproqlarida gumus miqdori va ularni rezervlar bo‘yicha taqsimlanishi”. Ilmiy-amaliy anjuman, Toshkent, 2003 y.

23. Abdusamat Akhatov, Victoriya Nurmatova, Bahora The Influence of Slope Exsposure, Profile Depth and Erosion Processes on Changes in the Content of Potassium, Phosphorus and Humus in Brows Soil of Mountain Pastures of Uzbekistan, Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, 2024/ Volume:34, Issue:2, 30.06.2024DOI: 10.29133/yyutbd.1393748

ОЦЕНКА ВКЛАДА ЗИМНИХ И ВЕСЕННИХ ОСАДКОВ В ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА РЕКИ ЗЕРАВШАН

Б.Х. Абдурахимов
Комитет охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан

Аннотация. В статье представлены результаты мониторинга метеорологических условий бассейна реки Зеравшан по материалам метеорологических станций бассейна реки с целью определения вклада атмосферных осадков на разных географических широтах бассейна. Широко использованы корреляционные методы по установлению взаимосвязи значений атмосферных осадков и стока реки Зеравшан. Установлено, что основной вклад в формирование стока реки Зеравшан вносят весенние и зимние осадки.

Ключевые слова: река Зеравшан, метеорологические станции, атмосферные осадки, корреляция, ледниковый сток

Abstract. This article presents the results of monitoring meteorological conditions in the Zeravshan River basin based on data from meteorological stations within the basin. This paper aims to determine the contribution of precipitation at different latitudes within the basin. Correlation methods are extensively used to establish the relationship between precipitation values and the Zeravshan River runoff. It has been established that spring and winter precipitation makes the main contribution to the formation of the Zeravshan River runoff.

Keywords: Zeravshan River, meteorological stations, precipitation, correlation, glacial runoff

Annotatsiya. Ushbu maqolada havzadagi meteorologik stansiyalardan olingan ma'lumotlar asosida Zarafshon daryosi havzasidagi meteorologik sharoitlarni monitoring qilish natijalari keltirilgan. Ushbu maqola havzadagi turli kengliklarda yog'ingarchilikning hissasini aniqlashga qaratilgan. Yog'ingarchilik qiymatlari va Zarafshon daryosi oqimi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun korrelyatsiya usullari keng qo'llaniladi. Bahorgi va qishki yog'ingarchilik Zarafshon daryosi oqimining shakllanishiga asosiy hissa qo'shishi aniqlangan.

Kalit so'zlar: Zarafshon daryosi, meteorologik stansiyalar, yog'ingarchilik, korrelyatsiya, muzlik oqimi

ВВЕДЕНИЕ

Атмосферные осадки в бассейн реки Зеравшан выпадают в основном зимой и весной со среднегодовым значением 115 – 500 мм [1-4]. Осадки в долине распределяются крайне неравномерно, что обуславливает различные ландшафты от альпийских лугов до пустынь. Климат Зеравшанской долины субтропический внутриконтинентальный с жарким летом при умеренно холодной зиме.

В начале горного ущелья в окружении небольших гор расположен город Пенджикент. В городе преобладают западные, юго-западные и северные ветра. Основные атмосферные осадки приносятся весною и осенью именно этими ветрами.

Предполагается, влажные массы воздуха с Атлантики являются источниками атмосферных осадков долины Зеравшан. Наблюдаемая в бассейне реки Зеравшан зональность (вертикальная), проявляющаяся в том, что декабрь-январь считаются самыми холодными месяцами года. Высотное распределение температуры в бассейне составляет 0,6-0,7 °C / 100 м. Более мягкая зима наблюдается на высотах 1400-1600 м [5,6].

В большинстве случаев для установления механизмов влияния метеорологических условий бассейнов в формирование стока рек, расчета модуля стока, влияние поверхностных вод на пополнение резервуаров подземных вод расчетами коэффициентов

инфильтрации, изменения гидрохимии подземных вод под влиянием инфильтрационных стоков широко применяются корреляционные методы.

Наряду с этим можно предположить, что выявление корреляционных зависимостей стока рек от метеорологических условий бассейнов, в особенности в бассейнах горных рек предоставляют информацию о влияние орографии местности на распространение влажных воздушных масс и горно-долинной циркуляции.

РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты корреляционных зависимостей стока реки Зеравшан от среднемноголетних зимнего сезона значений атмосферных осадков в климатических зонах бассейна реки представлены на рис. 2..

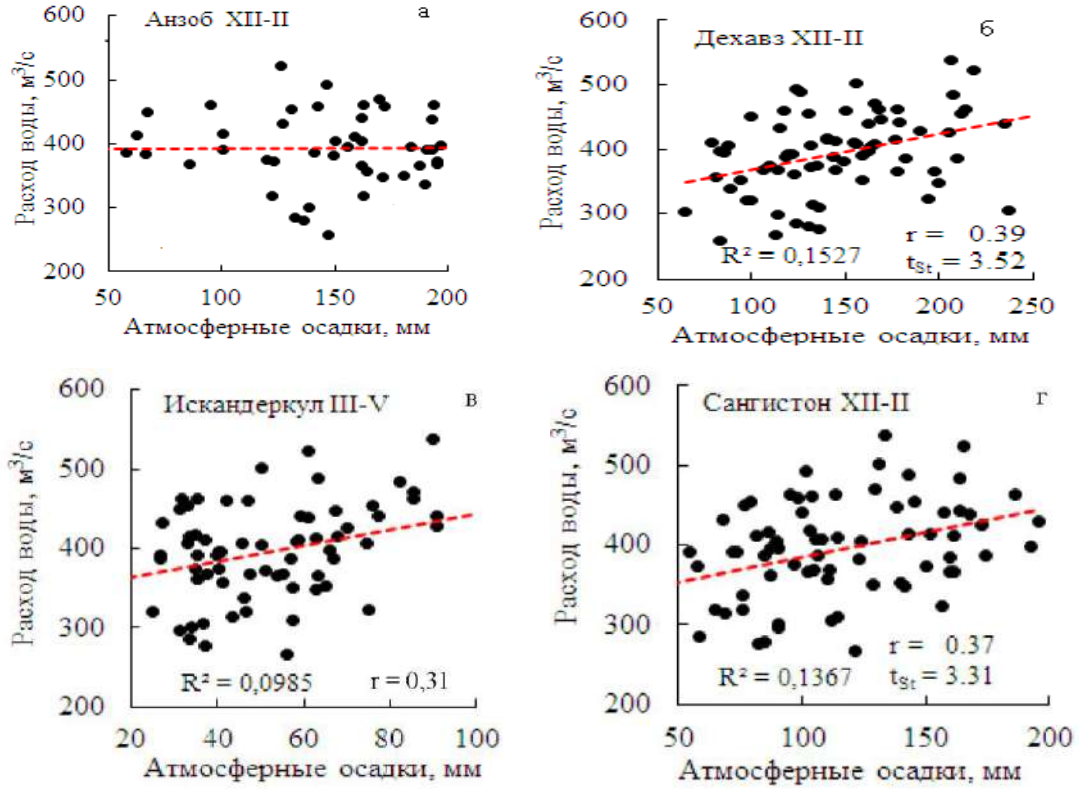


Рис.1.Корреляция расхода воды реки Зеравшан с количеством зимних осадков

Из рис.1 (а) видно, что между среднемноголетними значениями атмосферныз осадков на метеорологической станции “Анзоб” и стоком реки Зеравшан отсутствует корреляционная зависимость. Это обусловлено тем, что территория метеорологической станции “Анзоб” расположена на границе Зеравшанской и Шахристанскими перевалами и с географической точки зрения почти не относится к Зеравшанской долине на высоте более 3300 м над уровне моря и формируемой сток рассеивается по всей территории не достигая реки Зеравшан.

Коэффициент корреляции среднемноголетних зимних осадков на метеорологических самой долины Зеравшан “Дехавз”, “Искандеркуль” и “Сангистон” со значениями стока реки Зеравшан, как видно из рис.1 (б, в, г), характеризуются близкими значениями и соответствуют соответственно 0,39; 0,30; 0,37 в среднем близкие к 0,38. Наблюдаемая картина взаимосвязи атмосферных осадков и стока реки Зеравшан связано с географическими и орографическими особенностями бассейна реки Зеравшан. Бассейн реки Зеравшан расположен между Гиссарским и Зеравшанскими горными массивами и проникающая с западной части бассейна влажная воздушная масса застревает в долине

Зеравшан окруженной высокими хребтами гор и циркулирует по всем географическим широтам бассейна реки. Этому также способствует горно-долинная циркуляция. Распределение атмосферных и их выпадание по бассейну происходит равномерно с учетом высоты расположения местности над уровнем моря. Как следует из рис.2 (б) на метеорологической станции “Дехавз” расположенная на более высокой местности происходит выпадение достаточное количество осадков.

Характер корреляционных зависимостей стока реки Зеравшан с среднемноголетними весенними значениями атмосферных осадков на метеорологических станциях “Анзоб”,“Дехавз”,“Искандеркуль”, “Сангистон” и “Мадрушкат” представлено на рис.2.3.

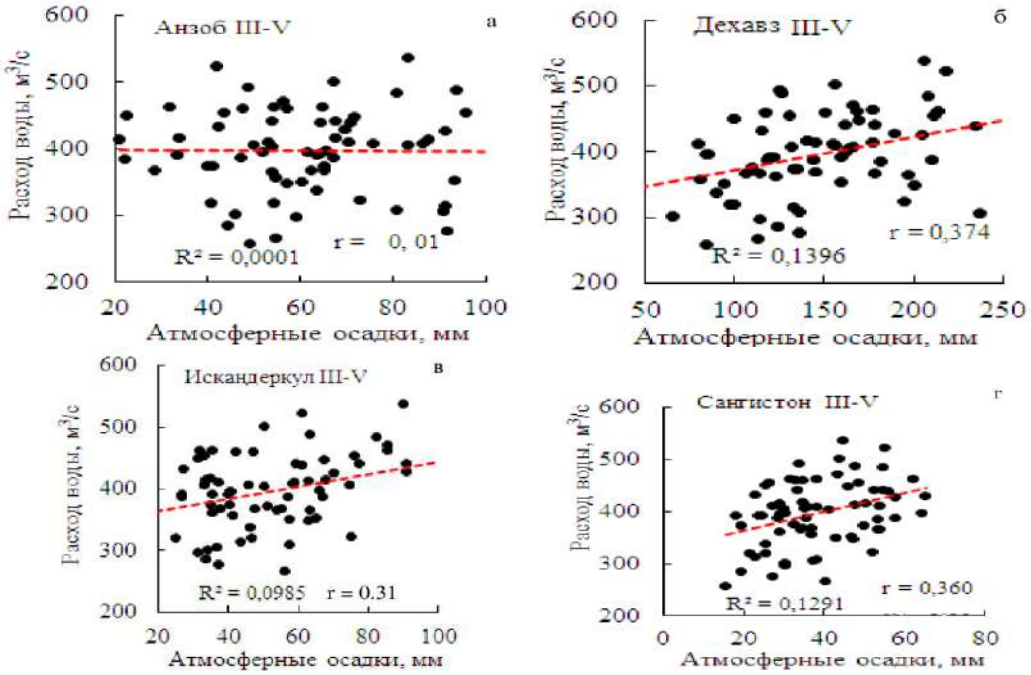


Рис. 2. Корреляция расхода воды реки Зеравшан с количеством весенних осадков

Корреляция между атмосферными осадками и расходом воды реки Зеравшан по сезонам года по данным метеостанций бассейна представлена в таблице:

Таблица 1.Корреляция между атмосферными осадками и расходом воды реки Зеравшан по сезонам года по данным метеостанций бассейна

	Зима	Весна	Лето	Осень
Дехавз	0.39	0.37	0.005	0.31
Искандеркуль	0.30	0.31	0.0006	0.12
Пенджикент	0.22	0.23	0.003	0.09
Сангистон	0.37	0.36	0.01	0.10
Среднее	0.35	0.34	0.0057	0.17

Из таблицы 1 видно, что коэффициенты корреляции атмосферных осадков зимой и летом с расходов воды составляет 0.35 и 0.0057 соответственно.

Вклад ледникового питания верховья реки Зеравшан определяется летным стоком. Отношение средней величины коэффициента корреляции атмосферных осадков с расходом воды зимой к коэффициенту корреляции атмосферных осадков с расходом воды летом составляет более 60. Такое значение является значимым и свидетельствует о тесной связи.

Почти незначительная корреляция с нулевым значением коэффициента корреляции наблюдается в корреляции расхода воды с осадками летнего (VI-VIII) сезона (рис.3). Проявление такой картины корреляционных зависимостей расхода воды реки Зеравшан с летними осадками обусловлено тем, что незначительное количество осадков в соответствующих сезонах не в состоянии формировать стока и его прилив к реке Зеравшан из-за их расхода на увлажнение приповерхностных слоев почвы и подпитку резервуаров подземных вод.

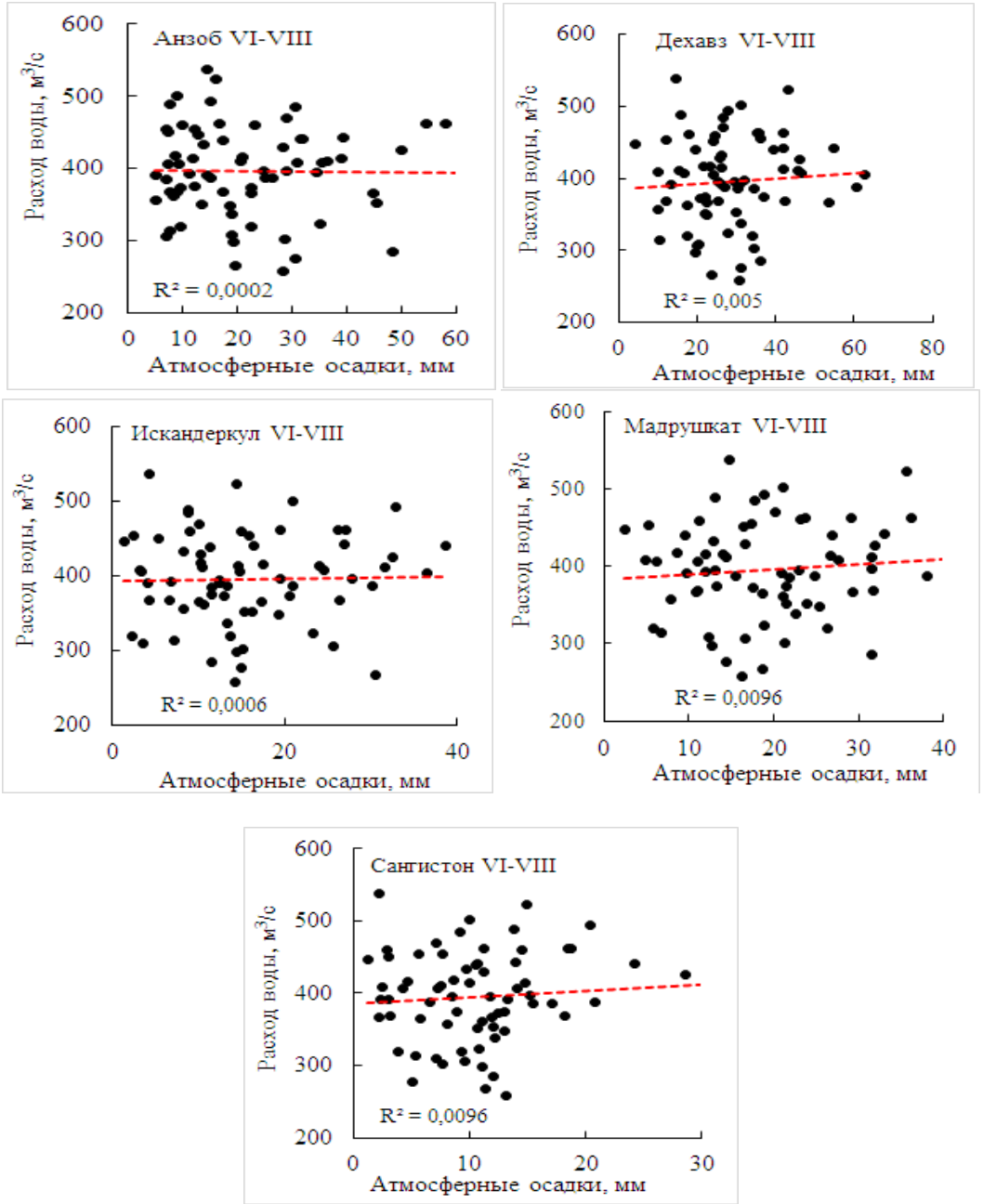


Рис. 3. Корреляция расхода воды реки Зеравшан со среднегодовыми значениями летних атмосферных осадков в географических частях бассейна реки Зеравшан

Обобщением результатов влияния атмосферных осадков климатических зон бассейна реки Зеравшан на формирование стока реки Зеравшан можно написать выражение для определения объема ледникового стока в виде:

$$\frac{w_{л.с}}{w_0 + w_р^л} = 1 - \frac{w_р^о + w_р^з}{w_0 + w_р^л} \quad (1)$$

где $w_{л.\ с}$ – объем воды ледникового стока, $w_о$ – среднемноголетний сток реки, $w_р^л$ – среднегодовой объем воды летних атмосферных осадков, $w_р^о$, $w_р^з$ – среднегодовые объемы воды осенних и зимних осадков.

Согласно расчетам, проведенным с использованием уравнения (1), ледниковая подпитка реки Зеравшан ныне составляет 1.08 км^3, или 21% от общего стока.

Атмосферные осадки северо-западной климатической зоны бассейна (метеостанция Анзоб), как видно на рис. 2, почти не вносят вклада в формировании расхода воды реки Зеравшан. В более наглядной форме это можно видеть на рис. 4, где представлены значения коэффициентов корреляции стока реки Зеравшан с сезонными значениями атмосферных осадков, измеренными на метеорологических стациях бассейна.

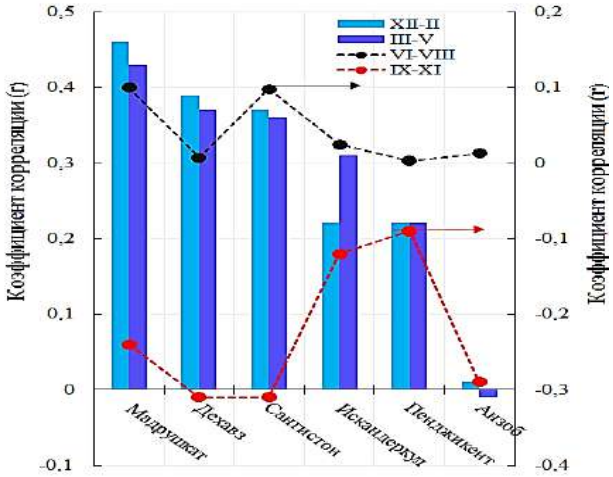


Рис. 4. Коэффициенты корреляции стока реки Зеравшан с сезонными значениями атмосферных осадков на метеорологических стациях бассейна

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В целом, корреляция среднемноголетнего объема воды реки Зеравшан со значениями объема воды, формируемого из сезонных осадков, по климатическим зонам бассейна реки показывает, что в формирование стока реки Зеравшан, преобладающий вклад вносят зимние и весенние осадки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин Г.Е. Прогноз изменения оледенения гор Западного Таджикистана / Г.Е. Глазырин, А.Ф. Финаев // М-лы гляциологических исследований. – 2003. – Вып. 95. - С.102-106.
2. Голосов В.Н. Влияние ирригационной эрозии на деградацию почв речных долин в высокогорном поясе Памира // Почвоведение. –2015. –№ 3. – С. 373–384.
3. Гордиенко, В.Е. Гляциологический и геоморфологический очерк верховьев реки Ягноб. В кн.: «Зеравшан» / Труды ледниковых экспедиций. – 1936. –Т. 3. – С. 113-123.
4. Давыдов, JI.K. Зеравшанский ледник / JI.K. Давыдов // Ученые записки ЛГУ. Серия география. – 1952. –Вып. 8. – С.117-123.
5. Агаханянц О. Е. Основные проблемы физической географии Памира / Душанбе. Изд. АН Таджикской ССР. – 1965. – Ч.1. –115с.
6. Аналитический отчет. Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья. Ташкент. – 2011. – 80с.

INTELLIGENT DISPATCH OF AGRICULTURAL IRRIGATION WATER RESOURCES: A CASE STUDY OF UZBEKISTAN IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Changxin Liu[1], Nazarov Khudayberdi[2]

[1] The assistant of the faculty of Agroengineering and Agrotechnology of Tashkent State Agrarian University, Tashkent 100140, Uzbekistan
[2] The DSc and associate professor of the faculty of Agroengineering and Agrotechnology of Tashkent State Agrarian University, Tashkent 100140, Uzbekistan.

Abstract. *Markaziy Osiyodagi yirik qishloq xo‘jaligi davlati bo‘lgan O‘zbekiston iqlim o‘zgarishi sababli jiddiy suv tanqisligiga duch kelmoqda, suvning 90% dan ortig‘i samarasiz sug‘orish uchun sarflanadi. Ushbu maqola muhim yechim sifatida IoT, AI va masofadan zondlashni birlashtirgan aqlli suv jo'natish tizimini taklif qiladi. U O‘zbekistondagi suv muammolarini tahlil qiladi, aqlli boshqaruv tizimini tavsiflaydi va dinamik, ma’lumotlarga asoslangan sug‘orish rejalarini tuzish uchun moslashtirilgan tizim arxitekturasini ishlab chiqadi. Kutilayotgan imtiyozlar orasida suv unumdorligi va iqlimga chidamlilikdagi sezilarli yutuqlar kiradi. Tadqiqot amalga oshirishdagi to'siqlarni hal qilish va suv va oziq-ovqat barqarorligini ta'minlash uchun bosqichma-bosqich qabul qilish yo'lini tavsiya qilish bilan yakunlanadi.*

Kalit so‘zlar: *Suvni aqlli boshqarish, Iqlim o‘zgarishi, Irrigatsiya, O‘zbekiston, IoT*

Аннотация. Узбекистан, крупнейшая аграрная страна Центральной Азии, сталкивается с острой нехваткой воды, усугубляемой изменением климата, при этом более 90% воды используется для неэффективного орошения. В данной работе предлагается интеллектуальная система распределения воды, объединяющая Интернет вещей, искусственный интеллект и дистанционное зондирование в качестве важнейшего решения. В ней анализируются проблемы Узбекистана с водой, описывается концепция интеллектуального управления и разрабатывается специализированная архитектура системы для динамического планирования орошения на основе данных. Ожидаемые преимущества включают значительное повышение продуктивности воды и устойчивости к изменению климата. В заключение исследования рассматриваются препятствия к внедрению и рекомендуется поэтапный путь внедрения для обеспечения устойчивого водоснабжения и продовольствия.

Ключевые слова: *интеллектуальное управление водными ресурсами, изменение климата, орошение, Узбекистан, Интернет вещей*

Abstract. *Uzbekistan, a major agricultural nation in Central Asia, faces severe water scarcity exacerbated by climate change, with over 90% of its water used for inefficient irrigation. This paper proposes an intelligent water dispatch system integrating IoT, AI, and remote sensing as a critical solution. It analyzes Uzbekistan’s water challenges, outlines a smart management framework, and designs a tailored system architecture for dynamic, data-driven irrigation scheduling. Expected benefits include significant gains in water productivity and climate resilience. The study concludes by addressing implementation barriers and recommending a phased adoption pathway to secure water and food sustainability.*

Keywords: *Intelligent water management, Climate change, Irrigation, Uzbekistan, IoT*

INTRODUCTION

Water resources are a strategic asset for maintaining ecological security, food security, and social stability in Central Asia. Uzbekistan, as the most populous country in the region with the

largest scale of irrigated agriculture, directs over 90% of its water consumption to the agricultural sector. The production of staple and cash crops like cotton and wheat is entirely dependent on irrigation. However, the country is inherently water-scarce, relying primarily on trans boundary river flows (Amu Darya and Syr-Darya) fed by snow and glacier melt, making it extremely sensitive to climate change.

In recent years, global warming has accelerated glacier melt in the Tian Shan-Pamir mountains. While this may increase runoff in the short term, the long-term depletion of this "solid reservoir" will lead to reduced river flows and intensified seasonal variability. World Bank studies indicate that by 2050, summer runoff in Central Asia could decrease by 10-30%, alongside increased frequency of extreme heat and drought events. This poses an existential threat to Uzbekistan's irrigated agriculture. Furthermore, the aging irrigation infrastructure inherited from the Soviet era, dominated by large-scale surface irrigation, suffers from severe conveyance losses of 40-60%, exacerbating the water crisis.

In this context, a paradigm shift from "demand-side management" to "precise supply-side matching" is crucial. "Intelligent Irrigation Water Dispatch" emerges as a key solution. By integrating advanced Information and Communication Technologies (ICT), it enables real-time monitoring, precise simulation, intelligent decision-making, and automated control across the entire chain from water sources, canals to field plots. This is an essential means to enhance water use efficiency and cope with climatic uncertainty. This study will explore in depth the application potential, architectural design, and implementation strategy of this system in Uzbekistan, aiming to provide scientific reference for the country's water security and sustainable agricultural development.

CURRENT STATUS OF AGRICULTURAL WATER RESOURCES IN UZBEKISTAN AND CLIMATE CHANGE CHALLENGES

2.1 Water Resource Endowment and Utilization Structure

Uzbekistan's average annual total water resources are approximately 50-55 billion cubic meters, with over 80% originating from neighboring countries. The country has about 4.2 million hectares of irrigated land, forming a vast and complex irrigation network. Water allocation has long followed an administrative quota system, lacking market mechanisms and flexibility. Surface irrigation (furrow, flood) remains the predominant method, with coverage of efficient water-saving technologies like drip and sprinkler irrigation below 10%.

Table 1: Key Indicators of Agricultural Water Use in Uzbekistan

Indicator	Data/Description	Remarks/Challenges
Average Annual Total Water Resources	~50-55 billion m^3	Highly dependent on transboundary rivers (Amu Darya, Syr Darya)
Agricultural Water Use Share	> 90%	Monolithic economic structure, highly concentrated water use
Irrigated Area	~4.2 million hectares	One of the world's largest irrigated areas
Primary Irrigation Methods	Surface irrigation (furrow, flood)	Outdated technology, low efficiency
Canal Conveyance Efficiency	40%-60%	Aging infrastructure, massive seepage and evaporation losses
Irrigation Water Productivity	~0.5-0.8 kg/m^3	Far below world advanced levels (1.5-2.0 kg/m^3)

2.2 Observed and Projected Impacts of Climate Change

The impacts of climate change are already evident in Uzbekistan: the average temperature has increased by about 1.5°C over the past 50 years, exceeding the global average; precipitation

patterns have shifted, with increased winter/spring precipitation in mountains but decreased summer precipitation, exacerbating drought in plains; and glaciers continue to lose mass. These changes lead to:

·**Quantity Risks**: Long-term runoff reduction, widening supply gaps during critical crop growth periods (summer).

·**Timing Risks**: Earlier spring snowmelt floods, misaligned with peak crop water demand; prolonged summer low-flow periods.

·**Extreme Event Risks**: Increased frequency and intensity of droughts and heatwaves, causing crop yield loss and surging water demand.

·**Quality Risks**: Enhanced evaporation exacerbates soil salinization; increased drainage volume coupled with insufficient treatment capacity causes secondary pollution.

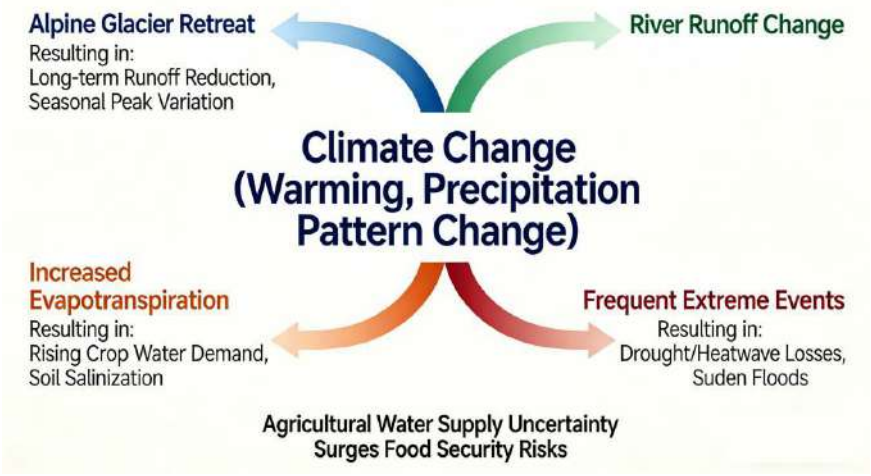


Figure 1: Mechanism of Climate Change Impact on the Hydrological Cycle and Agricultural Water Use in Uzbekistan

THEORETICAL FRAMEWORK AND TECHNOLOGICAL SYSTEM OF INTELLIGENT IRRIGATION WATER DISPATCH

3.1 Concept and Core Essence

Intelligent Irrigation Water Dispatch refers to the fine-grained management model that utilizes modern information technologies for real-time perception, integrated analysis, simulation prediction, and optimized decision-making of information throughout the irrigation system (water sources, infrastructure, farm conditions, weather). It aims to meet crop water requirements, ensure agricultural production, and maintain ecological health with minimal water consumption. Its core is **"Data-Driven Decision Making"** and **"Adaptive Control"**.

3.2 Key Technological Components

3.2.1. Integrated Sky-Ground Monitoring and Perception Technology:

Remote Sensing (RS): Uses satellites (e.g., Sentinel-2, Landsat, MODIS) to retrieve crop planting patterns, vegetation indices (NDVI), land surface temperature, soil moisture, and evapotranspiration (ET), enabling macro-scale, rapid monitoring of farm conditions and droughts.

·**Internet of Things (IoT)**: Deploys field soil moisture sensors, weather stations, water level gauges, gate opening sensors, etc., for precise, continuous data collection at the field scale.

3.2.2 Data Transmission and Communication Networks: Combines low-power wide-area network (LPWAN) technologies like NB-IoT and LoRa with mobile networks (4G/5G) to build stable, low-cost data transmission channels.

3.2.3 Data Platform and Model Analysis:

·**Cloud Platform & Big Data Center**: Integrates and stores multi-source heterogeneous data, providing computing resources.

·**Crop Models & Water Demand Forecasting**: Integrates models like AquaCrop, DSSAT with weather forecasts to predict future crop water requirements (ETc).

·**Hydrological & Hydrodynamic Models**: Used to simulate canal flow and optimize canal water distribution plans.

·**Artificial Intelligence & Optimization Algorithms**: Employs Machine Learning (ML) for data mining and prediction (e.g., short-term water demand forecasting); uses optimization algorithms (e.g., genetic algorithms, linear programming) for multi-objective (water-saving, yield increase, equity) water resource allocation.

3.2.4 Intelligent Decision-Making and Control Execution:

·**Intelligent Decision Support System (DSS)**: Generates irrigation scheduling recommendations and water distribution plans for different levels (irrigation district, farm, field plot) based on platform data and model outputs.

·**Automated Control Systems**: Controls pump stations and gates via wireless networks or sends irrigation SMS/App notifications to farmers, enabling automatic or semi-automatic execution of commands.

ARCHITECTURE DESIGN OF AN INTELLIGENT DISPATCH SYSTEM FOR UZBEKISTAN

Considering the hierarchical nature (national-regional-farm-field) of Uzbekistan's irrigation system, a four-layer pyramid architecture is designed.

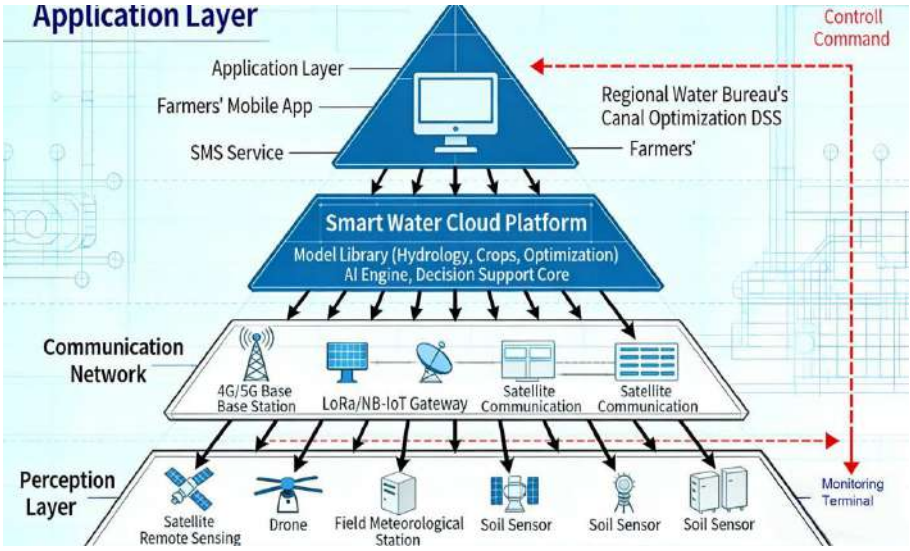


Figure 2: Architecture of an Intelligent Irrigation Water Dispatch System for Uzbekistan

4.1 Application Scenario Simulation: Cotton-Wheat Rotation in the Syr Darya Irrigation Zone

4.1.1 Pre-Sowing (Spring): Use satellite RS to interpret crop residue and soil salinity distribution from the previous year, combined with seasonal weather forecasts, to recommend optimal crop layout and sowing dates to farms, optimizing water allocation structure from the source.

4.1.2 Growing Season (Dynamic Dispatch):

·**Weekly/Daily**: The regional platform integrates 7-day weather forecasts, soil moisture data reported by farms, and real-time canal water levels. Crop models predict the net irrigation water requirement for each sub-sector for the upcoming week.

·**Optimization Decision**: AI optimization algorithms, aiming to minimize total conveyance loss and maximize water supply equity, calculate the optimal water release time, flow rate, and duration for each canal level, forming a "digital water distribution plan."

·**Execution and Feedback**: The plan is automatically dispatched to the control systems of key diversion gates for execution; simultaneously, irrigation reminders and recommended volumes are pushed to farmers via App. Farmers can provide feedback on irrigation completion via the App, forming a closed loop.

4.1.3 Extreme Drought Response: When satellite monitoring and models predict severe drought, the system activates contingency plans. The platform can simulate optimized water rationing schemes under different yield loss thresholds, providing a scientific basis for government decisions on water allocation cuts, prioritizing water for food crops (wheat) while adjusting strategies for cash crops (cotton).

EXPECTED BENEFITS, CHALLENGES, AND IMPLEMENTATION PATHWAY

5.1 Expected Comprehensive Benefits

·**Economic Benefits**: Expected to increase irrigation water productivity by 20%-30%. Water saved can expand irrigated area or be used for ecology; reduce yield losses from drought by 10%-25%.

·**Social Benefits**: Achieve transparency in water distribution, reducing water conflicts; increase crop yields and farmer income through precision irrigation; enhance farmer participation and technical literacy via App services.

·**Ecological Benefits**: Reduce over-extraction of groundwater; mitigate soil salinization by controlling irrigation quotas; ensure environmental flows downstream.

·**Climate Resilience**: Enhance the foresight and adaptability of the entire irrigation system to climatic variability and extreme events.

5.2 Major Challenges

·**Institutional and Organizational Barriers**: Conflicts exist between the existing top-down water administration system and the cross-departmental collaboration and data sharing required for intelligent dispatch.

·**Infrastructure and Funding Gaps**: Significant investment is needed for canal automation retrofitting and sensor network deployment, with limited financing channels.

·**Technology and Human Capital**: Lack of local high-end technical talent and maintenance teams; varying farmer acceptance of new technologies.

·**Data and Standards**: Incomplete historical data; lack of uniform data collection standards and communication protocols.

5.3 Phased Implementation Pathway Recommendations

5.3.1 Pilot Demonstration Phase (1-3 years): Select 1-2 representative irrigation districts (e.g., in the Fergana Valley) to build a complete demonstration system from source to field. Focus on validating technology adaptability, training local teams, and developing standards.

5.3.2 Scaling and Expansion Phase (4-7 years): Extend the successful model to main river basins like Syr Darya and Amu Darya. Prioritize upgrading automation control and monitoring points on main canals, establishing regional smart water centers. Introduce subsidy policies encouraging farmers to install field smart devices (e.g., simple soil moisture meters with mobile access).

5.3.3 Full Integration and Deepening Phase (8-10 years and beyond): Complete a nationwide smart water network covering major irrigation districts. Achieve national-level

platform integration with data from energy, meteorology, agriculture sectors. Introduce water rights trading market modules, allowing saved water to realize value through markets, forming a sustainable ecosystem for intelligent management.

CONCLUSION

Facing the severe challenges of climate change, Uzbekistan's agricultural water resource management has reached a critical juncture requiring profound transformation. Intelligent irrigation water dispatch is not merely a technological upgrade but a systemic revolution involving technology, institutions, economy, and society. By transforming the physical water network into a digital one, it can significantly enhance the precision, efficiency, and resilience of water resource utilization. It represents a strategic choice for ensuring the country's food security, water security, and national stability in an era of climatic uncertainty.

Despite numerous challenges, by adopting a pragmatic, phased implementation strategy—proving its value in pilot areas first, while simultaneously advancing capacity building and institutional reform - Uzbekistan has the potential to pioneer a path of sustainable water resource management based on technological innovation in Central Asia. In the future, this system could be integrated with renewable energy (e.g., solar pumps) and linked to data-sharing mechanisms in trans boundary water cooperation, contributing to peace and prosperity across the Central Asian region.

REFERENCES

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *AQUASTAT Country Profile: Uzbekistan*. Rome.

2. World Bank. (2021). *Climate Risk Country Profile: Uzbekistan*. Washington, DC.

3. Asian Development Bank (ADB). (2019). *Uzbekistan: Water Resources Management in the Aral Sea Basin*. Manila.

4. Li, Y., Chen, B., & Wang, Z. (2021). *Smart Irrigation: A Review of Artificial Intelligence and Internet of Things Applications in Agriculture*. Water, 13(19), 2735.

5. Smith, M., & Muñoz, G. (2017). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: FAO.

6. Varis, O. (2014). *Resources: Curb vast water use in central Asia*. Nature, 514(7520), 27-29.

7. Zhu, Y., & Shi, D. (2022). Research Progress on the Impact of Climate Change on Water Resources and Agriculture in Central Asia and Adaptation Strategies. *Progress in Geography*, 41(5), 882-892. (In Chinese)

8. Bekchanov, M., & Lamers, J. P. A. (2018). *The costs and benefits of water saving in irrigated agriculture in Uzbekistan*. Agricultural Water Management, 198, 136-149.

9. Conrad, C., et al. (2013). *Mapping and assessing water use in a Central Asian irrigation system by utilizing MODIS remote sensing products*. Irrigation and Drainage Systems, 27(1-2), 67-87.

10. Government of China. (2016). *Outline for the Development of Smart Water Resources in China*. Beijing: Ministry of Water Resources. (Provides reference for practical experience in large-scale smart irrigation district construction)

PROBLEMS OF ECOLOGY AND WATER HYGIENE IN THE SAMARKAND REGION

Alimdjanova Dilbar Negmatovna
Samarkand State Medical University

Abstract: The article addresses the pressing issue of the environmental state of water resources in the city of Samarkand. It analyzes the main causes of water scarcity and pollution, such as the irrational use of water resources, insufficient development of water supply and sewage infrastructure, as well as the impact of climate change. Special attention is given to the problems of soil salinization and the deterioration of drinking water quality. The article suggests possible solutions to these problems, including the optimization of water usage, modernization of wastewater treatment facilities, reclamation of saline soils, and raising public environmental awareness.

Keywords: Samarkand region, ecology, water hygiene, water scarcity, water pollution, reclamation, water supply, sewage, sustainable development.

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме экологического состояния водных ресурсов в городе Самарканде. Анализируются основные причины дефицита и загрязнения воды, такие как нерациональное использование водных ресурсов, недостаточное развитие инфраструктуры водоснабжения и канализации, а также влияние изменения климата. Особое внимание уделяется проблемам засоления почв и ухудшения качества питьевой воды. В статье предлагаются возможные пути решения этих проблем, включая оптимизацию водопользования, модернизацию очистных сооружений, мелиорацию засоленных почв и повышение экологической сознательности населения.

Annotatsiya: Ushbu maqola Samarqand shahridagi suv resurslarining ekologik holatiga oid dolzarb masalaga bag'ishlangan. Unda suv tanqisligi va ifloslanishining asosiy sabablari, jumladan, suvdan oqilona foydalanmaslik, suv ta'minoti va sanitariya infratuzilmasining rivojlanmaganligi va iqlim o'zgarishining ta'siri tahlil qilinadi. Tuproqning sho'rlanishi va ichimlik suvi sifatining yomonlashishiga alohida e'tibor qaratilgan. Maqolada suvdan foydalanishni optimallashtirish, tozalash inshootlarini modernizatsiya qilish, sho'rlangan tuproqlarni qayta tiklash va aholi o'rtasida ekologik xabardorlikni oshirish kabi mumkin bo'lgan yechimlar taklif etiladi.

Kalit so'zlar: Samarqand viloyati, ekologiya, suv gigienasi, suv tanqisligi, suv ifloslanishi, yerlarning melioratsiyasi, suv ta'minoti, sanitariya, barqaror rivojlanish

INTRODUCTION

The Samarkand region, with its rich history and culture, faces serious challenges related to water ecology and hygiene. The issues of water ecology and hygiene play a crucial role in ensuring the health of the population of the Samarkand region. Depletion of water resources, pollution of water bodies, and soil degradation all have negative impacts on the health of the population, agriculture, and the region’s economy. Effective water resource management and control of drinking water quality have a direct impact on public health and the well-being of the region’s inhabitants.

The Samarkand region relies primarily on the Zarafshan River system and groundwater. These resources serve the region's domestic, agricultural, and industrial needs, creating increased pressure on water both in terms of volume and quality.

One of the key aspects of ensuring ecological safety is monitoring the water quality in natural sources, water bodies, and water supply systems. The presence of contaminants, as well as the bacteriological and chemical parameters of water, requires constant monitoring and analysis to ensure its safety for consumption.

Additionally, providing access to clean drinking water for all segments of the population is no less important. This involves the development of infrastructure for water purification and distribution, as well as public awareness campaigns on hygiene practices and the rational use of water resources.

The supply of clean drinking water to the population of the Samarkand region is managed through groundwater resources by water management facilities of the “Samarkand Suvtaminoti” enterprise. Currently, the groundwater level (flow) has decreased due to a lack of precipitation and low water flow in the Zarafshan River. As a result, due to the lack of groundwater reserves during normal operation of pumping equipment at facilities, the supply of clean drinking water to the populations of Samarkand, Kattakurgan, Pastdargom, Nurabad, Ishtikhon, Pakhtachi, Narpay, Payarik, and Akdarya has faced shortages in recent times.

To successfully address the problems of water ecology and hygiene, close cooperation is needed between government agencies, scientific institutions, public organizations, and enterprises working in the field of water resources. Only joint efforts from all interested parties can create a sustainable system for monitoring water quality and ensuring its safe use.

MAIN PROBLEMS

1. Water resource scarcity: The irrational use of water in agriculture, industry, and households has led to the depletion of groundwater and a reduction in river flow.

Residents of the Samarkand region, living near the Zeravshan River and its tributaries, viewed drought and desertification as distant issues just 10 years ago. But in recent years, when tens of thousands of hectares in various districts of the region began to receive insufficient irrigation water, and when the water levels in wells in coastal villages dropped by 5-7 meters, these problems became more apparent. Unfortunately, human activities, particularly the irrational exploitation of natural resources, have been the cause. Specifically, the extraction of sand and gravel from riverbeds or coastal areas.

The extraction of sand and gravel from the Zeravshan River bed has deepened it in some areas by 5-7 meters, causing the groundwater level to drop by 12, and in some places 15 meters. Until the end of last year, there was a moratorium on gravel extraction along the Zeravshan National Natural Park, but gravel continues to be extracted in other areas.

2. Pollution of surface and groundwater: The discharge of untreated wastewater, industrial waste, and agricultural fertilizers leads to the pollution of rivers, lakes, and groundwater.

The condition of groundwater in the Samarkand region is a cause for serious concern. Intensive use of water resources in agriculture, industry, and households, as well as climate change, have led to significant depletion of groundwater reserves.

Most surface water bodies are classified as moderately polluted according to Uzbekistan’s water pollution index.

In 2018, the most polluted water bodies were the Siab collector in Samarkand and the Salar canal downstream of Tashkent and Yangiyul. Groundwater quality is generally considered satisfactory. The average percentage of non-compliant samples over the period from 2012–2017 was 5–10% per year based on microbiological analysis and 10–15% based on chemical analysis.

3. Soil salinity: Intensive irrigation leads to soil salinization, which degrades soil fertility and reduces crop yields.

4. Deterioration of drinking water quality: Many settlements experience a shortage of quality drinking water, which increases the risk of infectious diseases. Consequences:

1. Water scarcity: Limited access to water for the population, agriculture, and industry.

2. Deterioration of the environmental situation: Soil degradation and reduction in biodiversity.

3. Threat to public health: Consumption of contaminated water can lead to various diseases.

CAUSES OF THE PROBLEMS

- Rapid population growth: Population growth leads to increased water consumption and waste production.
- Inadequate water supply and sewage systems: Many settlements lack centralized water supply and sewage systems, resulting in untreated wastewater being discharged into the environment.
- Insufficient funding for environmental protection measures: A lack of sufficient financial resources hinders the implementation of large-scale environmental protection projects.
- Lack of environmental awareness among the population: The low level of environmental consciousness among the population leads to careless attitudes toward water resources.

Today, the coastline of the Zeravshan River near the village of Farhad and further downstream presents a grim picture. More than 30 enterprises processing gravel and producing concrete building materials are operating here, in violation of regulatory documents regarding water protection areas. Understandably, raw materials for production are often sourced from the nearby shore and riverbed.

The full consequences of exploiting the river will become apparent to all of us in the coming years. In addition to the drop in water levels, the cutting of riparian tugai vegetation is being observed everywhere in the region. This destabilizes the banks, leading to changes in water flow patterns, soil erosion, the influx of excess sediment and pollutants, and, as a result, the silting of water sources, loss of biodiversity, and changes in the microclimate.

SOLUTIONS

- Optimization of water resource use: Implementing water-saving technologies in agriculture and industry, and adopting water recycling systems.
- Construction and modernization of wastewater treatment facilities: Building new and upgrading existing wastewater treatment plants to clean wastewater before discharging it into the soil.
- Reclamation of saline soils: Conducting land reclamation activities to restore soil fertility.
- Monitoring groundwater conditions: Regular monitoring of groundwater levels and quality.
- Development of water supply and sewage systems: Expanding and upgrading water supply and sewage systems in rural areas.
- Raising environmental awareness among the population: Carrying out large-scale public information and education campaigns.
- Development and implementation of water-saving technologies: Using drip irrigation, mulching, and other methods to reduce water loss through evaporation.
- Optimization of water resource use: Introducing water-saving technologies in agriculture and industry.
- Construction and modernization of wastewater treatment facilities: Restoring soil fertility.
- Reclamation of saline soils.

For a deeper analysis of the problem and the development of specific recommendations, additional research is necessary, including:

- Assessment of water quality in various sources.
- Analysis of existing water supply and sewage systems.
- Assessment of economic damage from water pollution.
- Development of a regional water resource protection program.

The following projects and initiatives are currently active in the Republic of Uzbekistan.

• International projects to modernize water supply and sanitation systems (World Bank, ADB, etc.) aimed at improving the quality and reliability of water supply in Bukhara and Samarkand, reconstructing treatment facilities, and reducing network losses. World Bank

• UNDP/EU programs and bilateral projects to ensure access to clean water in rural areas of the Samarkand region (well drilling, local iron removal/disinfection systems).

CONCLUSION

The environmental situation in the Samarkand region requires urgent action. Solving problems related to water ecology and hygiene requires a comprehensive approach that brings together the efforts of the government, businesses, and civil society. Only through joint efforts can the region’s sustainable development be ensured, and its natural resources preserved for future generations. Therefore, addressing the problems of water ecology and hygiene in the Samarkand region requires a systematic approach, continuous monitoring, and effective measures to provide clean drinking water for all the region's residents.

REFERENCES

1. Doniyor, Khakimova Khonbuvi Barotova RS Berdiev. "THE QUALITY OF DRINKING WATER AS AN ENVIRONMENTAL AND MEDICAL PROBLEM." INTERNATIONAL JOURNAL OF EUROPEAN RESEARCH OUTPUT 3.3 (2024): 131-135.
2. Negmatovna, A. D., Vakhobzhonovich, D. B., Muhammadjonovna, B. U., & Vakhobjonovna, B. G. (2024). Environmental Education for Schools Students.
3. Юнусов, Худайназар Бекназарович. Экологическая оценка комплексной технологии очистки и обеззараживания питьевой воды и эффективность ее применения для улучшения экологической обстановки территорий. Diss. Рос. гос. аграр. ун-т, 2017.
4. https://sv.zarnews.uz/post/glavne-ekoproblem-samarkanda
5. https://cabar.asia/ru/vodnye-problemy-uzbekistana-voprosy-ekologii-i-menedzhmenta
6. https://unece.org/DAM/env/epr/epr_studies/ECE.CEP.188/ECE.CEP.188.RUS.01.FrontMatters.pdf

SUV RESURSLARIDAN IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA SAMARALI FOYDALANISH MUAMMOLARI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)

Toshbekov Nurbek Ahmadovich, Ne’matov Komiljon Nosir o‘g‘li,
Ne’matov Azizbek Begzod o‘g‘li, Hasanov Asliddin Azamat o‘g‘li
Buxoro davlat Pedagogika instituti

Annotatsiya: Iqlim o‘zgarishi va antropogen omillar natijasida degradasiyaga uchragan maydonlar ortib bormoqda. Ushbu maqolada Buxoro viloyatidagi kollektor-zovur suvlaridan sug‘oriladigan yerlarni sug‘orish va ulardan sho‘r yuvishda foydalanish masalalari yoritilgan. Viloyatdagi markaziy kollektor-zovurlarning tuzilishi, asosiy funksiyasi, meliorativ ahamiyati hamda mavjud muammolari tahlil qilingan. Shuningdek, suv resurslaridan samarali foydalanish va ekologik barqarorlikni ta’minlash fikr mulohazalar yuritilgan. Sug‘oriladigan maydonlarning tumanlar kesimida o‘zgarish dinamikasi ham yoritilgan.

Kalit so‘zlar: Kollektor-drenaj tizimi, ikkilamshi foydalanish, sho‘r yuvish, sizot suvlari, sho‘rlanish, melioratsiya, suv resurslari, ekologik xavfsizlik.

Аннотация: В результате изменения климата и антропогенных факторов площадь деградированных земель увеличивается. В данной статье рассматриваются

вопросы орошения орошаемых земель водосборно-сточных вод Бухарской области и их использования для выщелачивания солей. Анализируются структура, основные функции, значение мелиорации и существующие проблемы центральных водосборно-сточных систем региона. Также рассматриваются вопросы эффективного использования водных ресурсов и обеспечения экологической устойчивости. Охвачена динамика изменений орошаемых площадей по районам.

Ключевые слова: Водосборно-сточные системы, вторичное использование, выщелачивание солей, сточные воды, засоление, мелиорация, водные ресурсы, экологическая безопасность.

Abstract: As a result of climate change and anthropogenic factors, the area of degraded lands is increasing. This article examines the irrigation of irrigated lands with wastewater in the Bukhara region and its use for salt leaching. The structure, main functions, importance of land reclamation, and existing problems of the region's central water collection and wastewater systems are analyzed. Issues of efficient water resource use and environmental sustainability are also considered. The dynamics of changes in irrigated areas by district are covered.

Key words: Water collection and wastewater systems, recycling, salt leaching, wastewater, salinization, melioration, water resources, environmental safety.

KIRISH

Hozirgi kunda iqlim o‘zgarishi jarayonlari butun dunyoda ekologik muammolarning kushayishiga olib kelmoqda. Havo haroratining ortishi, yog‘in miqdorlarining kamayishi va qurg‘oqshilik hodisalarining tez-tez takrorlanishi natijasida suv resurslari taqshilligi tobora sezilarli darajada bo‘lib bormoqda. Suv inson hayoti, qishloq xo‘jaligi, sanoat va atrof-muhit ushun eng muhim tabiiy resurslardan biri bo‘lib, uning yetishmovshiligi iqtisodiy va ijtimoiy barqarorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Jahonning ko‘pgina rivojlangan mamlakatlarida sug‘orma suvlarning sifatini, sug‘oriladigan maydonlarda hosil bo‘ladigan kollektor-zovur suvlarining minerallashuv darajasi, miqdori, sarfi va sifatini aniqlash bo‘yisha ko‘plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan. Kollektor-zovur suvlarining hosil bo‘lishi va o‘zgarishlari bo‘yisha mamlakatimizda V.A.Duxovniy, S.I.Xarshenko, Sh.A.Muradov, V.I. Sokolov va E.I.Chembarisovlarning ilmiy tadqiqot ishlarida o‘z aksini topgan.

Respublika xalq xo‘jaligining eng yirik tarmog‘i bo‘lgan qishloq xo‘jaligi mamlakat iqtisodiyoti rivojlanishida muhim o‘rin tutadi. Respublikamiz mustaqillikga erishgandan so‘ng bu sohani rivojlantirish maqsadida mulkchilikning yangisha shakllari teng huquqli asosda ravnaq topishini ta’minlash kabi dolzarb masalalariga alohida e’tibor berilmoqda. Yurtimizda qabul qilinayotgan qonunlar, jumladan, O‘zbekiston Respublikasini rivojlantirish bo‘yisha “**O‘zbekiston-2030**” strategiyasida “Tuproq qoplamali kanallarni beton qoplamaga hamda ishki sug‘orish tarmoqlarining yopiq quvurli sug‘orish tizimlariga o‘tkazish bo‘yisha yetti yillik dastur doirasida irrigatsiya tizimi va sug‘orish tarmoqlarining foydali ish koeffitsiyenti ko‘rsatkishini 0,73 gasha yetkazish” ikkilamshi suv resurslaridan ya’ni kollektor-zovur suvlaridan samarali foydalanish masalalari nazarda tutilgan. 2030 yilga kelib, aholi soni 40 mln kishiga etishi bashorat qilingan bo‘lib, bunday sharoitda suv tanqisligi darajasi 13-14% dan 44-46% ga etishi mumkin. Qo‘shimcha sug‘orish manbai sifatida bizga o‘n millionlab suvni o‘zida saqlayotgan kollektor-zovur suvlaridan qayta foydalanish yordam bera oladi.

O‘zbekiston hududida, xususan Buxoro vohasi ham iqlim o‘zgarishidan kushli ta’sir ko‘rayotgan mintaqalardan biridir. Bu hududda tabiiy suv manbalari cheklangan bo‘lib, asosiy suv ta’minoti transshegaraviy daryolarga, yer osti suvlariga va sun’iy irrigatsiya tizimlariga

bog‘langan. Shu sababli suv resurslaridan oqilona va samarali foydalanish, ularni tejash hamda qayta foydalanish masalalari bugungi kunda nihoyatda dolzarbdir. Sug‘orish suvlarining yildan-yilga kamayib borayotganligi qishloq xo‘jaligida kollektor-zovur suvlaridan qayta foydalanish (daryo suvi bilan aralashtirib yoki 1/1 va 1/2 nisbatda) muhim ahamiyat kasb etadi.

Buxoro viloyati sug‘oriladigan dehqonshilik rivojlangan hududlardan biri sanaladi. Mintaqada tabiiy iqlim quruq bo‘lib, sug‘orish suvlariga bo‘lgan talab juda yuqori hisoblanadi. Sug‘orish jarayonida hosil bo‘ladigan ortiqsha suvlar va sizot suvlarining ko‘tarilishi natijasida tuproq sho‘rlanishiga olib keladi. Shu boisdan, viloyatda **kollektor-zovur tizimlari** barpo etilgan bo‘lib, ular orasida **tumanlararo** (Shimoliy, Markaziy Buxoro, Oyoqog‘itma) **kollektor-zovur tarmoqlari** alohida o‘rin tutadi [5].

TADQIQOT OBYEKTI

Viloyatdagi tumanlararo kollektor-zovurlar (Markaziy Buxoro, Shimoliy, Oyoqog‘itma va boshqlar), Amu-Buxoro mashina kanali va xo‘jalikaro kollektor-zovur suvlarining shakllanish xususiyatlarini aniqlash, tumanlar kesimida kollektor-zovurlarning gidrologik ko‘rsatkichlari, ulardan qo‘shimcha suv manbai sifatida foydalanishdan iboratdir.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Kollektor-zovur tarmog‘ining suv yig‘uvshi qismidan kelayotgan suvni qabul qilib, sug‘oriladigan maydondan shiqarib yuboriladigan oshiq kanal yoki drenaj quvuri hisoblanadi. Kollektorlar tumanlararo, xo‘jaliklararo va xo‘jalik ishki turlariga bo‘linadi. Odatda kollektorlar pastliklardan va qishloq xo‘jalik ekinlari ekiladigan hudud shegaralari bo‘ylab o‘tkaziladi. Viloyatda sug‘oriladigan maydonlarining gidrogeologik meliorativ sharoiti o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lib, respublikaning janubiy viloyatlari singari murakkab hisoblanadi. Buxoro viloyatida gidrogeologik meliorativ sharoit, asosan sizot suvlari gidrologik hamda gidrokimyoviy rejimiga bog‘liq bo‘lib, sug‘oriladigan yer maydonlari Zarafshon daryosining quyi qismida joylashganligi sababli, murakkab hisoblanadi. Yil davomida bo‘ladigan yog‘ingarshilikning 60 foizi yanvar oyidan aprel oyining oxirigasha bo‘lgan yog‘ingarshiliklar tashkil qiladi. Sug‘oriladigan hududlarning katta qismini zovurlar hamda tashlama ko‘llar tashkil qiladi. Hozirgi kunda zovur suvlarining bir qismi Parsanko‘l zovuri orqali Amudaryo o‘zaniga borib qo‘yiladi, qolgan qismi esa Buxoro vohasi atrofidagi pastqamliklarga tashlanadi. Buning natijasida viloyatda 10 dan ortiq tashlama ko‘llar hosil bo‘lgan. Minerallashgan kollektor-zovur suvlaridan sug‘orishda foydalanishda suv tarkibidagi tuzlar o‘simlikga, ayniqsa, uning dastlabki fazalarida ma’lum darajada salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Sug‘oriladigan yerlarda mo‘tadil ko‘chat qalinligini ta’minlash maqsadida ekish me’yori daryo suvi bilan sug‘orish sharoitidagidan birmuncha oshiraladi. Buxoro viloyatining sug‘oriladigan maydonlari sho‘rlanishga moyil bo‘lgan tuproq hisoblanadi.

1-jadval

Buxoro viloyati tumanlarida 2024 yilda sug‘oriladigan yerlarning sho‘rlanish darajasi (ming.ga)

t/r	Tumanlar nomi	Umumiy sug‘oriladigan maydon ming.ga	Shu jumladan				
			Kushli sho‘rlangan ming.ga	O‘rtasha sho‘rlangan ming.ga	Kam sho‘rlangan ming.ga	Umumiy sho‘rlangan ming.ga	Foiz hisobida
Viloyat bo‘yisha		274,61	6,11	57,70	170,47	234,28	85,3
1	Buxoro tumani	30,11	0,32	6,09	19,84	26,24	87,2
2	Vobkent	21,52	0,34	3,99	14,12	18,44	85,7
3	Jondor	32,92	1,61	8,10	20,32	30,02	91,2
4	Kogon	18,77	0,31	3,53	11,90	15,74	83,8

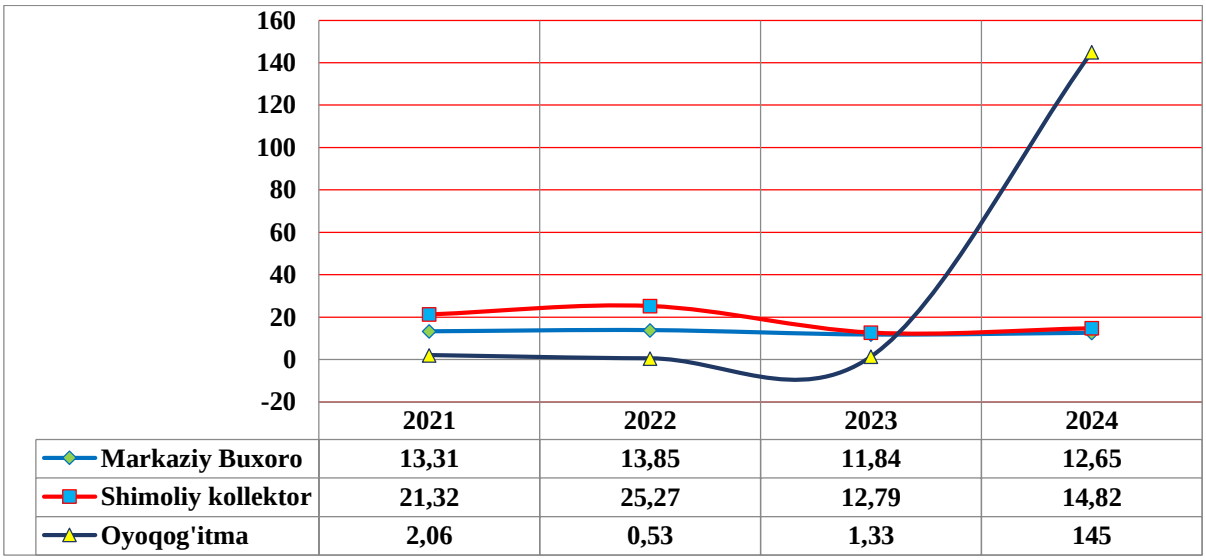
5	Olot	21,52	0,94	3,96	3,96	17,60	81,8
6	Peshku	22,78	0,28	4,63	13,98	18,90	83,0
7	Romitan	27,22	0,29	6,60	16,36	23,25	85,4
8	Shofirkon	28,35	0,69	7,31	25,8	24,86	87,7
9	Qorako‘l	25,08	0,34	4,12	17,17	21,63	86,2
10	Qorovulbozor	19,29	0,08	3,45	17,9	14,97	77,6
11	G‘ijduvon	27,01	0,93	6,00	15,70	22,64	83,8

O‘rganishlar natijasida ma’lum bo‘ldiki, viloyat bo‘yisha umumiy sug‘oriladigan maydonlar 274,61 ming gektarni tashkil qiladi, shundan 6,11 ming gektari kuchli, 57,70 ming gektari o‘rtasha va 170,47 ming gektari kam sho‘rlangan maydonlardan iborat bo‘lib, umumiy holda 234,28 ming gektar maydon turli darajada sho‘rlangandir. Tumanlar kesimida esa Jondor, Shofirkon, Kogon va Qorako‘l tumanlari sug‘oriladigan maydonlari turli darajada sho‘rlangan.

Kollektor-zovur suvlaridan foydalanish ushun ularni sug‘orish tarmog‘iga nasos stansiyalari yordamida uzatish lozim. Bunda kollektor-zovur tarmog‘iga to‘g‘on qurib, suvni o‘z oqimi bilan dalalatga chiqarishga yo‘l qo‘ymaslik zarur, aks holda zovurlar faoliyati yomonlashib, dalalarda sizot suvlar sathi ko‘tarilib ketadi [2].

Kollektor-zovur suvlaridan foydalanish imkoniyatlari juda katta: Shimoliy va Janubiy Buxoro kollektorni suv sarfi 10-15 m^3/sek. ga yetib boradi. Shunday qilib, kollektor-zovur suvlaridan ekinlarni sug‘orishda keng foydalanish suv zaxiralarini ko‘paytirish bilan bir qatorda yangi yerlarni o‘zlashtirib, ularning suv ta’minotini yaxshilash ushun qulay zamin yaratadi.

Buxoro viloyatida kollektor-zovur tarmoqlari jami 2024 yilda 8851,60 km ni tashkil qilgan bo‘lib, xo‘jalik ishki kollektorlari 4557,31 km ni tashkil qiladi. Sug‘orish suvlarining tanqisligi, sezilayotgan qishloq xo‘jalik ekinlarining hosildorligini oshirish zarurati yuzaga kelgan hozirgi kunda sug‘orish suvlaridan ilmiy asoslangan, suv zahiralarini topish, kollektor-zovur suvlarini minerallashuvini kamaytirib, sug‘orma dehqonchilikda foydalanish Buxoro viloyati uchun juda muhimdir.

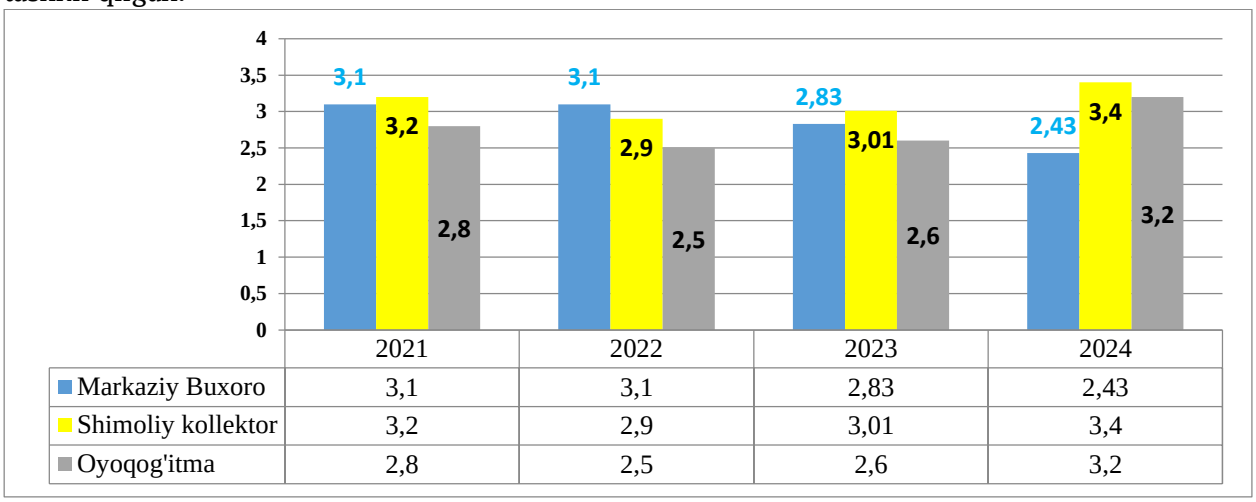


	2021	2022	2023	2024
Markaziy Buxoro	13,31	13,85	11,84	12,65
Shimoliy kollektor	21,32	25,27	12,79	14,82
Oyoqog'itma	2,06	0,53	1,33	145

1-rasm. Yillar kesimida tumanlararo kollektor-zovurlarning suv sarfi darajasi

Ushbu grafikda keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turubdiki, viloyatdagi tumanlararo kollektor-zovurlarning yillar kesimida suv sarfi quyidagilardan iborat. Markaziy Buxoro kollektor-zovuri 2021 yilda 13.31 m^3/s, 2022 yilda 13.85 m^3/s, 2023 yilda 11.84 m^3/s, 2024 yilda

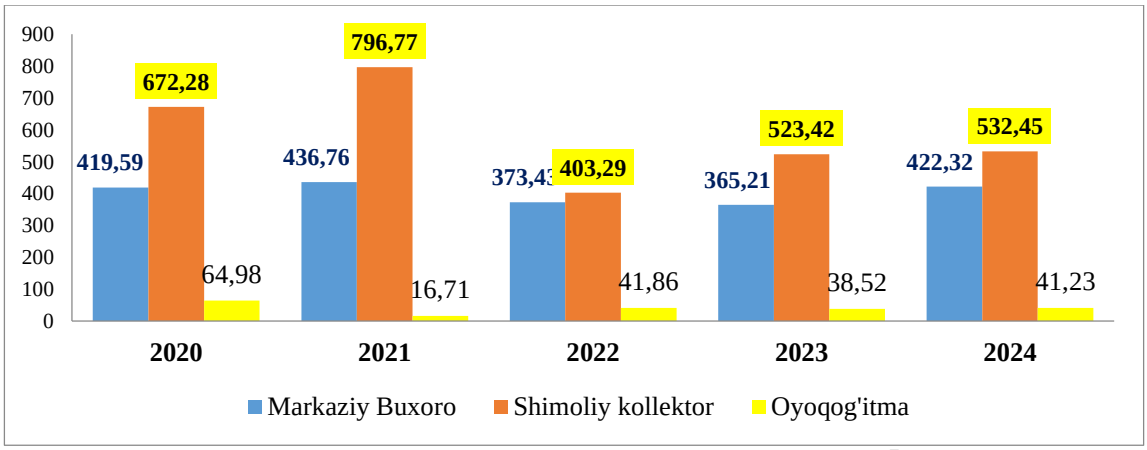
12.65 m^3/s ni tashkil qiladi. Shimoliy kollektor 21.32 m^3/s, 2022 yilda 25.27 m^3/s, 2023 yilda 12.79 m^3/s, 2024 yilda esa 14.82 m^3/s ni tashkil qilgan. Oyoqog‘itma kollektor-zovurining suv sarfi 2021 yilda 2.06 m^3/s ni, 2022 yilda 0.53 m^3/s ni, 2023 yilda 1.33 m^3/s va 2024 yilda 145 m^3/s ni tashkil qilgan.



	2021	2022	2023	2024
Markaziy Buxoro	3,1	3,1	2,83	2,43
Shimoliy kollektor	3,2	2,9	3,01	3,4
Oyoqog'itma	2,8	2,5	2,6	3,2

2-rasm. Kollektor-zovurlarning sho‘rlanish darajasi

Ma’lumki diagrammada tumanlararo k**ollektor-zovur suvlarining sho‘rlanish darajasi** keltirilgan bo‘lib, unda 2021–2024 yillarda **Markaziy Buxoro**, **Shimoliy kollektor** va **Oyoqog‘itma** kollektor-zovur suvining sho‘rlanish darajasi (g/l) ko‘rsatilgan. **Markaziy Buxoro kollektorining** sho‘rlanish darajasi 2021–2022 yillarda 3,1 g/l atrofida bo‘lib, 2023 yilda **2,83 g/l** gasha pasaygan, 2024 yilda esa **2,43 g/l** ga tushgan. Bu pasayish suv sifatining yaxshilanganini va sho‘r suvlarning kamayganini ko‘rsatadi. **Shimoliy kollektor**da esa sho‘rlanish darajasi 2021 yilda 3,2 g/l bo‘lgan, 2022 yilda biroz kamayib **2,9 g/l** ni tashkil etgan, ammo keyingi yillarda yana oshib, 2024 yilda **3,4 g/l** ga yetgan. Bu hududda bug‘lanishning yuqoriligi yoki drenaj tizimining samaradorlik ko‘rsatkichi pasaygan bo‘lishi mumkin. O**yoqog‘itma kollektor-zovur suvida** sho‘rlanish darajasi 2021 yilda 2,8 g/l bo‘lib, 2022–2023 yillarda **2,5–2,6 g/l** gacha pasaygan, 2024 yilda esa **3,2 g/l** gacha oshgan. Bu esa so‘nggi yillarda ushbu hududlarda sho‘rlanish darajasi kuchayganini ko‘rsatadi [5].



3-rasm. Kollektor-zovurlarning suv miqdori (m^3)

Ushbu jadvalda viloyatdagi tumanlararo «Kollektor-zovurlarlarning suv miqdori (m^3)» keltirilgan bo‘lib, unda 2020–2024 yillar davomida **Markaziy Buxoro**, **Shimoliy kollektori** va **Oyoqog‘itma** kollektorlaridagi suv hajmi ko‘rsatilgan. **Markaziy Buxoro kollektorida** suv

miqdori yillar davomida nisbatan barqaror bo‘lib, 2020 yildagi 419,59 m^3 dan 2024 yilda 422,32 m^3 gacha o‘zgarib turgan. **Shimoliy kollektor**da esa suv hajmi 2021 yilda eng yuqori darajaga – **796,77 m^3** ga etgan, keyingi yillarda esa pasayib, 2023 yilda 523,42 m^3, 2024 yilda 532,45 m^3 ni tashkil etgan. **Oyoqog‘itma kollektorida** suv miqdori boshqa kollektorlar bilan solishtirganda ancha kam bo‘lib, 2020 yildagi 64,98 m^3 dan 2021 yilda keskin kamayib **16,71 m^3** ni tashkil etgan, keyingi yillarda esa asta-sekin **41,23 m^3** gacha ko‘tarilgan.

XULOSA

1. Shimoliy kollektor Buxoro viloyati suv xo‘jaligida muhim ahamiyatga ega kollektor-zovur tarmog‘idir. Uning barqaror ishlashi nafaqat qishloq xo‘jaligi samaradorligiga, balki butun mintaqaning ekologik muvozanatiga ham bevosita ta’sir qiladi. Kollektor-zovurlarning texnik holatini yaxshilash, nazorat tizimini joriy etish va suv resurslaridan qayta foydalanish texnologiyalarini tatbiq etish kelajakdagi eng muhim vazifalardan hisoblanadi.

2. **Markaziy Buxoro kollektor-zovurida** suvning sho‘rlanishi darajasi yildan-yilga kamayib borgan bo‘lib, bu esa ijobiy holatdir. Aksinsha, **Shimoliy kollektor** va **Oyoqog‘itma** kollektorlarida 2024 yilda sho‘rlanish darajasi oshgan. Bu hududlarda sho‘r suvlarni chiqarish, meliorativ holatni yaxshilash va suv almashinuvi tizimini samarali tashkil etish zarurligini ko‘rsatadi.

3. Umuman olganda, eng katta suv miqdori viloyatda **Shimoliy kollektor-zovuri**da qayd etilgan. **Markaziy Buxoro** kollektorining suv miqdori nisbatan barqaror bo‘lgan, **Oyoqog‘itma**da esa suv hajmi keskin tebranishlarga ega. Bu farqlar hududdagi gidrologik sharoit, suv chiqarish tizimlari va iqlim o‘zgarishlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 son O‘zbekiston Respublikasini rivojlantirishning yettita ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha (2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi) Farmoni.

2. Беспалов Н.Ф. Использование минерализованных вод для орошение и промывки в Узбекистане // Исползование минерализованных вод в сельском хозяйстве. Ашгабад.

3. Мурадов Ш.О. Водные ресурсы и их рациональное использование в сельском хозяйстве юга Узбекистана // Водное хозяйство России. – Екатеринбург.

4. Мурадов Ш.О., Отакулов У.Х. Эффективность природно-водохозяй-ственного районирования для мониторинга водных ресурсов // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – Тошкент.

5. Toshbekov N.A., Ergashov A. **Kollektor-zovur suvlaridan foydalanishning ekologik muammolari (Buxoro viloyat misolida)** // Ekologiya xabarnomasi. Ijtimoiy-iqtisodiy, amaliy jurnal. Toshkent. №1. 2025. -B. 76-80.

LEACHING BEHAVIOR OF PER- AND POLYFLUOROALKYL SUBSTANCES (PFAS) IN BIOSOLIDS DURING THICKENING, ANAEROBIC DIGESTION, AND DEWATERING PROCESSES

Yelena Katsenovich [1,*], Zariah Nazir[1], Joshua Omaojo Ocheje[3], Maria Mendoza Manzano[3], Berrin Tansel[2], Natalia Soares Quinete[3,4]

[1]Applied Research Center, Florida International University, 10555 W Flagler St, Miami, FL, 33174, USA
[2]Department of Civil & Environmental Engineering, 10555 W Flagler St, Miami, FL, 33174, USA
[3]Department of Chemistry and Biochemistry, Florida International University, 11960 SW 11th St, Miami, FL, 33199, USA
[4]Institute of Environment, Florida International University, 11960 SW 11th St, Miami, FL, 33199, USA

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are a large class of synthetic chemicals widely used in industrial and consumer applications for their surfactant and non-stick properties. Because of their chemical stability and resistance to degradation, PFAS are increasingly recognized as persistent environmental contaminants. Wastewater treatment plants (WWTPs) represent major collection points for PFAS released from various sources, including industrial discharges, household products, and urban runoff. During treatment, PFAS partition between the aqueous and solid phases, resulting in their accumulation within biosolids, which are often reused for land application. Understanding PFAS occurrence and release potential during sludge processing is needed to evaluate risks associated with biosolid management and disposal [1-4].

This study investigated PFAS concentrations and leaching behavior in biosolids collected from two wastewater treatment facilities operated by the Miami-Dade Water and Sewer Department (MDWASD) in Miami, FL, USA. The South District Wastewater Treatment Plant (SDWWTP) receives predominantly domestic wastewater but also accepts landfill leachate, while the Central District Wastewater Treatment Plant (CDWWTP) treats only domestic wastewater. The inclusion of landfill leachate at SDWWTP provides a unique opportunity to assess its influence on PFAS levels in biosolids.

Sludge samples were collected after thickening, anaerobic digestion, and dewatering processes at both facilities. To assess PFAS mobility, batch leaching experiments were conducted for 30 days under controlled laboratory conditions. Leachate samples were collected at five time points (days 1, 3, 7, 14, and 30) using sacrificial sampling. Both solid and aqueous phases were analyzed for forty target PFAS compounds using liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC–MS/MS).

Results revealed that PFAS leaching from biosolids occurred rapidly, with the highest concentrations detected within the first day of testing, indicating that a substantial fraction of PFAS is weakly bound or readily desorbable. Differences in PFAS composition and total concentrations were evident between the two treatment plants. Biosolids from the SDWWTP exhibited significantly higher PFAS concentrations, dominated by long-chain perfluoroalkyl carboxylic and sulfonic acids (PFCAs and PFSAs), suggesting the influence of landfill leachate inputs as an additional PFAS source. In contrast, biosolids from the CDWWTP contained lower overall PFAS levels but a greater relative abundance of short-chain PFAS, which are increasingly used as substitutes for legacy long-chain compounds.

These findings highlight the role of landfill leachate co-treatment in elevating PFAS burdens in wastewater solids and underscore the potential for PFAS mobilization during sludge processing and environmental disposal. The rapid release of PFAS during leaching suggests that biosolids may act as secondary sources of PFAS to soil and groundwater when land-applied. The results underscore the need for improved strategies to monitor, manage, and mitigate PFAS contamination in biosolids to minimize their potential release to soils and groundwater following land application or disposal.

REFERENCES

1.Quinete, N., Tansel, B., Katsenovich, Y., Ocheje, JO, Manzano, MM., Nasir, Z, 2025. Leaching profile of per- and polyfluoroalkyl substances from selected e-waste components and potential exposure pathways from discarded components. *Journal of Hazardous Materials*, v. 491, p. 137953, https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.137953

2.Katsenovich, Y., Tansel, B., Quinete, N., Nasir, Z, Ocheje, JO, Manzano, MM., 2024. Leaching profile of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) from biosolids after thickening, anaerobic digestion, and dewatering processes, and significance of protein, phosphorus, and selected ions. *Science of the Total Environment*, v.957, 177777, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177777

3.Ocheje, JO, Manzano, MM., Nasir, Z, Katsenovich, Y., Berrin Tansel, B., Sivaprasad, S., Quinete, N., 2024. Analytical protocol for detection and prioritization of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in biosolid leachates. *Journal of Water Process Engineering* 68, 106546. doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106546

4.Tansel B., Katsenovich Y., Quinete NS., Ocheje J., Nasir Z; Manzano MM., 2024. PFAS in biosolids: accumulation characteristics and fate profiles after land application. *Journal of Environmental Management* 370, 122395, doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122395

CLIMATE CHANGE AND THE NEW ERA OF DISEASES

Iskandarova Nozimaxon Ubaydullo qizi, Jaloliddinov Sherzodbek Ikromovich
Fergana Medical Institute of Public Health

Abstract. Climate change is becoming an increasingly pressing issue year after year. This change has a significant impact on water resources worldwide, affecting both the availability and quality of water. Along with global warming, climate change results in irregular precipitation patterns, sometimes leading to droughts and at other times causing sudden increases in rainfall, which in turn leads to flooding in certain areas. These changes are diverse and also affect human health. This article analyzes the ecological and medical consequences of climate change, the deterioration of water supply and management, and the rise of infectious diseases as a result. Additionally, it explores innovative solutions and new approaches needed to effectively manage water supply and prevent the spread of infectious diseases. The article emphasizes the need for integrated strategies between ecology and public health systems to combat water pollution and changes in water supply.

Keywords: climate change, water crisis, infectious diseases, water resources, ecological impact, health, water pollution, medical infrastructure, innovative solutions, public health.

Annotatsiya. Iqlim o‘zgarishi muammosi yildan-yilga dolzarblashib bormoqda. Bu o‘zgarish dunyo bo‘ylab suv resurslariga sezilarli ta’sir ko‘rsatib kelmoqda, suvning mavjudligi, sifatiga chuqur ta’sir ko‘rsatmoqda. Global isish bilan birga, iqlim o‘zgarishi qatoriga yog‘ingarchiliklarning bir maromda emasligi, ba’zida quruqchilik bo‘lishi, ba’zida esa birdan yog‘ingarchiliklar ko‘payib hududlarni suv bosishi ham kiradi. Bu o‘zgarishlar xilma-xil bo‘lib,

inson salomatligiga ham o‘z ta’sirini ko‘rsatmoqda. Ushbu maqolada iqlim o‘zgarishining ekologik va tibbiy oqibatlari, suv ta'minoti va boshqaruvining yomonlashishi oqibatida yuzaga keladigan yuqumli kasalliklar tahlil qilinadi. Shuningdek, suv ta'minotini samarali boshqarish va yuqumli kasalliklar tarqalishini oldini olish uchun kerak bo‘lgan innovatsion yechimlar va yangi yondashuvlar ko‘rib chiqiladi. Suv manbalarining ifloslanishi va ta'minotidagi o‘zgarishlarga qarshi kurashishda ekologiya va sog‘liqni saqlash tizimlari o‘rtasida integratsiyalashgan strategiyalar zarurligini ta'kidlaydi.

Kalit so‘zlar: iqlim o‘zgarishi, suv inqirozi, yuqumli kasalliklar, suv resurslari, ekologik ta’sir, salomatlik, suv ifloslanishi, tibbiy infrastruktur, innovatsion yechimlar, sog‘liqni saqlash.

Аннотация. Проблема изменения климата с каждым годом становится всё более актуальной. Эти изменения значительно влияют на водные ресурсы по всему миру, затрагивая как доступность, так и качество воды. Вместе с глобальным потеплением изменение климата приводит к нерегулярному распределению осадков, что иногда вызывает засухи, а иногда — резкие повышения осадков, что в свою очередь приводит к наводнениям в некоторых регионах. Эти изменения разнообразны и также влияют на здоровье человека. В статье рассматриваются экологические и медицинские последствия изменения климата, ухудшение водоснабжения и управления водными ресурсами, а также рост инфекционных заболеваний в результате этих изменений. Также обсуждаются инновационные решения и новые подходы, необходимые для эффективного управления водоснабжением и предотвращения распространения инфекционных заболеваний. Подчёркивается необходимость интегрированных стратегий между экологией и системой здравоохранения для борьбы с загрязнением воды и изменениями в водоснабжении.

Ключевые слова: изменение климата, водный кризис, инфекционные заболевания, водные ресурсы, экологическое воздействие, здоровье, загрязнение воды, медицинская инфраструктура, инновационные решения, здравоохранение.

INTRODUCTION

Climate change is currently recognized by the global community as one of the most serious challenges humanity faces. The rise in temperature is closely related to human activities, particularly the burning of fossil fuels. The use of extracted fuels, deforestation, agricultural practices, and industrial activities release greenhouse gases that contribute to climate change. The primary greenhouse gas driving global warming, carbon dioxide (CO2), has increased to levels not seen in millions of years, rising by approximately 50%. Since 1980, when global data collection began, the Earth's average temperature has risen by 1°C as of 2017. Although this may seem like a small change, when viewed as an average global figure, it represents a significant shift, leading to melting glaciers and a sharp rise in sea levels. If the emission of greenhouse gases continues at its current rate, scientists predict that the Earth's average temperature could rise by 4°C. Such a change would make large portions of land uninhabitable for humans. In Uzbekistan, from 1880 to the present, the average annual temperature has risen by 1.6°C (from 13.2°C to 14.8°C), which is higher than the global average rate. Experts predict that from 2030 to 2050, temperatures in the region could increase by another 1.5-3°C. Particularly in the Aral Sea region, temperatures are expected to rise sharply, exacerbating local climate changes. Uzbekistan is among the countries most vulnerable to the effects of climate change. According to experts, further increases in greenhouse gas concentrations in the atmosphere will lead to greater risks of drought, water and food scarcity, longer and more intense hot seasons, and an increase in population density. Additionally, this will likely result in more frequent flooding, landslides, and other dangerous weather events. Moreover, such trends will negatively impact ecosystems, particularly in areas like the Aral Sea region, Karakalpakstan, Surkhandarya, Bukhara, and Khorezm, where the ecological situation is expected to worsen.

Climate change is also posing a serious threat to human health, with new diseases emerging and mortality rates increasing, particularly among the elderly. Batir Berdiklychev, the World Health Organization (WHO) representative in Russia, highlighted this at the "Cloudy Cities" conference. During the "Future of Brix Cities" forum, he pointed out, "New problems are emerging, one of which is climate change, which directly affects human health. Extreme heat, droughts, wildfires, and floods increase the risk of disease outbreaks and mortality rates. For instance, in the past 20 years, deaths related to heat among people over the age of 65 have increased." Berdiklychev also emphasized the growing prevalence of non-communicable diseases, such as cancer, heart attacks, stroke, and diabetes, which currently account for 74% of global deaths. At the same time, he warned that the risk of new viruses, epidemics, and pandemics remains a serious concern. "This is the reality of our times," he added.

Several climate-sensitive infectious diseases may increase in certain areas, such as vector-borne diseases, vibrio pathogen infections, cholera, and some waterborne diseases. Experts from the WHO have identified that 80% of all diseases worldwide are transmitted through contaminated water. The contamination of water with disease-causing microorganisms can lead to the spread of diseases like typhoid fever, dysentery, and hepatitis A. The primary goal is to study the impact of climate change on the spread of waterborne infectious diseases, evaluate the risks it poses to health systems, and develop practical measures to address these challenges. The research will explore the effects of climate change and ecology on health and propose new approaches to addressing these issues.

RESEARCH METHODS

This article plans to analyze the results of previously conducted studies to examine the relationship between climate change and diseases, using literature analysis.

Data collection: For data collection, primary sources such as international organizations, including the World Health Organization (WHO), the United Nations Environmental Program (UNEP), national statistical agencies, as well as local statistics on diseases and environmental changes, were used. To understand the connection between climate change and infectious diseases, ecological, health, and demographic data from recent years were studied.

Analysis method: Statistical analysis methods, correlation analysis, and regression modeling were used to analyze the data. These methods allowed for the identification of the relationships between climate change and infectious diseases. Additionally, practical models were developed to predict the impact of environmental factors on health using mathematical modeling.

In 2009, the prominent medical journal *The Lancet* published an article stating: "Climate change is the greatest global health threat of the 21st century." This statement was reiterated in the World Health Organization's declaration in 2015. In 2019, the Australian Medical Association declared climate change a health emergency. Research has shown that framing climate change as a health issue, rather than an environmental problem, increases public engagement. Health is a part of how climate change affects people, encompassing aspects such as migration, security, and social impacts.

Climate change is connected to health outcomes through three primary pathways, mechanisms, or risks:

1. **Direct mechanisms or risks:** These include extreme weather changes such as storms, floods, droughts, heatwaves, and wildfires.
2. **Indirect mechanisms or risks:** These occur through changes in the biosphere, such as the spread of diseases, availability of food, water quality, air pollution, and ecological changes.
3. **Social dynamics:** This includes factors such as age, gender, health status, socio-economic conditions, social capital, healthcare infrastructure, mobility, and conflict situations.

These health risks have "social and geographic dimensions, are unevenly distributed worldwide, and are influenced by social and economic development, technology, and healthcare services."

Impact of heat on vulnerable populations' health

Heat stress in humans can result in hyperthermia, heat strokes, and other harmful effects. Heat exposure can affect several organs and systems, including the brain, heart, kidneys, liver, and more. Heatwaves have also been linked to epidemics of chronic kidney disease. Long-term exposure to heat, physical strain, and dehydration are sufficient conditions for the development of chronic kidney diseases. The risk of death from chronic lung diseases during heatwaves is estimated to be 1.8-8.2% higher compared to the average summer temperatures. Heat stress also leads to fluid loss, which can impair lung perfusion. In combination with high levels of pollution, this results in bronchial inflammation. For individuals with moderate and severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD), increased room temperature during heatwaves can worsen shortness of breath, coughing, and mucus production. Hospitalization rates for people with moderate and severe COPD increase by 8% for every 1°C rise above 29°C.

As of 2020, only two weather stations recorded temperatures of 35°C, and these were only brief occurrences. However, with ongoing climate change, the frequency and duration of such extreme events are expected to increase. Older populations and those with pre-existing medical conditions are significantly more at risk due to the rise in heat-related health issues. Extreme heat exposure "poses an acute health risk, particularly for those over 65, urban populations, and individuals with existing health conditions." Projections suggest that global warming will significantly disrupt sleep patterns, especially for people in low-income countries. The greatest rise in ambient temperature is typically recorded at night. Individuals with cognitive health problems (including depression, dementia, and Parkinson’s disease) are at greater risk when exposed to high temperatures and "should take additional precautions," as cognitive abilities are shown to be adversely affected by heat. People suffering from diabetes, obesity, sleep disorders, or cardiovascular and cerebrovascular diseases are advised to avoid excessive heat exposure.

Healthcare experts have warned that "excessive heat exposure increases the risk of death from cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory diseases, as well as from all causes of mortality." Heat-related deaths among people over 65 reached a record 345,000 in 2019. During the 2003 European heatwave, more than 70,000 people died. Additionally, during the heatwave in Karachi, Pakistan, in June 2015, temperatures reached 49°C (120°F), causing the deaths of over 2,000 people. According to estimates from 2020, more than 1,300 people in the United States die each year due to excessive heat.

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

Within the scope of this article, based on literature analysis and existing statistical data, the impact of climate change on health, particularly how heat and extreme weather affect health, was examined. The research results present the following key findings:

1. **Heatwaves and their impact on health:** The literature analysis revealed that the negative impact of heatwaves and high temperatures on physical health has significantly increased. Specifically, it was shown that people over the age of 65 and those with chronic diseases are more likely to experience health problems as a result of rising temperatures. The effects of these events were clearly demonstrated by the death of over 70,000 people during the 2003 European heatwave and over 2,000 deaths in Karachi, Pakistan, due to a heatwave in 2015.
2. **Heat and chronic diseases:** Research showed that heatwaves have a detrimental effect on chronic diseases, particularly lung diseases and chronic kidney disease. During heatwaves, hospitalization rates for patients with lung diseases increased by 8%. Furthermore,

long-term heat exposure was found to exacerbate chronic kidney diseases and lead to kidney function impairment.

3. **High temperatures and brain diseases:** The effects on cognitive health were also considered. People exposed to high temperatures showed increased severity of cognitive issues such as depression, Parkinson’s disease, and dementia. Studies indicate that people suffering from these conditions are significantly more affected by high temperatures, and their health worsens under difficult climate conditions. Scientific research on cognitive health confirms that individuals experiencing cognitive problems are particularly vulnerable to the effects of heat.

4. **Climate change and socially vulnerable groups:** The results revealed the large impact of climate change on health, particularly among socially vulnerable groups—especially the elderly, children, and those with pre-existing health conditions. For patients with moderate and severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD), an increase in temperature led to worsening respiratory function. For the population over 65 and those with high-risk factors, heat-related mortality reached 345,000 in 2019.

5. **Water supply and health:** Research showed that climate change affects not only heat but also water supply and water quality. This leads to an increase in infectious diseases, cardiovascular diseases, and intestinal infections. Extreme weather conditions, pollution of water sources, and the increased demand for drinking water place significant pressure on healthcare systems.

The research results allowed for a deep analysis of the impact of climate change on health and led to the following conclusions:

1. **Impact of climate change on health:** Climate change not only leads to ecological changes but also has a serious impact on health. The direct and indirect mechanisms of climate change, such as heatwaves and the spread of disease vectors, worsen health conditions. As indicated in the study, people who are more exposed to heat, particularly the elderly and those with chronic diseases, are at a higher risk of mortality.

2. **Water resources and infectious diseases:** Changes in water supply, particularly increased heat and drought conditions, contribute to the spread of infectious diseases. This remains a significant issue for many countries. The contamination and depletion of water resources weaken social and economic resilience, limiting people's ability to protect themselves from infectious diseases.

3. **Targeted measures:** The research results demonstrate that integrated strategies are needed to mitigate the impact of climate change on health. Cooperation between ecological and healthcare systems, along with innovative solutions and new technologies, can help reduce the health impacts of climate change. These efforts should focus on vulnerable social groups.

4. **Future research and policy:** Policies addressing the health impacts of climate change should focus on strengthening healthcare systems, especially in relation to vulnerable populations.

CONCLUSION

The connection between climate change and the water crisis, and their ecological and health impacts, is increasingly intensifying worldwide. Research and existing scientific analyses show that climate change not only alters the quality and availability of water resources but also contributes to the spread of various infectious diseases. Drought, heatwaves, and water pollution are significantly deteriorating human health, particularly increasing risks for socially vulnerable groups, including the youth, elderly, and those with chronic illnesses. The health impacts of climate change arise through altered weather conditions, the increase in disease vectors, changes in ecological factors, and worsening socio-economic conditions. For example, heatwaves, water

pollution, and extreme weather events not only worsen health but also have serious effects on social and economic systems. Furthermore, it has become evident that integrated and innovative approaches are necessary to mitigate the impact of climate change on healthcare systems. Effective cooperation between ecology and healthcare systems, the introduction of new technologies, and proactive measures can help reduce the health impacts of climate change. Additionally, developing and implementing unified strategies between international organizations and governments is essential to effectively combat the challenges related to climate change. To prevent the health impacts of climate change, new research, social protection programs, and political initiatives need to be developed. Moreover, strengthening healthcare systems and developing government policies focused on maintaining ecological health should serve as the primary tools in the fight against climate change.

RECOMMENDATIONS

The key recommendations derived from the research are as follows:

1. **Strengthening healthcare systems and enhancing climate adaptability:** It is crucial to strengthen healthcare systems and enhance their adaptability to climate change. This includes developing healthcare infrastructure, expanding disease prevention measures, and broadening education and training programs.
2. **Protecting high-risk groups:** Special protective measures must be implemented for socially vulnerable groups—especially youth, the elderly, and those with chronic illnesses—who are most at risk from heatwaves and other climate change impacts. This includes providing health services, social protection, and spreading information through education.
3. **Water resource management and pollution prevention:** Effective governance systems must be established to prevent water pollution, and ecological purification technologies should be developed. Additionally, public awareness campaigns and actions on water conservation and sustainable resource use should be organized.
4. **Implementing innovative technologies:** Innovative technologies and new approaches need to be introduced to reduce the health impacts of climate change. For example, water purification technologies, the development of renewable energy sources, and climate-resilient agricultural practices should be implemented in various regions.
5. **Public awareness and education:** Public awareness about climate change and its health impacts must be raised. This can be achieved through media, campaigns, seminars, and educational programs to inform people about the health risks posed by climate change.
6. **International cooperation on water and climate change:** Strengthening international cooperation on water supply and climate change, jointly managing resources, and implementing innovative solutions is essential. Collaboration between global organizations, national governments, and local communities must be enhanced.
7. **Improving legal regulations and policies to address climate change:** Attention should be given to legal and regulatory measures to address climate change and the water crisis. New laws and regulatory documents should be adopted in the fight against climate change. These changes will help ensure health and ecological sustainability.

REFERENCES

1. O‘zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati agentligining rasmiy sayti (https://hydromet.uz/)
2. Информационное агентство ТАСС (https://tass.ru/opinions/25794219)
3. https://xs.uz/uz/post/suv-orqali-yuqadigan-kasalliklar-haqida-bilasizmi
4. Katharine Murphy. „Australian Medical Association declares climate change a health emergency“

5. Demain, Jeffrey G. (24 March 2018). "Climate Change and the Impact on Respiratory and Allergic Disease: 2018". *Current Allergy and Asthma Reports*
6. Romanello, Marina; McGushin, Alice; Di Napoli, Claudia; Drummond, Paul; Hughes, Nick; Jamart, Louis; Kennard, Harry; Lampard, Pete *et al*. (October 2021). "The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future". *The Lancet* **398** (10311): 1619–1662. doi:10.1016/S0140-6736(21)01787-6. PMID 34687662
7. Kovats, R. Sari; Hajat, Shakoor (April 2008). "Heat Stress and Public Health: A Critical Review". *Annual Review of Public Health* **29** (1): 41–55.
8. Koppe, Christina; Sari Kovats; Gerd Jendritzky; Bettina Menne (2004). "Heat-waves: risks and responses". *Health and Global Environmental Change Series* **2**. Archived from the original on 2023-03-22.
9. Mansoor, Hasan. „Heatstroke leaves another 26 dead in Sindh“. *Dawn* (2015-yil 30-iyun).
10. Heat Waves & Heat Stress on the Rise“. *AreaHub*

RESEARCH LANDSCAPE AND EVOLUTIONARY TRENDS OF CLIMATE CHANGE-ARAL SEA INTERACTIONS: A COMPREHENSIVE BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Ying Hu
PhD student in Tourism and Hotel Management
“Silk Road” International University of Tourism and Cultural Heritage,
Three Gorges Tourism Polytechnic College, Hanyi Road, Yiling District, Yichang City, 443001, Hubei Province, China.

Abstract: The Aral Sea Basin, an iconic case of ecological crisis driven by climate-human interactions, has garnered increasing academic attention. To systematically clarify the research landscape, evolutionary trends, and frontiers of climate change-Aral Sea studies, this research conducts a comprehensive bibliometric analysis of 335 peer-reviewed articles (1994–2025) from the Web of Science Core Collection using VOSviewer and CiteSpace. Results reveal three evolutionary phases: foundational exploration (1994–2005) focused on descriptive ecological degradation documentation, steady growth (2006–2015) driven by climate factor integration and international cooperation, and rapid expansion (2016–2025) fueled by advanced technologies and intensified climate crises. Thematic clustering identifies five core dimensions—climate drivers, ecological-hydrological responses, technical methodologies, anthropogenic activities, and transboundary governance—with “climate change” and “water resources” as central hubs (eigenvector centrality >0.25). The collaborative network features a “Central Asia-Global North” dual-core structure, with China, the USA, Central Asian nations as pivotal nodes, and the Chinese Academy of Sciences (CAS) as a global research hub. Citation burst analysis confirms research frontiers follow a “method-technique-application” cascade, dominated by probabilistic climate risk assessment, large-scale environmental monitoring, and transboundary resource governance. Cross-validation between tools ensures result robustness. This study identifies a critical gap in integrating transboundary governance with technical solutions, providing a data-driven framework for researchers, policymakers, and regional organizations to advance climate-resilient development in the basin.

Keywords: Aral Sea Basin; climate change; bibliometric analysis; research frontier; transboundary governance

Annotatsiya. Iqlim va inson faoliyati o‘zaro ta’siri natijasida yuzaga kelgan ekologik inqirozning ramziy misoli bo‘lgan Orol bo‘yining havzasiga akademik e’tibor tobora ortib bormoqda. Orol dengizi va iqlim o‘zgarishi o‘rtasidagi tadqiqotlar maydoni, evolyutsiya tendensiyalari va yetakchi yo‘nalishlarini tizimli ravishda aniqlash maqsadida, ushbu tadqiqot VOSviewer va CiteSpace dasturlari yordamida Web of Science Core Collection ma’lumotlar bazasidan olingan 335 ta hakamlar tomonidan tekshirilgan maqolalarni (1994–2025) kompleks bibliometrik tahil qilgan. Natijalar uchta evolyutsion bosqichni ochib berdi: asosiy ekologik degradatsiyani tasvirlashga qaratilgan dastlabki tadqiqotlar (1994–2005); iqlim omillarining integratsiyasi va xalqaro hamkorlik tufayli barqaror o‘sish (2006–2015); ilg‘or texnologiyalar va kuchaygan iqlim inqirozlari sabab tez kengayish (2016–2025). Mavzular klasterlash beshta asosiy yo‘nalishni – iqlimiy omillar, ekologik-gidrologik javoblar, texnik metodologiyalar, antropogen faoliyat va chegaralararo boshqaruv – aniqladi, bunda “iqlim o‘zgarishi” va “suv resurslari” markaziy o‘rin tutadi (xos vektor markaziyligi >0,25). Hamkorlik tarmog‘i “Markaziy Osiyo – Rivojlangan Shimol” ikki yadroli tuzilishga ega bo‘lib, Xitoy, AQSH va Markaziy Osiyo davlatlari asosiy tugunlar, Xitoy Fanlar akademiyasi (CAS) esa global tadqiqot markazi hisoblanadi. Iqtibos portlash tahili tadqiqotning yetakchi yo‘nalishlari “metod – texnika – qo‘llash” zanjiri bo‘yicha rivojlanishini tasdiqlaydi, bunda ehtimollik asosidagi iqlim xavfini baholash, keng ko‘lamli ekologik monitoring va chegaralararo resurslar boshqaruvi ustunlik qiladi. Vositalar o‘rtasidagi o‘zaro tekshiruv natijalar ishonchliligini ta’minlaydi. Ushbu tadqiqot chegaralararo boshqaruvni texnik yechimlar bilan birlashtirishdagi muhim bo‘shliqni aniqlab, havzada iqlimga chidamli rivojlanishni ilgari surish uchun tadqiqotchilar, siyosatchilar va mintaqaviy tashkilotlar uchun ma’lumotga asoslangan asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: Orol dengizi; iqlim o‘zgarishi; bibliometrik tahil; tadqiqotning yetakchi yo‘nalishi; chegaralararo boshqaruv

Аннотация: Бассейн Аральского моря, являющийся знаковым примером экологического кризиса, обусловленного климато-антропогенными взаимодействиями, привлекает все большее внимание научного сообщества. Для систематического выяснения исследовательского ландшафта, эволюционных тенденций и фронтов исследований в области изменения климата и Аральского моря в данной работе проводится комплексный библиометрический анализ 335 рецензируемых статей (1994–2025 гг.) из Web of Science Core Collection с использованием инструментов VOSviewer и CiteSpace. Результаты выявили три эволюционные фазы: этап начального изучения (1994–2005 гг.), сосредоточенный на описательной фиксации экологической деградации; этап устойчивого роста (2006–2015 гг.), движимый интеграцией климатических факторов и международным сотрудничеством; и этап быстрого расширения (2016–2025 гг.), стимулируемый развитием технологий и обострением климатических кризисов. Тематическая кластеризация выделяет пять ключевых направлений: климатические драйверы, эколого-гидрологические последствия, технические методологии, антропогенная деятельность и трансграничное управление, причем «изменение климата» и «водные ресурсы» выступают центральными узлами (центральность собственного вектора >0,25). Коллаборационная сеть имеет двухъядерную структуру «Центральная Азия – глобальный Север», где ключевыми узлами являются Китай, США, страны Центральной Азии, а Китайская академия наук (CAS) выступает глобальным исследовательским хабом. Анализ всплесков цитирования подтверждает, что фронты исследований развиваются по каскадной схеме «метод – техника – применение», где доминируют вероятностная оценка климатических рисков, крупномасштабный экологический мониторинг и трансграничное управление ресурсами. Перекрестная проверка между инструментами обеспечивает надежность результатов. В исследовании выявлен критический пробел в интеграции трансграничного управления с

техническими решениями, что предоставляет исследователям, политикам и региональным организациям основанную на данных систему для продвижения климатоустойчивого развития в бассейне.

Ключевые слова: бассейн Аральского моря; изменение климата; библиометрический анализ; фронт исследований; трансграничное управление.

INTRODUCTION

At the heart of Central Asia, the Aral Sea Basin spans the drainage basins of the Amu Darya and Syr Darya. As Central Asia's largest endorheic basin, it holds ~1165 × 10^8 m^3 of surface water. Tajikistan and Kyrgyzstan, located upstream, serve as the water towers of the region, providing the majority of water for agriculture, industry, and domestic use to the local people. For decades, the Aral Sea anchored regional ecological balance, regulating microclimates and sustaining diverse aquatic and terrestrial ecosystems. Since the 1960s, however, it has faced an unprecedented ecological collapse: fueled by the combined force of climate change and unsustainable human activity, its surface area dropped from 66,900 km^2 (1960) to 36,500 km^2 (1990), and its volume decreased sharply. It was splitted into Large and Small sub-basins. By 2014, the Large Aral Sea's water level had plummeted from 40 m to 26.5 m, with salinity reaching catastrophic levels; the Small Aral Sea, however, saw modest recovery via water diversion projects. This desiccation has triggered crises such as biodiversity loss and salt dust storms, affecting over 100 million people and causing the collapse of local fisheries and agricultural economies.

Climate change stands out as a critical exacerbating force. Since the 1960s, the region has experienced a marked warming trend. Projections suggest Central Asia could see 2–6 °C warming by 2100, paired with heightened seasonal precipitation variability that would cause wetter winters and drier summers, which would further destabilize the basin's water balance. The significant increase in irrigation water usage and the continuous population growth, which are both human activity pressures, have intersected with climate change, exacerbating the Aral Sea crisis. To address this issue, the international community has launched several initiatives, such as Interstate Commission on Water Coordination (ICWC), International Fund for Saving the Aral Sea (IFAS), and Aral Sea Basin Program (ASBP). Additionally, technologies such as salt-tolerant crops and solar-powered water-saving irrigation have been introduced.

Research on the Aral Sea Basin has grown rapidly in recent decades, covering hydrological modeling, ecological restoration, and climate impacts, but critical gaps persist (Lee & Jung, 2018). Most work remains siloed: hydrological studies focus on runoff or groundwater (Rodell et al., 2009), and ecological studies on biodiversity loss (Sirjacobs et al., 2004). Few integrate these strands into a holistic view of the research landscape. While many studies use global climate models (GCMs) or satellite data (e.g., GRACE, GLDAS) to analyze climate impacts, quantitative analysis of the field's evolutionary trends, thematic clusters, and knowledge spillover is lacking. Worse, despite the crisis's transboundary nature and the need for coordinated research, the international collaboration network in this field remains underexplored. Bibliometric tools like VOSviewer and CiteSpace provide a robust way to address these gaps, systematically mapping trends, clusters, and collaboration patterns (Chen, 2006; Van Eck & Waltman, 2010).

This study carries dual academic and practical value. Academically, it fills the bibliometric gap in climate change-Aral Sea research, offering a systematic overview of the field from 1994 to 2025 via 335 Web of Science Core Collection articles. It identifies core themes, evolutionary stages, and knowledge gaps to ground future interdisciplinary work, using advanced bibliometric methods to unpack the field's intellectual structure. Practically, its findings guide policymakers (e.g., IFAS, ICWC) in designing targeted policies, highlight emerging frontiers for researchers, and inform community adaptation strategies. To address these gaps, this study seeks to: map the

global research landscape; analyze evolutionary stages and their drivers; unpack patterns of international collaboration; and identify current frontiers and unresolved gaps.

RESEARCH METHODS AND DATA SOURCES

Data for this study were drawn from the Web of Science Core Collection (WoSCC), a leading academic database indexing high-impact peer-reviewed journals, reviews, and conference proceedings across scientific disciplines. Its curation of rigorous environmental and climate science literature ensures the relevance and reliability required for bibliometric analysis.

To capture core research on climate change–Aral Sea interactions, a topic-based (TS) search strategy was deployed, encompassing article titles, abstracts, author-supplied keywords, and Keywords Plus to maximize coverage. The search formula was structured as:TS = ("climate change" OR "climate variability" OR "global warming" OR "extreme weather") AND TS = ("Aral Sea" OR "Aral Sea Basin"). Document types were restricted to articles, review articles, and conference proceedings to exclude non-academic content and ensure analytical depth. Articles and reviews provide foundational research and synthesis, while proceedings capture emerging conference-based findings critical for tracking frontier trends. No start year was specified to include all historical literature; the final dataset spans 1994 to 2025, reflecting the full evolutionary trajectory of the field. Duplicate records were removed using WoSCC’s built-in deduplication tool. Eight irrelevant articles were excluded manually. The final dataset comprised 335 valid articles.

VOSviewer 1.6.20 and CiteSpace 6.3.1were used to address the study objectives. VOSviewer was applied for co-occurrence and cluster analysis, quantifying relational strengths between research elements (e.g., keywords, countries, institutions) and identifying cohesive thematic clusters (Van Eck & Waltman, 2010). CiteSpace, by contrast, was used for temporal evolution mapping and citation burst detection, uncovering dynamic shifts in research focus and highlighting emerging frontiers (Chen, 2006).

RESEARCH RESULTS

3.1 Basic Characteristics of Literature

After analyzing 335 documents, the annual publication quantity and trend curve are presented in Figure 1. The temporal distribution exhibits distinct periodicity characteristics. Overall, annual output rises gradually from low to high, averaging 10.5 papers per year. The trajectory mirrors the shifting academic attention to this transboundary ecological and climatic challenge.

The period from 1994 to 2005 marked the basic exploration stage, during which only 18 articles were published, accounting for 5.4% of the total. Only 18 articles (5.4% of the total) were produced, and annual outputs rarely exceeded 5, and five years yielded no relevant work. Scholarship focused primarily on descriptive documentation of ecological degradation, such as tracking surface area shrinkage or biodiversity loss rather than systematic analysis of climate change as a contributing factor (Smith, 1994).

The period from 2006 to 2015 shifted into a steady growth phase(from 5 papers in 2006 to 17 in 2014), with 83 articles (24.8% of the total) published at an average of 8.3 per year. There are two factors drove this growth. The release of the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in 2007 drew academic attention back to the response of regional ecology to climate change. The initiation of initiatives such as the International Fund for Saving the Aral Sea (IFAS) and the Aral Sea Basin Programme (ASBP) facilitated interdisciplinary collaboration among hydrologists, climatologists, and ecologists.

Since 2016, the literature has entered a rapid expansion phase, with 234 articles (69.8% of the total) published at an average of 23.4 per year. Publication activity peaked in 2022 with 41 papers, followed by 21–22 papers annually in 2023–2025. Three interrelated factors fuel this surge:intensifying climate-driven crises in Central Asia, widespread adoption of advanced technologies and deepened transboundary research under frameworks like the B&R Initiative.

This phased distribution does more than reflect growing academic recognition of the Aral Sea as a paradigmatic case of climate-human interaction in arid regions, it also mirrors how global climate governance processes and technological advancements shape regional research agendas.

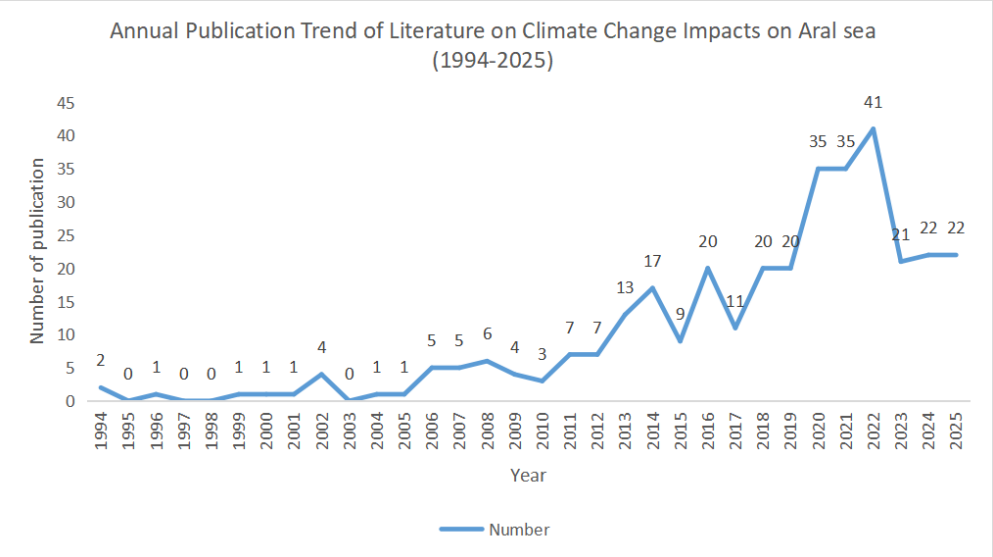


Figure 1. Annual Publication Trend of Literature on Climate Change and the Aral Sea (1994–2025)

3.2 VOSviewer Visualization Results

3.2.1 Keyword Co-occurrence Clustering

For this study, a keyword co-occurrence network was constructed using VOSviewer, integrating both author-supplied keywords and Keywords Plus from the 335 analyzed articles. To minimize noise and ensure analytical rigor, keywords with a frequency of fewer than 5 were excluded, resulting in 96 high-frequency terms that form the network’s core.

The reliability of the clustering results was validated by two key metrics: modularity ($Q = 0.42$) and average silhouette value ($S = 0.67$). A modularity $Q > 0.3$ indicates reasonable structural separation between clusters, confirming that thematic boundaries are distinct, while a silhouette value $S > 0.5$ reflects high internal homogeneity within each cluster, signaling that keywords within the same cluster are thematically coherent. These 96 high-frequency terms aggregated into 7 distinct thematic clusters (Figure 2), each capturing a unique dimension of climate change-Aral Sea research, with core keywords and thematic orientations summarized in Table 1.

Table 1.

Keyword Co-occurrence Clusters and Core Themes

Cluster	Number of Keywords	Core Keywords	Thematic Orientation
1	20	climate-change, vegetation dynamics, desertification, drought, land-use	Climate change-driven vegetation and land system responses
2	18	Aral Sea Basin, Amu Darya, irrigation, cotton, groundwater, salinity	Basin water resource utilization and agricultural climate adaptation
3	16	Aral Sea, desiccation, surface-water, lake level, satellite altimetry	Long-term monitoring of Aral Sea desiccation and surface water dynamics
4	14	energy, conflict, security, ecosystem services, resources management	Water-energy-food nexus and transboundary ecological security
5	12	climate variability, precipitation, environmental-changes, MODIS	Remote sensing assessment of climate variability and regional environmental changes

Cluster	Number of Keywords	Core Keywords	Thematic Orientation
6	10	GRACE, groundwater depletion, glacier, runoff	Hydrological system responses to glacier ablation and groundwater depletion
7	6	Central Asia, disaster, dust, exposure	Regional disasters and dust exposure risks induced by the Aral Sea crisis

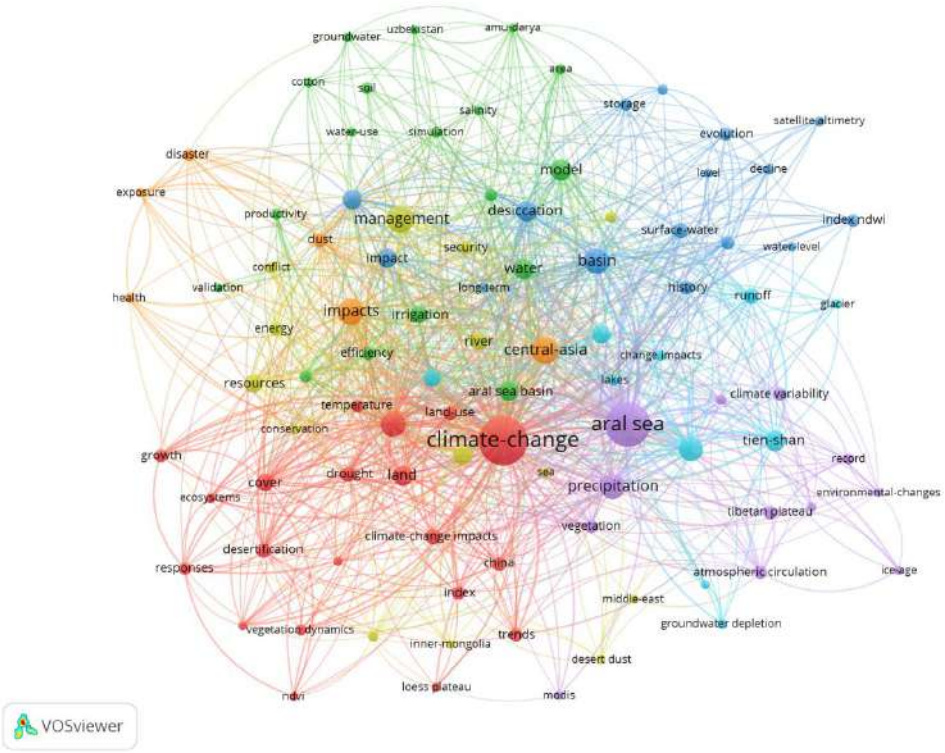


Figure 2. Keyword Co-occurrence Network (Keywords Plus)

Collectively, these 7 clusters form a multi-dimensional framework centered on the overarching theme of climate change-Aral Sea interactions, spanning five interconnected core dimensions of the field. First, climate drivers are captured by Clusters 1 and 5. Cluster 1 focuses on how climate change shapes vegetation cover and land degradation , while Cluster 5 emphasizes the role of climate variability in driving environmental changes, with both clusters relying on remote sensing tools to quantify these processes. Second, ecological responses are addressed by Clusters 1 and 7. Cluster 1 explores vegetation dynamics and desertification as direct ecological outcomes of climate shifts, while Cluster 7 focuses on secondary ecological crises, specifically salt-dust storms from the exposed Aral Sea seabed and their impacts on human health and ecosystems across Eurasia.

Third, hydrological processes are the focus of Clusters 3 and 6. Cluster 3 centers on long-term monitoring of the Aral Sea’s desiccation, using satellite altimetry and multi-source remote sensing data to track surface water changes, while Cluster 6 examines hydrological system responses to climate change. Fourth, human activities are integrated into Clusters 2 and 4. Cluster 2 explores the interaction between agricultural practices and water scarcity, highlighting how over-irrigation drives groundwater depletion and soil salinization—amplified by climate-induced evaporation (Sultonov et al., 2023), while Cluster 4 addresses transboundary resource governance, focusing on the water-energy-food nexus and conflicts between upstream hydropower-dependent

nations and downstream agricultural economies. Finally, technical methods cut across Clusters 3, 5, and 6, reflecting their role as foundational tools for monitoring, quantifying, and projecting climate-water-ecosystem interactions in the basin.

High connectivity between clusters underscores the interdisciplinary nature of the field. The distinctiveness of each cluster ensures clear thematic division. This structure collectively confirms a key evolutionary trajectory: research on climate change and the Aral Sea has progressed from isolated, single-factor analysis to integrated inquiry into climate-human-ecosystem interactions—laying a systematic knowledge foundation for exploring the field’s evolutionary trends and emerging frontiers.

3.2.2 National Collaboration and Bibliographic Coupling Networks

Spatial patterns of knowledge exchange and collaborative research in climate change-Aral Sea studies emerge clearly through two complementary networks: national bibliographic coupling and co-authorship. The former captures thematic affinity via shared citation linkages, while the latter reflects practical, transnational research partnerships, each shedding light on distinct yet interconnected dimensions of the field’s global dynamics.

Forty countries are aggregated into 8 clusters (modularity Q=0.45) within the bibliographic coupling network (Figure 3), a structure that signals clear regional thematic specialization. Cluster 2, anchored by China, Kyrgyzstan, and India, boasts the strongest coupling ties, with work centered on remote sensing-based water resource monitoring and hydrological process analysis. Cluster 1, by contrast, unites Germany, Russia, and Spain around long-term ecological evolution and paleoenvironmental reconstruction, while Cluster 6 (Kazakhstan, Tajikistan) emphasizes basin-scale hydrological responses to climate change. Central Asian nations like Uzbekistan and Kazakhstan appear across multiple clusters, evidence of their dual role as key research subjects and active collaborative participants.

The national co-authorship network (Figure 4) groups 40 countries into 6 clusters (modularity Q=0.38), highlighting intensive cross-border collaboration. Cluster 5, with China, Kazakhstan, and Poland as core nodes, forms the largest hub. Its connectivity stems from joint work on transboundary water governance, ecological restoration, and remote sensing applications. Cluster 4 bridges intercontinental collaboration, linking the USA, Uzbekistan, and England in research on climate modeling, drought risk assessment, and policy-oriented analysis . Smaller clusters (1–3, 6) include European, South Asian, and African nations, with regionally specific foci: vegetation dynamics in Cluster 2 and desertification control in Cluster 3.

Core nodes across both networks—China, the USA, and Central Asian countries, act as bridges between global and regional research agendas. What drives this configuration? Three factors stand out: geographic proximity, complementarity in resources, and international funding support. The bibliographic coupling network’s higher modularity (Q=0.45) underscores sharper regional thematic divisions, while co-authorship reflects more flexible, goal-driven partnerships. Together, they trace the field’s shift toward integrated transboundary research, offering a framework for understanding knowledge diffusion and collaborative governance in arid-region environmental studies.

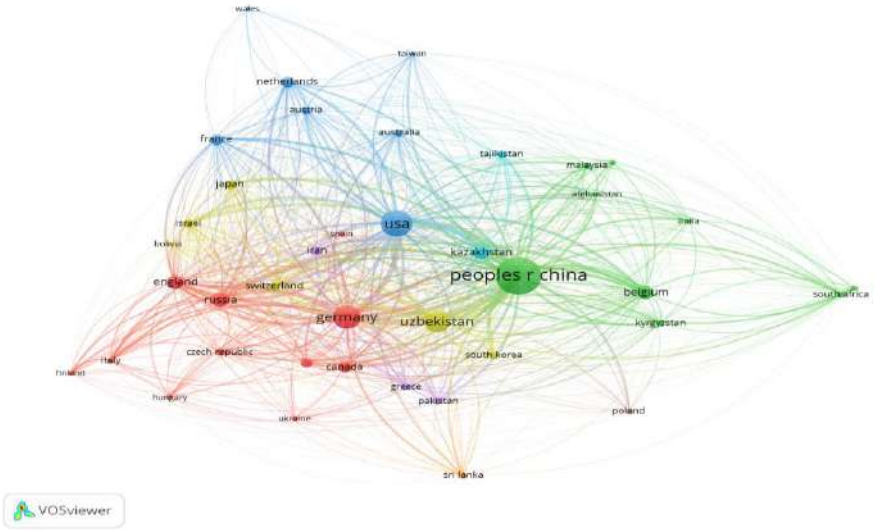


Figure 3. Bibliographic Coupling Network of Countries

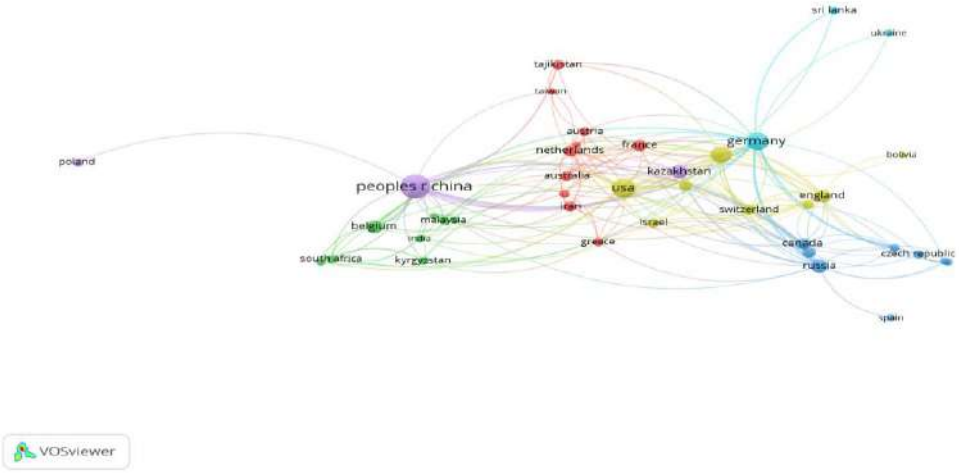


Figure 4. Co-authorship Network of Countries

3.2.3 Organizational Co-authorship and Bibliographic Coupling Networks

Two interrelated networks—organizational bibliographic coupling and co-authorship—illuminate institutional patterns of knowledge production and collaboration in climate change-Aral Sea research. The former signals intellectual alignment through shared citation practices, while the latter reflects practical, resource-driven partnerships—each capturing a distinct layer of how institutions advance the field.

Seventy-six institutions cluster into 6 groups (modularity Q=0.48) in the bibliographic coupling network (Figure 5). The Chinese Academy of Sciences (CAS), a dominant player in arid-region environmental research, leads the largest cluster, with its affiliates (e.g., Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS) exhibiting the strongest coupling ties. This cohesion stems from shared focus on surface water dynamics, remote sensing monitoring, and hydrological quantification, seen in frequent cross-citations of work on Google Earth Engine (GEE)-enabled water mapping and multi-band water index development. A second cluster centers on the National

University of Uzbekistan, paired with European institutions like the Zurich University of Applied Sciences. Their coupling strength arises from joint interests in irrigation efficiency, ecosystem service valuation, and water-energy-food nexus governance, with citations linking studies on agricultural water productivity and transboundary resource management.

The organizational co-authorship network (Figure 6) includes 89 core institutions grouped into 5 modules (modularity Q=0.41), revealing a hierarchical structure. The CAS network, largest and most connected, anchors collaboration around the Chinese Academy of Sciences, its Xinjiang Institute of Ecology and Geography, and the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia. Interdisciplinary work defines this cluster. A second cluster, led by the National University of Uzbekistan and Tashkent State University of Economics, focuses on agricultural water use efficiency and local adaptation—exemplified by co-authored research on climate impacts to cotton irrigation. The University of Regina heads a third cluster with North American partners, specializing in drought risk quantification and climate modeling, driven by expertise in statistical methods and GCM downscaling. With an average collaboration degree of 4.7, cross-institutional interaction is frequent. Smaller regional clusters (Central Asian agricultural universities, European environmental centers) contribute local insights, while global hubs lead methodological innovation.

Both networks position CAS as a global hub, bridging Central Asian institutions and Western bodies. Why does CAS serve as this linchpin? Importantly, co-authorship ties are resource-driven, focused on data sharing and joint funding, while bibliographic coupling signals intellectual alignment. This distinction underscores the field’s reliance on dual collaboration modes: practical partnerships to address transboundary data scarcity, and intellectual cohesion to refine methods. Regional institutions contribute on-the-ground knowledge, while global players drive tool innovation, creating a synergistic system that advances climate change-Aral Sea research.

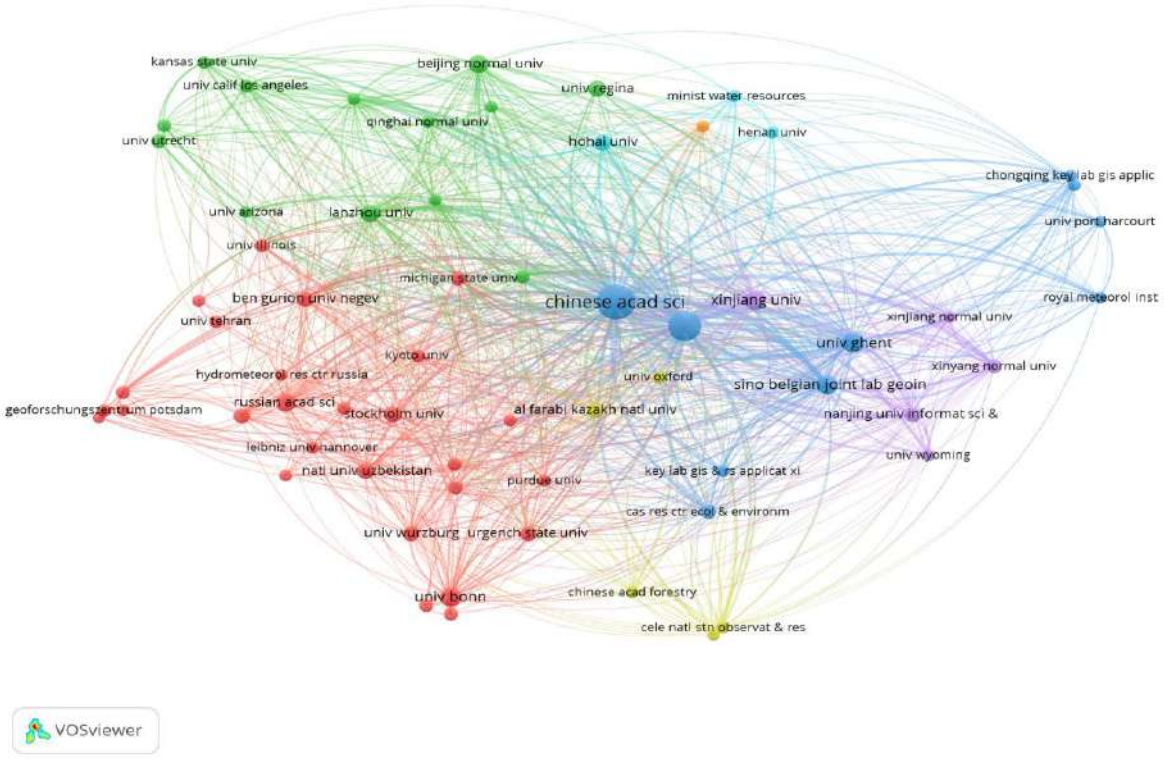


Figure 5. Bibliographic Coupling Network of Organizations

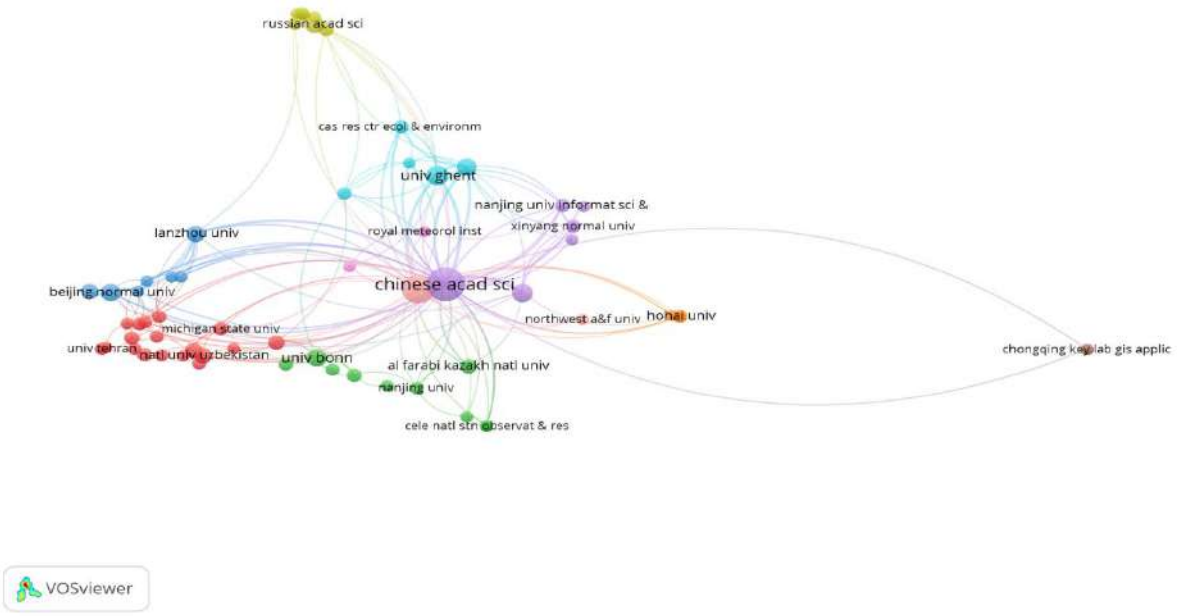


Figure 6. Co-authorship Network of Organizations

3.3 CiteSpace Visualization Results

3.3.1 Keyword Clusters

I applied CiteSpace-based keyword clustering to 335 retrieved articles. The network (Figure 7) includes 10 distinct thematic clusters(Q = 0.54), S = 0.73) . Cluster sizes range from 11 to 24 keywords, and core terms (eigenvector centrality > 0.15) act as the field’s knowledge backbone, linking disparate research strands.

Cluster #0, anchored by climate change, Aral Sea Basin, and water resources, serves as the central thematic hub, linking 8 of the 10 clusters and integrating climate-driven hydrological processes (e.g., runoff variation, groundwater depletion) across the basin. Cluster #1 hones in on desiccation, surface water and lake level, aligning with long-term efforts to document the Aral Sea’s physical shrinkage. Early work here, like Micklin (2007), relied on satellite altimetry and multi-source remote sensing to quantify historical declines in lake area and water level; recent studies, however, have shifted to technologically enhanced monitoring. Huang et al. (2023), for instance, used the Google Earth Engine platform to refine mapping precision, marking a move from descriptive analysis to data-intensive assessment that strengthens ties to remote sensing innovations elsewhere in the field.

Clusters #3 and #5 drive methodological advancement: Cluster #3 centers on drought risk, Bayesian model, and multi-GCMs, representing the shift toward probabilistic climate risk assessment; Cluster #5 highlights remote sensing, MODIS, and Google Earth Engine, underscoring remote sensing’s foundational role in large-scale monitoring. Yue et al. (2024)’s work here is illustrative: they created a four-band water index (ILSW) to extract liquid and solid water, using MODIS and Landsat data to fix misclassification issues in older indices. These advances don’t exist in isolation—they support thematic research across clusters, from desiccation mapping to drought modeling.

Notably, Cluster #7 exhibits low cosine similarity (<0.15) with technical clusters, revealing a disconnect between governance research and hydrological-ecological technical analysis. Temporally, pre-2010 clusters emphasize anthropogenic drivers, while post-2016 clusters align with technological innovation and global climate governance, reflecting the field’s evolution from crisis documentation to predictive adaptation.

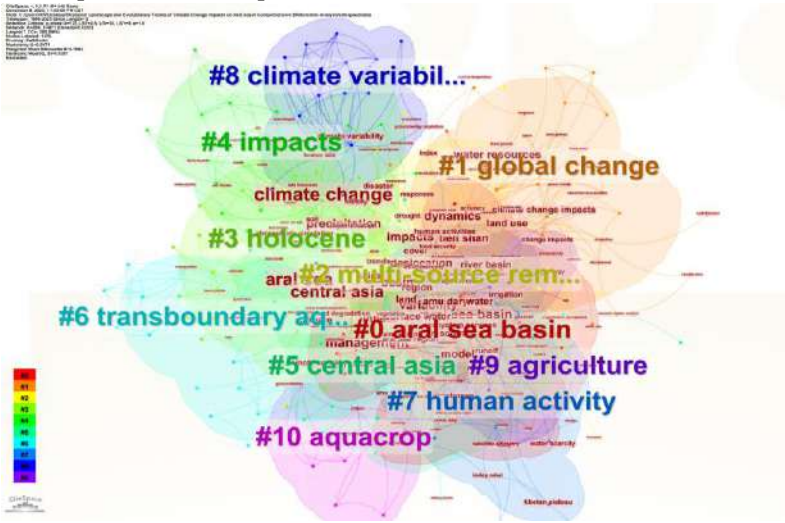


Figure 7. Distribution of Keyword Clusters

3.3.2 Temporal Evolution of Research Themes: Insights from Timeline View

The CiteSpace timeline view of keyword clusters (Figure 8) traces the sequential emergence and evolution of research themes across 32 years (1994–2025), with 1-year time slices and optimized pruning to preserve meaningful thematic links (Chen, 2006). This visualization does more than map the temporal spread of core keywords—it uncovers the forces shaping thematic shifts: technological advances, global climate governance priorities, and regional ecological crises—revealing a clear evolutionary trajectory for climate change-Aral Sea research.

The field’s development falls into three distinct phases, each marked by sharp transition nodes. The first (1994–2005) emerges as a foundational exploration stage, with sparse keyword clusters and low-frequency core terms. Research here focused on descriptive accounts of the Aral Sea’s ecological decline, with little integration of climate change factors. Spoor (1998), for example, highlighted how large-scale cotton irrigation in the Amu Darya and Syr Darya basins depleted river runoff, while Smith (1994) analyzed delta ecosystem collapse but only briefly noted climate variability. Climate-related terms were scarce, reflecting early gaps in global climate consensus and limited access to cross-border climate datasets in Central Asia.

The second phase (2006–2015) brings two key shifts: the integration of climate factors and technological iteration. Two developments fueled this shift: globally, the IPCC Fourth Assessment Report (2007) raised academic focus on regional climate-ecosystem links; regionally, the International Fund for Saving the Aral Sea (IFAS) boosted data sharing among Central Asian nations. Micklin (2007) exemplified this phase, linking the Aral Sea’s long-term desiccation to both climate warming and human activity, while Sirjacobs et al. (2004) used hydrological models to assess climate variability’s impact on basin water resources. These works bridged descriptive research and quantitative analysis.

The third phase (2016–2025) marks an era of interdisciplinary deepening, seen in high-frequency innovative keywords and dense inter-cluster connections. This phase delivered three key breakthroughs: Methodologically, probabilistic models enabled quantitative future drought risk assessments under climate change. Technically, cloud platforms such as Google Earth Engine

supported large-scale, long-term surface water monitoring. Thematic expansion also included socioeconomic dimensions. After 2020, desert expansion became a new focus, driven by urgent ecological crises, reflecting the field’s responsiveness to real-world challenges.

Two critical transition nodes stand out on the timeline: Around 2010, remote sensing frequency doubled, signaling the shift from traditional hydrological monitoring to technology-driven analysis. Around 2018, Bayesian model and water-energy-food nexus emerged together, marking the fusion of methodological innovation and interdisciplinary thinking.

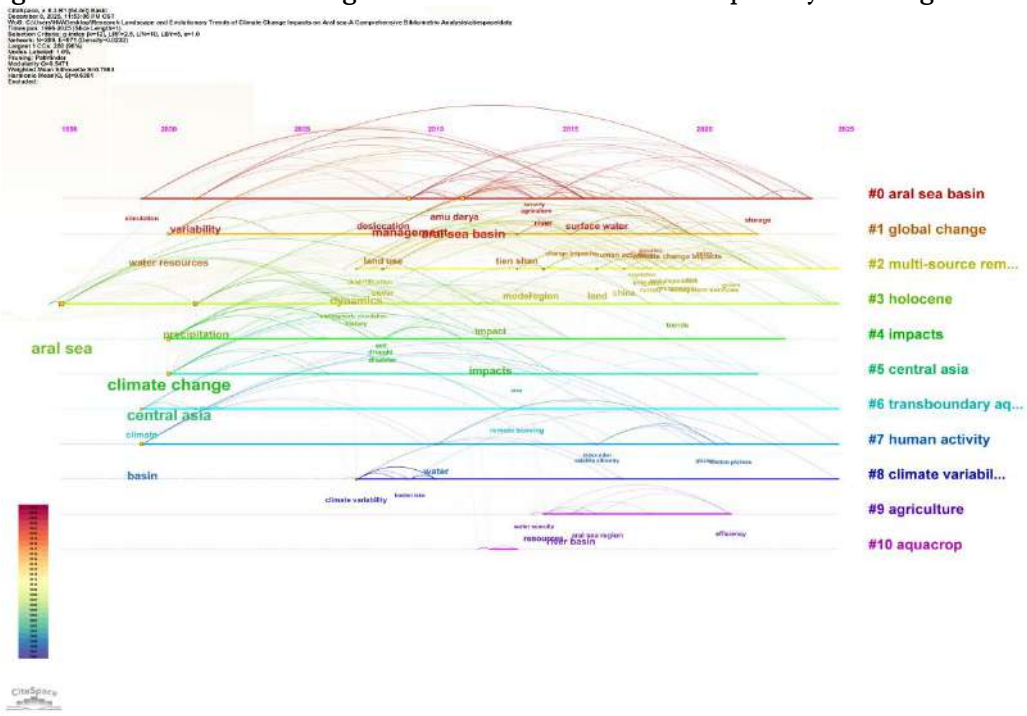


Figure 8. Timeline View of Keyword Clusters

3.3.3 Detection of Research Frontiers Based on Citation Burst Keywords

Citation burst analysis identifies keywords with a sudden surge in citation frequency over specific time windows, serving as a core indicator to track emerging research frontiers and academic attention shifts (Chen, 2006). Figure 9 presents the top 13 keywords with the strongest citation bursts in climate change-Aral Sea research, with burst strengths ranging from 2.43 to 3.98 and burst periods distributed across the three evolutionary phases of the field. The analysis of these burst keywords reveals the dynamic trajectory of research frontiers, which is consistent with the method-technique-application cascade evolution logic.

The earliest citation burst emerged with climate (burst year: 1999; strength: 3.36; period: 1999–2016), spanning the foundational exploration and steady growth phases. As the first climate-related keyword to exhibit sustained citation activity, its 17-year burst duration indicates that climate factors gradually became the core focus of Aral Sea research, marking a paradigm shift from early descriptive documentation of ecological degradation to the recognition of climate as a key driver. This aligns with the foundational phase’s transition from single-factor anthropogenic analysis to the integration of climate variables, laying the groundwork for subsequent research on climate-ecosystem interactions.

The steady growth phase (2006–2015) witnessed the emergence of three pivotal burst keywords, reflecting the field’s integration of climate factors and international cooperation-driven expansion. Climate variability (2007; 3.63; 2007–2011) burst shortly after the release of the IPCC Fourth Assessment Report, highlighting academic attention to the impacts of climate fluctuation

on the Aral Sea Basin’s water balance, which directly promoted the application of remote sensing technologies in climate factor quantification, as reflected in VOSviewer’s Cluster 5. Disaster (2008; 3.54; 2008–2015) and security (2014; 2.47; 2014–2015) followed, with their burst periods coinciding with the intensification of salt dust storms and biodiversity loss in the basin. These keywords signaled a shift from ecological degradation documentation to crisis response and transboundary security concerns, bridging VOSviewer’s Cluster 7 and Cluster 4 , and echoing the rise of international cooperation initiatives such as IFAS.

The rapid expansion phase (2016–2025) saw the most intensive citation bursts, with 9 keywords accounting for 69.2% of the top 13, reflecting the field’s interdisciplinary deepening and technological innovation-driven frontier expansion. Variability (2016; 3.37; 2016–2017) and land (2016; 2.7; 2016–2017) kicked off this phase, indicating research’s refinement from broad climate variability to land system responses under climate change, linking CiteSpace’s Cluster #0 and Cluster #1. Human activities (2017; 2.63; 2017–2021) emerged as a core burst keyword, underscoring the field’s focus on climate-human coupling mechanisms and aligning with VOSviewer’s Cluster 2 and Cluster 4 . Besides, tien shan (2013; 2.43; 2017–2020) became the only geographically specific burst keyword, reflecting research expansion from the Aral Sea itself to its upstream water tower (Tianshan Mountains), highlighting the basin-scale integrated research trend and linking the "Central Asia-Global North" collaborative network’s focus on hydrological connectivity.

From 2019 onward, the frontiers further concentrated on impact assessment and ecological response refinement: land degradation (2019; 2.68; 2019–2020) and desertification (2008; 2.52; 2019–2020) exhibited delayed citation bursts, indicating renewed attention to secondary ecological crises driven by climate intensification, while climate change impacts (2019; 2.66; 2019–2022) directly framed impact quantification as a core frontier, supporting CiteSpace’s Cluster #3 and Cluster #5. The two most recent and high-intensity bursts were impacts (2012; 3.98; 2021–2025) and storage (2022; 3.1; 2022–2025). With the highest burst strength (3.98), impacts confirms that multi-dimensional impact assessment has become the current core focus, while storage reflects technological advances enabling precise quantification of water resource dynamics, closing the loop of the method-technique-application cascade by linking Bayesian models and satellite remote sensing to practical water resource management.

In summary, the citation burst keywords trace a clear frontier evolution path: from climate driver identification (1999–2015) to climate-human interaction analysis (2016–2020), and finally to multi-scale impact quantification and precise management (2021–2025). This trajectory not only mirrors the field’s three evolutionary phases but also validates the central role of technological innovation (e.g., remote sensing, cloud computing) and global climate governance in shaping research frontiers, providing a data-driven basis for identifying future interdisciplinary directions.

3.4 Result Cross-validation

Robustness of the bibliometric analysis was confirmed through cross-validation between VOSviewer and CiteSpace results, focusing on four dimensions: thematic structure, temporal evolution, technical-methodological orientation, and collaborative networks. Consistency across both tools confirms core findings—research themes, evolutionary phases, and frontier directions—reflect the field’s inherent knowledge structure rather than bias from a single analytical framework.

VOSviewer’s 7 keyword co-occurrence clusters and CiteSpace’s 10 thematic clusters converge on five foundational dimensions, with clear overlap in core focus areas. These include climate change drivers, hydrological-ecological responses, remote sensing and modeling technologies, anthropogenic activities and agricultural adaptation, and transboundary governance. Quantitatively, both meet reliability criteria for clustering: VOSviewer yields modularity Q=0.42

and average silhouette S=0.67, while CiteSpace reports Q=0.54 and S=0.73—all above thresholds of Q>0.3 (structural separation) and S>0.5 (internal homogeneity).



Figure 9.Top 13 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Phased divisions of research development align across tools. VOSviewer’s temporal distribution: 1994-2005 (foundational exploration), 2006-2015 (steady growth), 2016-2025 (rapid expansion), matches CiteSpace’s timeline view, which frames the field as progressing from descriptive recording to climate integration and interdisciplinary deepening.

Both tools identify identical core nodes and spatial patterns in collaborative networks. VOSviewer’s national co-authorship and bibliographic coupling networks highlight China, Kazakhstan, the USA, and the Chinese Academy of Sciences (CAS) as pivotal hubs. CAS and its affiliates lead clusters on remote sensing monitoring and hydrological modeling. A Central Asia-Global North collaborative dynamic emerges consistently: Central Asian institutions provide local contextual data, while Western and Chinese bodies drive methodological innovations (Sultonov & Pant, 2023). This structure reflects geographic proximity, resource complementarity, and international initiatives, not tool-specific bias.

Besides, high-impact research frontiers overlap across tools. CiteSpace’s top citation burst keywords are among VOSviewer’s high-frequency, high-centrality terms.

DISCUSSION

4.1 Interpretation of Core Research Findings

A comprehensive bibliometric analysis of 335 articles unpacks the knowledge structure, evolutionary trajectory, and frontier directions of climate change-Aral Sea research—findings that carry meaningful theoretical and academic weight. First among these is the field’s three-stage evolutionary trajectory (1994–2005, 2006–2015, 2016–2025), which mirrors how global climate governance, regional ecological crises, and technological progress interact dynamically. Sparse publication output during the foundational phase highlights early limits to interdisciplinary integration and data access; in contrast, the post-2016 surge aligns with two trends: intensifying climate-driven disasters and widespread adoption of cloud computing and satellite remote sensing. This shift reveals a broader evolution: from descriptive documentation of ecological degradation to quantitative analysis of climate-human interactions, and finally to interdisciplinary, governance-focused research, echoing how global environmental science has moved from single-factor studies to systems thinking.

A second key insight emerges from thematic clustering: a multi-dimensional knowledge framework centered on climate change-Aral Sea interactions, spanning climate drivers, ecological-

hydrological responses, technical methods, human activities, and transboundary governance. The high eigenvector centrality of climate change and water resources confirms their role as core thematic hubs. Yet weak connectivity between transboundary governance and technical clusters exposes a critical gap: while the field has advanced in quantifying climate impacts, it has not fully embedded governance mechanisms into technical assessment frameworks. Without integrating policy considerations into tools like drought models, research findings struggle to translate into actionable policy.

Collaborative network analysis further identifies a Central Asia-Global North dual-core structure, with China, the USA, and Central Asian nations as pivotal nodes, and the Chinese Academy of Sciences (CAS) as a global research hub. This structure reflects resource complementarity: Central Asian institutions contribute local contextual data, while Western and Chinese bodies lead methodological innovation (Chen et al., 2023; Yang et al., 2022). Moderate collaboration density (average degree = 3.2 in national networks) also signals untapped potential, particularly between downstream agricultural nations (e.g., Uzbekistan) and upstream hydropower-dependent countries (e.g., Kyrgyzstan), where deeper cooperation could address conflicting resource priorities.

Finally, the method-technique-application cascade of research frontiers, from Bayesian copula models to Google Earth Engine, and onward to water-energy-food (WEF) nexus studies, reveals the field’s iterative advancement logic. Methodological innovations provide tools to tackle uncertainty; technical breakthroughs enable large-scale data processing; applied frontiers respond to real-world crises. This cascade ensures both rigor and relevance. The emergence of nascent frontiers like digital twin further hints at future potential: integrating digital simulation with coupled human-water systems research could refine prediction and adaptation strategies.

4.2 Comparison with Existing Research

This study addresses a critical gap by delivering the first comprehensive bibliometric analysis of climate change-Aral Sea research, one that integrates disciplinary silos often seen in prior work. Most existing studies adopt single-discipline lenses: hydrological research focuses on runoff and groundwater dynamics (Hu et al., 2022; Rodell et al., 2009); ecological studies emphasize biodiversity loss and desertification (Lioubimtseva, 2015); policy work analyzes transboundary conflicts (Hummel, 2017; Prniyazova et al., 2025). By contrast, this study uses bibliometric techniques to weave these threads together, uncovering holistic knowledge structures and inter-thematic linkages that single-discipline research cannot capture.

This work also advances beyond limited bibliometric analyses in related fields. For example, Lee & Jung (2018) focused narrowly on water use efficiency in the Aral Sea Basin but ignored evolutionary context and collaborative networks. In contrast, this study covers 32 years, integrates VOSviewer and CiteSpace, and validates results across tools—addressing methodological limitations of fragmented analyses. For instance, while Lee & Jung (2018) identified agricultural water use as a key theme, this study links it to climate variability and transboundary governance, showing how it fits within the broader knowledge system.

Besides, existing research rarely examines the spatial and institutional dimensions of collaboration in the basin. This study’s identification of the Central Asia-Global North structure and CAS’s hub role complements Micklin (2007)’s analysis of crisis drivers by highlighting how research networks shape knowledge production.

4.3 Research Gaps and Future Directions

Despite its scope, this analysis reveals key gaps that future work must address. One notable gap is the weak integration of transboundary governance and technical research. Future research should adopt interdisciplinary approaches, for example, how data sharing policies improve model accuracy. A second underdeveloped area is socioeconomic dimensions. While the WEF nexus has

emerged as a frontier, most studies focus on resource trade-offs rather than impacts on vulnerable communities. Future work should integrate socioeconomic data with ecological-hydrological models to assess equity in climate adaptation.

Third, comparative research across sub-basins and countries is lacking. The Aral Sea Basin spans six nations with distinct ecological and socioeconomic contexts, yet most studies treat it as a single unit. Country-specific analyses are needed: upstream nations (Kyrgyzstan, Tajikistan) would benefit from research on hydropower-climate adaptation, while downstream countries (Uzbekistan, Turkmenistan) require focus on agricultural water efficiency and desertification control. Finally, emerging technologies like digital twin and AI-driven modeling remain in their infancy. Future research should explore their applications in simulating coupled human-water systems, predicting extreme events, and optimizing transboundary resource allocation.

4.4 Practical Implications

The findings offer actionable insights for policymakers, regional organizations, researchers, and local communities. For transboundary governance bodies, collaborative network analysis highlights the need to strengthen data sharing and joint research. A critical step would be establishing a basin-wide data platform integrating climate, hydrological, and socioeconomic datasets—addressing fragmentation that undermines climate risk assessment reliability (Pérez et al., 2025). Additionally, the WEF nexus's status as a frontier underscores the importance of cross-sectoral planning: policies balancing hydropower development, agricultural production, and ecological protection would reduce conflict and build resilience.

For researchers, frontier analysis identifies clear priorities: advancing probabilistic climate risk models, refining large-scale monitoring, and exploring digital twin applications. Gaps also signal interdisciplinary opportunities—partnering with social scientists to embed livelihood adaptation into ecological research, for example, would enrich both fields. For local communities and practitioners, the findings emphasize technology transfer and capacity building. Promoting Google Earth Engine-based monitoring tools among local institutions would enhance their ability to track surface water changes and desertification; training on water-saving irrigation techniques would boost agricultural resilience to drought. These steps empower local actors to contribute to adaptation efforts. Finally, the field's phased trajectory provides a roadmap for investment. In the short term, resources should target urgent crises; in the long term, investing in emerging frontiers will build the basin's adaptive capacity for future climate change.

REFERENCES

Beek, T. A. D., Voss, F., & Flörke, M. (2011). Modelling the impact of Global Change on the hydrological system of the Aral Sea basin. Physics and Chemistry of the Earth, 36(13), 684–695. https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.03.004

Chen, C. M. (2006). CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 57(3), 359–377. https://doi.org/10.1002/asi.20317

Chen, C. L., Chen, X., Qian, J., Hu, Z. Y., Liu, J., Xing, X. W., Yimamaidi, D., Zhakan, Z., Sun, J. Y., & Wei, S. J. (2021). Spatiotemporal changes, trade-offs, and synergistic relationships in ecosystem services provided by the Aral Sea Basin. PeerJ, 9, e12623. https://doi.org/10.7717/peerj.12623

Hu, Z. Y., Chen, X., Zhou, Q. M., Yin, G., & Liu, J. (2022). Dynamical variations of the terrestrial water cycle components and the influences of the climate factors over the Aral Sea Basin through multiple datasets. Journal of Hydrology, 604, 127270. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127270

Huang, S. Y., Chen, X., Ma, X. T., Fang, H., Liu, T., Kurban, A., Guo, J. A., De Maeyer, P., & van de Voorde, T. (2023). Monitoring Surface Water Area Changes in the Aral Sea Basin Using the Google Earth Engine Cloud Platform. Water, 15(9), 1729. https://doi.org/10.3390/w15091729

Hummel, S. (2017). Relative Water Scarcity and Country Relations along Cross-Boundary Rivers: Evidence from the Aral Sea Basin. International Studies Quarterly, 61(4), 795–808. https://doi.org/10.1093/isq/sqx043

Lee, S. O., & Jung, Y. (2018). Efficiency of water use and its implications for a water-food nexus in the Aral Sea Basin. Agricultural Water Management, 207, 80–90. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.014

Lioubimtseva, E. (2015). A multi-scale assessment of human vulnerability to climate change in the Aral Sea basin. Environmental Earth Sciences, 73(2), 719–729. https://doi.org/10.1007/s12665-014-3104-1

Micklin, P. (2007). The Aral Sea disaster. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 35, 47–72. https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120

Sirjacobs, D., Grégoire, M., Delhez, E., & Nihoul, J. C. J. (2004). Influence of the Aral Sea negative water balance on its seasonal circulation patterns: Use of a 3D hydrodynamic model. Journal of Marine Systems, 47(1-4), 51-66. doi:10.1016/j.jmarsys.2003.12.008

Pérez, S. P., Ramos-Diez, I., & Fernández, R. L. (2025). Transboundary Water-Energy-Food Nexus Management in Major Rivers of the Aral Sea Basin Through System Dynamics Modelling. Water, 17(15), 2270. https://doi.org/10.3390/w17152270

Prniyazova, A., Turaeva, S., Turgunov, D., & Jarihani, B. (2025). Sustainable Transboundary Water Governance in Central Asia: Challenges, Conflicts, and Regional Cooperation. Sustainability, 17(11), 4968. https://doi.org/10.3390/su17114968

Rodell, M., Velicogna, I., & Famiglietti, J. S. (2009). Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. Nature, 460(7258), 999–U80. https://doi.org/10.1038/nature08238

Saidmamatov, O., Saidmamatov, O., Sobirov, Y., Marty, P., Ruzmetov, D., Berdiyorov, T., Karimov, J., Ibadullaev, E., Matyakubov, U., & Day, J. (2024). Nexus between Life Expectancy, CO2 Emissions, Economic Development, Water, and Agriculture in Aral Sea Basin: Empirical Assessment. Sustainability, 16(7), 2647. https://doi.org/10.3390/su16072647

Smith, D. R. (1994). Change and variability in climate and ecosystem decline in Aral Sea basin deltas. Post-Soviet Geography, 35(3), 142–165. https://doi.org/10.1080/10605851.1994.10640956

Sultonov, Z., & Pant, H. K. (2023). Potential Impacts of Climate Change on Water Management in the Aral Sea Basin. Water Resources Management, 37(14), 5743–5757. https://doi.org/10.1007/s11269-023-03627-5

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, 84(2), 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Yang, X., Li, Y. P., Huang, G. H., Li, Y. F., Liu, Y. R., & Zhou, X. (2022). Development of a multi-GCMs Bayesian copula method for assessing multivariate drought risk under climate change: A case study of the Aral Sea basin. Catena, 212, 106048. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106048

Yue, B., Chen, X., Li, S. B., Du, Z. P., Wilson, J., Yang, J. H., Jiao, Y. M., Huang, S. Y., & Zhou, C. H. (2024). A four-band index for both liquid and solid water and its applications in the Aral Sea Basin. Science China-Earth Sciences, 67(3), 769–788. https://doi.org/10.1007/s11430-023-1252-9

WATER RESOURCES MANAGEMENT FOR CLIMATE-RESILIENT URBAN DEVELOPMENT IN THE SOUTH OF EUROPEAN RUSSIA

Kurbatova Anna Igorevna
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia
Knyazeva Ekaterina Anatolyevna
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia

Abstract. This article examines the specific challenges of urban water resources management in arid regions of the southern European part of Russia under intensifying climate change. The study analyses key water-environmental risks associated with declining surface runoff, instability of water supply systems, increasing anthropogenic pressure, and the growing frequency of extreme hydrometeorological events. Contemporary approaches to urban water security are summarized, including the development of advanced monitoring tools, optimization of water consumption, protection of groundwater reserves, and the implementation of nature-based solutions. The paper proposes recommendations for building an integrated water management framework aimed at enhancing the climate resilience of urban environments and strengthening the sustainability of regional water systems.

Keywords: water resources management, climate resilience, the South of European Russia, cities, green infrastructure, water availability.

Аннотация. В статье анализируются особенности управления водными ресурсами в городах аридных регионов юга европейской части России в условиях усиливающихся климатических изменений. Рассматриваются ключевые водно-экологические риски, связанные с сокращением поверхностного стока, нестабильностью водоснабжения, повышением техногенной нагрузки и ростом экстремальных гидрометеорологических явлений. Обобщены современные подходы к обеспечению водной безопасности городов, включая развитие инструментов мониторинга, рационализацию водопотребления, защиту подземных вод и внедрение природоориентированных решений. Предложены рекомендации по формированию интегрированной системы управления водными ресурсами, направленной на повышение климатоустойчивости городской среды и устойчивости водохозяйственного комплекса региона.

Ключевые слова: управление водными ресурсами, климатоустойчивость, юг европейской части России, города, зелёная инфраструктура, водообеспеченность.

Annotatsiya. Maqolada Rossiyaning Yevropa qismining janubidagi arid hududlar shaharlarida suv resurslarini boshqarishning o‘ziga xos jihatlari, ayniqsa kuchayib borayotgan iqlim o‘zgarishi sharoitida yuzaga kelayotgan muammolar tahlil qilinadi. Tadqiqotda yuzaki oqimning kamayishi, ichimlik suvi ta’minotining beqarorligi, antropogen bosimning ortishi va ekstremal gidrometeorologik hodisalar sonining ko‘payishi bilan bog‘liq asosiy suv-ekologik xatarlar yoritilgan. Shaharlarning suv xavfsizligini ta’minlashga doir zamonaviy yondashuvlar, jumladan monitoring tizimlarini takomillashtirish, suv iste’molini optimallashtirish, yer osti suvlarini muhofaza qilish va tabiatga asoslangan yechimlarni joriy etish bo‘yicha ilg‘or tajribalar umumlashtirilgan. Maqolada urban muhitning iqlimga moslashuvchanligini oshirish va mintaqaviy suv xo‘jaligi tizimlarining barqarorligini kuchaytirishga qaratilgan integratsiyalashgan suv boshqaruvi tizimini shakllantirish bo‘yicha tavsiyalar ilgari suriladi.

Kalit so’zlar: suv resurslarini boshqarish, iqlimga chidamlilik, Rossiyaning Evropa qismining janubi, shaharlar, yashil infratuzilma, suv ta'minoti.

INTRODUCTION

The southern part of European Russia (Astrakhan Region, Republic of Kalmykia, Volgograd Region, Rostov Region, Krasnodar Region, Stavropol Region, North Caucasus, Crimea and adjacent territories) is characterized by high pressure on water resources: intensive agriculture (irrigation), urbanization and seasonal fluctuations in water flow. At the same time, there are trends towards aridization and changes in precipitation patterns in the region, expressed in warmer winters, an increase in the frequency of summer droughts and extreme precipitation, a decrease in the replenishment of reservoirs and groundwater, changes in the average annual runoff, and drying up of small watercourses in summer. These changes threaten the sustainable water supply of cities and require systematic resource management and adaptation measures. [1]

An assessment of the vulnerability of water supply under various scenarios of global warming shows that climate change significantly increases the likelihood of freshwater scarcity and increases the risks for cities in arid and semi-arid regions, in particular, in the south of the European part of Russia. [2] Analytical reviews and regional studies of the hydrological situation in southern Russia and changes in reservoir water supply have been published in Russian scientific and industry literature. [3] In particular, research shows a trend towards a decrease in the level of filling of the Tsimlyansk and Krasnodar reservoirs due to the unfavorable hydrological situation and a decrease in the water content of the Don and Kuban rivers. [4] At the same time, research on urban landscaping and green infrastructure in Krasnodar Region demonstrates the potential of nature-based solutions to mitigate local thermal effects, improve infiltration, and increase the sustainability of the urban environment in water scarcity. [5]

The purpose of this article is to summarize the principles of water resources management as a key element of climate-resilient urban development in the southern European part of Russia. To achieve this goal, the following tasks have been set: 1) To analyze the key climate risks and water resource potential of the region; 2) To identify the main problems and barriers in the urban water management system; 3) To propose recommendations on water resources management in cities in the arid zone.

METHODS

The paper summarizes the results of regional empirical studies, vulnerability assessments of water systems, as well as urban planning practices and the creation of green infrastructure. Based on a comparison of data, practical recommendations are formulated to improve the climate resilience of urban water supply systems in the south of the European part of Russia.

RESULTS AND DISCUSSION.

Features of the hydrological regime of the region

The water resource potential of the south of the European part of Russia, based on such large waterways as the Don, Kuban, Volga and Terek rivers, has historically been the basis of life support, agriculture and energy in the region. However, this potential seems to be extremely vulnerable today. [7] The hydrological regime of key rivers is becoming less predictable under the influence of climatic transformations. Scientific models indicate an increase in aridization processes, especially in the eastern regions (the Caspian Lowland), and an increase in the inequality of precipitation in the western part of the region. Increased aridity against the background of increased extreme rainfall in some areas threatens the effectiveness of traditional water use systems and requires fundamentally new approaches to water resources management.

The problem of water security in the territories of southern Russia is closely related to the sustainability of cities, since the population, industry, social facilities, as well as water supply and sanitation infrastructure are concentrated there. Global climate change poses challenges to the sustainable development of urbanized areas. For the south of the European part of Russia, these challenges are specifically expressed. The region is characterized by a combination of favorable

conditions for economic activity and high vulnerability to climatic anomalies. It is the southern regions of the European part of the country that are most at risk of heat waves and droughts, which is directly related to the problem of water stress. (Table 1)

Table 1. **Key climate risks and their consequences for the water resources of cities in the southern European part of Russia**

Climate risk	Appearance	Impact on urban water systems
Heat waves and droughts	Temperature rise, long periods without precipitation	Depletion of water sources, falling groundwater levels, increase in peak consumption, restriction of irrigation of green spaces
Extreme precipitation	Short but intense rainfall, overflow of river channels	Overloading of storm sewers, water intake facilities, treatment plants and pumping stations; contamination of water sources with suspended solids and pollutants from flooded areas; disruption of water supply
Reduced and unstable snow cover	Decrease in snow accumulation in catchment areas, earlier and faster snowmelt	Disruption of the seasonal regime of river flow that feeding cities; reduction of water reserves in the spring-summer period, which are critical for water supply; increase in water turbidity during melting

Source: compiled by the authors.

Research shows that long-term trends in runoff and sediment volumes in the basins of the North Caucasus and Ciscaucasia change under the influence of both climatic and anthropogenic factors, which poses risks to urban water supply systems and irrigation needs. [1] At the same time, a change in the precipitation regime and an increase in the frequency of extreme events (droughts and intense rainfall) increase uncertainty in the planning and management of water reserves. [2] Increased water consumption in the agricultural sector, surface water utilization, and reduced regulation of wastewater collection, in turn, create institutional and technical risks. [7]

Areas zonation of insufficient moisture shows a significant difference between the regions of the southern European part of Russia in terms of the availability of water resources and the level of anthropogenic load. Especially high loads are recorded where water supply is extremely limited with high demand for irrigation. The data in Table 2 make it possible to quantify the vulnerability of territories.

Table 2. **Water resources and anthropogenic impact on water bodies in the regions of the Southern European part of Russia**

Region	Surface water resources, km^3/year	Groundwater resources, km^3/year	Surface water drainage, km^3/year	Groundwater drainage, km^3/year	Load on water bodies, %
Volgograd Region	258.6	0.36	0.86	0.04	0.27
Republic of Kalmykia	0.4	0.02	0.32	0.01	78.57
Rostov Region	26.9	0.56	2.82	0.09	10.6
Stavropol Region	6.0	0.32	3.37	0.07	54.43

Source: Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov.

Based on the analysis of the presented data, it can be concluded that the Republic of Kalmykia and the Stavropol Region are characterized by extremely low availability of surface waters (0.4 and 6.0 km^3/year, respectively) with a high level of drainage. This leads to the exploitation of

groundwater beyond its natural replenishment, which increases the risks of degradation of water horizons, salinization and desertification.

The Rostov Region and the Volgograd Region, having sufficiently voluminous water resources, are experiencing intensive water extraction, including for urban needs. In the Rostov Region, the volume of surface water abstraction (2.82 km^3/year) is more than 10% of the available surface resources, which creates vulnerability in dry years and makes cities dependent on unstable resources. It should also be noted that water-deficient regions with intensive irrigation (Kalmykia, Stavropol Region, the south of Volgograd and Rostov Regions) create competition between urban and agricultural water use, which is especially critical in the context of climate change.

Water resources management as a tool for climate-resilient urban development

A key element of climate-resilient water management is the transition to integrated water resources management, which involves coordinating the interests of different water users, combining surface and groundwater monitoring data, and forming a unified decision-making system. An important aspect is the comprehensive modernization of hydro-reclamation systems, including the introduction of automated water flow management systems (telemetry on pipelines and channels). [7] A promising direction is also the development of alternative sources of water supply, including wastewater regeneration for technical needs (flushing, purification), the use of rainwater in urban infrastructure (reuse systems). [6] Urban sustainability is ensured not only by technical measures to modernize networks, but also by transforming the structure of water use in agriculture. Measures such as the introduction of drip irrigation, regulation of groundwater levels, modernization of hydro-reclamation systems, development of phytomelioration and creation of a water resources monitoring service can help overcome the water crisis in a changing climate.

At the same time, it is necessary to improve the monitoring system, which involves expanding the network of measuring stations, remote monitoring of reservoirs and rivers, inventory of groundwater reserves, regulation of sampling and protection of replenishment sites (infiltration zones), creation of a single digital platform for monitoring the condition of water bodies, integration of data from hydrological, meteorological and soil reclamation observations will improve the quality of decision-making and the adaptation of urban water supply systems to climate change. [1] It is important to integrate these areas into urban adaptation programs, since modern cities require high accuracy of forecasts of the state of water systems resistant to climatic uncertainty.

Nature-based solutions also play an important role. Green corridors, parks, and urban reservoirs reduce the thermal effect, improve infiltration, and serve as a buffer for storm runoff. A study conducted in the Krasnodar Region demonstrates a practical contribution to the sustainability of the region's cities, where green spaces reduce heat stress, improve infiltration, and reduce peak storm runoff. [5] These measures are becoming part of a broader approach, including the restoration of coastal zones, the use of permeable coatings, the creation of rain gardens and local precipitation accumulation systems.

Cities in arid regions are highly vulnerable to water stress, as the combination of limited availability of water resources, high evaporation and increasing climatic anomalies creates a steady shortage of water. In the context of population growth, urbanization and increasing load on public utilities, there is an increasing need to switch to an integrated water resources management system. Such a system should include both engineering and ecosystem solutions to reduce water consumption, diversify water sources, improve infrastructure efficiency, and adapt cities to extreme climatic conditions. Recommendations on water resources management in cities in the arid zone are presented below. (Table 3)

Table 3.

Recommendations on water resources management in cities in the arid zone

Source: compiled by the authors.

Aspect	Recommendations
Water balance monitoring and management	• Development of a network of automated monitoring stations for water runoff, groundwater level and water quality; • Using satellite data and GIS platforms to monitor the dynamics of water bodies; • Introduction of a unified urban digital platform for assessing water consumption and losses; • Management of watershed boundaries and coordination of efforts between administrative units; • Development of urban water sustainability strategies.
Optimization of water consumption	• Implementation of smart technologies for leak monitoring and pressure management in water supply networks; • Implementation of water-saving technologies and devices; • Tariff regulation to promote rational water use.
Alternative water sources	• Reuse of treated wastewater for technical needs and irrigation of urban green spaces; • Use of rainwater in public utilities; • Creation of local accumulation and seasonal water storage systems.
Protection and restoration of groundwater	• Allocation of groundwater protection zones and restriction of sampling in vulnerable areas; • Artificial replenishment programs due to infiltration of surface waters; • Monitoring the condition of water intake wells.
Nature-based solutions and green infrastructure	• Creation of rain gardens, biodrenage systems, permeable coatings for the retention and infiltration of storm drains; • Greening roofs and facades, creating urban ponds and restoring small rivers for natural cooling and reducing the need for irrigation; • Creation of artificial wetlands for wastewater treatment.
Water use in agriculture (urban farms)	• Implementation of drip irrigation systems; • Modernization of hydro-reclamation systems; • Regulation of groundwater levels; • The development of phytomelioration.

CONCLUSIONS

Water resources management becomes the foundation of climate-resilient urban development in the southern European part of Russia. In the context of a changing climate, a transition to integrated, adaptive and nature-saving approaches is required, combining both technical innovations (monitoring, water reuse) and nature-based solutions (green infrastructure, restoration of wetlands). Adaptive approaches, strengthening of scientific and technical support and modernization of water management systems form a set of measures that contribute to strengthening the sustainability of the region.

It is of strategic importance to create an integrated management model that takes into account regional zoning of water resources, the dynamics of climate change and the need for sustainable use of both surface and groundwater. It is this kind of interaction that opens up opportunities for the formation of sustainable, safe and climate-adapted cities.

References

1. Gusarov, A. V., Sharifullin, A. G., & Komissarov, M. A. (2021). Contemporary long-term trends in water discharge, suspended sediment load, and erosion intensity in river basins of the North Caucasus Region, SW Russia. *Hydrology,* 8(1), 1–31. https://doi.org/10.3390/hydrology8010028

2. Koutroulis, A. G., Papadimitriou, L., Grillakis, M. G., Tsanis, I. K., Warren, R., & Betts, R. A. (2019). Global water availability under high-end climate change: A vulnerability-based assessment. *Global and Planetary Change,* 175, 52–63. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.01.013

3. Isaev, O. I. (2025). Improving water availability in arid regions under climate change. *Voprosy Stepevedeniya,* 1, 25–34. https://doi.org/10.24412/2712-8628-2025-1-25-34

4. Shinkarenko, S. S., Solodovnikov, D. A., & Bartalev, S. A. (2021). Hydrological situation of reservoirs in the south of the European part of Russia in 2020. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space,* 18(1), 248–254. https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-1-248-254

5. Danilina, N., Tsurenkova, K., & Berkovich, V. (2021). Evaluating urban green public spaces: The case study of Krasnodar Region cities, Russia. *Sustainability,* 13(24), 14059. https://doi.org/10.3390/su132414059

6. Shebzukhova, T. A., Vartumyan, A. A., Shtapova, I. S., Medyanik, N. V., & Zhukovskaya, N. P. (2017). Current state and development problems of the water management sector in the regions of Southern Russia. *South of Russia: Ecology, Development,* 1, 68–72. https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-62-72

7. Water for land reclamation, water supply for economic sectors and the natural environment under climate change. (2018). Collection of scientific works of the Network of Water Management Organizations of Eastern Europe, the Caucasus, Central Asia, Issue 11. Tashkent: SIC ICWC. (232 p.)

СТИМУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ ДЛЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ (YFT-1): СВОЙСТВА, ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Юлдашев Фарход Талазович, Абдунабиева Хабиба Фарходовна

Аннотация: В статье рассматривается стимулирующий препарат для водной среды, разработанный для улучшения качества воды и повышения биологической продуктивности водоёмов. Изложены особенности его состава, технология производства, функциональные свойства и экологическое воздействие. Использование препарата способствует нормализации pH, снижению токсичности, нейтрализации тяжёлых металлов и активному росту водной растительности, что создаёт благоприятные условия для развития аквакультуры.

Ключевые слова: водная среда, стимулятор роста, гуминовые вещества, аквакультура, экологическое удобрение.

Annotatsiya: Ushbu maqolada suv muhitida qo‘llash uchun ishlab chiqilgan o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi preparatning tarkibi, ishlab chiqarish texnologiyasi va ekologik samarasi tahlil qilinadi. Preparatdan foydalanish suv havzalarida pH muvozanatini me’yorlashtirish, og‘ir metallarning toksikligini kamaytirish, suv o‘simliklari o‘sishini faollashtirish hamda baliqchilik xo‘jaliklarining biologik mahsuldorligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari stimulyatorning akvakultura va suv ekotizimlarini barqaror rivojlantirishdagi ahamiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: suv muhiti, o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi preparat, gumus moddalar, pH muvozanati, akvakultura, ekologik o‘g‘it.

Abstract: This article provides an analysis of a plant growth stimulator designed for aquatic environments, detailing its composition, production technology, functional properties, and environmental benefits. The use of the product helps normalize water pH, reduce heavy metal toxicity, enhance aquatic

plant growth, and increase the biological productivity of fish-farming systems. The findings highlight the importance of the stimulator for sustainable aquaculture and the rehabilitation of aquatic ecosystems.

ВВЕДЕНИЕ.

Качество водной среды является ключевым фактором, определяющим состояние и устойчивость водоёмов, особенно используемых в аквакультуре. Нарушение кислотно-щелочного баланса, накопление токсичных веществ и недостаток биологически активных элементов негативно отражаются на росте водных растений и развитии водных организмов. В этих условиях возрастает необходимость применения экологически безопасных средств, способных корректировать химические параметры воды и одновременно стимулировать биологические процессы.

Одним из таких средств является стимулятор роста растений YFT-1, созданный на основе органических веществ, гуминовых соединений и минеральных компонентов. Гуминовые вещества обладают уникальными сорбционными свойствами, способностью связывать тяжёлые металлы и улучшать общую структуру водной среды. Минеральные соединения регулируют pH, а органическая основа обеспечивает дополнительное питание для водных растений. Такое сочетание компонентного состава позволяет добиться комплексного положительного воздействия на экосистему водоёмов.

Производственный процесс стимулятора включает тщательное измельчение сырья, его перемешивание и автоклавную обработку при высокой температуре и давлении. Термическая обработка улучшает биодоступность органических соединений, усиливает активность гуминовых веществ и повышает эффективность продукта. После завершения технологического цикла стимулятор приобретает форму однородной порошкообразной массы, легко растворяющейся в воде и удобной для применения. Препарат обладает выраженной способностью нормализовать кислотно-щелочной баланс воды, снижать токсичность и нейтрализовать вредные соединения. Благодаря этому активизируется рост водной растительности, увеличивается биомасса фитопланктона, улучшается естественная кормовая база рыб. Дополнительным преимуществом является снижение стрессовой нагрузки на водных организмов, улучшение их роста и повышения устойчивости к заболеваниям.

Экологическая значимость препарата проявляется в его способности восстанавливать природные процессы в водных экосистемах. Его применение способствует улучшению кислородного режима, повышению прозрачности воды и формированию здоровой биоты. Продукт является экологически безопасным, не содержит вредных примесей и может использоваться на постоянной основе в рыбоводных хозяйствах и природоохранных программах.

Стимулятор роста растений используемый в водной среде

Огромное значение в вопросах улучшения водной среды и увеличения производства рыбной продукции имеет фактор активной реакции среды, которая измеряется величиной pH. От этой величины зависит развитие жизнедеятельности водных растений.

Мы предлагаем Вашему вниманию стимулятор роста растений, используемых в водной среде. Наша добавка улучшит щелочной баланс водоёмов, снизит токсичность и кислотность природных вод, увеличит рост полезных растений в водоемах и эффективно нейтрализует тяжелые металлы вредные для здоровья рыб и других живых организмов водной среды.

Способ получения стимулятора роста растений для использования в водной среде (YFT-1).

Сырьевые компоненты продукции:

1) Шрот соевый или шрот рапсовый;

2) Гуминовые вещества;
3) Сода каустическая или кальцинированная;
4) Поташ (ГОСТ -10690-73);
5) Дуолит;
6) Диамонийфосфат (ГОСТ8515-75);
7) Закваск

Технология производства:

1) Котел «Лапса» автоклавная обработка предварительно тщательно перемешанных ингредиентов при температуре 190-220°С и давлении 1,5-1,7 атмосферы.
2) Дробилка молотковая для измельчения ингредиентов добавки.
3) Вибросита: окончательное просеивание перед упаковыванием продукции в бумажные трехслойные крафт мешки, массой 25 или 40кг.

Формула изобретения:

Способ получения (YFT-1), характеризуется тем, что все компоненты измельчают до 5-10 мм, в пропорции в процентные ставки перемешивают в котле «Лапса» при температуре 190-220°С и давлении 1,5-1,7 атмосфер в течении 1,5-2 часов с добавление 5% каустической соды и заранее приготовленной закваски из гуминовых кислот (гуминовые вещества, затворённые водой).

Норма ввода компонентов:

1) Шрот соевый или рапсовый в измельченном состоянии -18-20%
2) Гуминовые вещества -20-22%
3) Сода каустическая или кальцинированная - 5-7%
4) Поташ-10-12%
5) Дуолит-15-20%
6) Диамонийфосфат -10-12%
7) Остальное закваска и вода

Наименование показателя	Характеристика и норма
1. Внешний вид	Порошкообразная масса, допускаются комочки, при легком надавливании рассыпающиеся или в жидкой форме
2. Цвет	От темно-коричневого до черного
3. Массовая доля гуминовых кислот, %, не менее	20
4. Массовая доля воды, %, не более	30
5. Фракционный состав: Массовая доля остатка на сите с отверстиями 3 mm, %, не более	5
6. Водородный показатель 5% -ного водного раствора, pH	7-10
7. Содержание водорастворимого калия в перерасчете на K2O, %, не менее	3,0
8. Массовая доля общего азота, %, не менее	2,0
9. Массовая доля общего фосфора P2O5, %, не менее	3,0
10. Массовая доля железа, % , не более	2,0

11. Массовая доля меди, %, не более	1,0
12. Массовая доля магния, %, не более	3,0
13. Массовая доля цинка, %, не более	2,0
14. Массовая доля марганца, %, не более	2,5
15. Массовая доля молибдена, %, не более	0,5
16. Рассыпчатость, растворимость %	100

Полученный продукт используется как экологическое удобрение для ввода в водоемы, где выращивается рыба и другие живые организмы. Улучшается экология водной системы.

Таким образом, стимулятор роста растений YFT-1 представляет собой эффективное средство для комплексного оздоровления водной среды. Его использование позволяет не только улучшить качество воды, но и значительно повысить продуктивность рыбоводных хозяйств, обеспечивая устойчивое развитие аквакультуры и восстановление природных экосистем.

ЛИТЕРАТУРЫ

1.Steinberg, C.E.W. Ecology of Humic Substances in Freshwaters. Springer, 2003.

2.Macalady, D. L. (Ed.) Perspectives in Natural Organic Matter Research. ACS, 2011.

3.Wetzel, R. G. Limnology: Lake and River Ecosystems. Academic Press, 2001.

4.Boyd, C. E. Water Quality: An Introduction. Springer, 2015.

5.Boyd, C. E., & Tucker, C. S. Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer, 1998.

6.Effendi, H. Water Quality for Aquaculture. CAN Publisher, 2003.

7.Steinberg, C. E., & Hessen, D. O. Humic substances in freshwater ecosystems. Hydrobiologia, 1992.

8.Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L., & MacCarthy, P. Humic Substances in Soil, 9.Sediment, and Water. Wiley, 1985.

10.Avnimelech, Y. Biofloc Technology: A Practical Guide Book. World Aquaculture Society, 2015.

11.Karakashev, D., Galabova, D., & Simeonov, I. Factors affecting microbial growth in wastewater treatment. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2003

К НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КАРАКАЛПАКСТАН С УЧЕТОМ ПОЛОЖЕНИЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Чембарисов Эльмир Исмаилович
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (НИИИВП)
Баллиев Ажинияз Ибрагимович
Международный центр стратегических разработки исследований в области продовольствия и сельского хозяйства при Министерстве сельского хозяйства Республики Узбекистан I-SCAD
Реймова Гулжамал Батырбаевна
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (НИИИВП),

Аннотация: Ушбу мақолада Қорақалпоғистон Республикасининг турли маъмурий туманларида суғориладиган деҳқончилик ҳолатини аниқлаш мезонлари таклиф этилган, шунингдек, уларнинг икки тоифадаги: 1) қулай, 2) ноқулай ҳолатлар учун устун сон қийматлари белгиланган. Биринчи навбатда, ноқулай ҳудудлардаги ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш бўйича амалий чоралар кўриш зарур, деган хулосага келинган. Олинган натижалар ва амалий тавсияларни инобатга олиб, шуни таъкидлаш жоизки, сув ресурсларини интегратсиялашган бошқариш (СРИБ)нинг мавжуд тамойиллари ва талабларини, аввало, хорижий инвесторларнинг молиявий кўмаги ва тегишли ташкилотларнинг республика маблағларини ҳисобга олган ҳолда, Кегейли ва Чимбой туманларида жорий этиш лозим.

Калит сўзлар:Интегралашган сув ресурсларини бошқариш (ИСРБ) тажрибаси, жамиятнинг барқарор ривожланиши, Қорақалпоғистонда ҳаво ҳароратининг ўзгариши, суғориладиган майдонларнинг мелиоратив ҳолати хусусиятлари, қулай ва ноқулай ҳудудлар.

Аннотация: в данной статье предложены критерии для определения состояния орошаемого земледелия в различных административных районах Республики Каракалпакстан, а также определены их преобладающие численные значения для двух категорий состояния:1) благоприятное, 2) неблагоприятное. Сделан вывод, что в первую очередь необходимо принять практические меры по улучшению мелиоративного состояния земель в неблагоприятных районах. Учитывая получение результаты и практические рекомендации нужно отметить, что существующие принципы и требования интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) необходимо в первую очередь внедрить в Кегейлийском и Чимбайском районах, с учетам финансовой помощи зарубежных инвесторов и республиканского финансирования соответствующими организациями.

Ключевые слова: опыт использования (ИУВР), устойчивое развитие общества, изменение температуры воздуха в Каракалпакстане, характеристики мелиоративного состояния орошаемых массивов, благоприятные и неблагоприятные районы.

Abstract: This article proposes criteria for determining the state of irrigated agriculture in various administrative districts of the Republic of Karakalpakstan, as well as defines their predominant numerical values for two categories of condition: 1) favorable, 2) unfavorable. It is concluded that, first and foremost, practical measures need to be taken to improve the land reclamation state in unfavorable districts. Considering the obtained results and practical

recommendations, it should be noted that the existing principles and requirements of Integrated Water Resources Management (IWRM) need to be implemented primarily in the Kegeyli and Chimbay districts, taking into account financial assistance from foreign investors and republican funding by relevant organizations.

Keywords: experience in using integrated water resources management (IWRM), sustainable development of society, changes in air temperature in Karakalpakstan, characteristics of the reclamation state of irrigated areas, favorable and unfavorable regions.

ВВЕДЕНИЕ

Высыхание Аральского моря в настоящее время вызывает комплекс негативных процессов в регионе Республики Каракалпакстан: изменение экосистемы самого моря, усиление континентальности климата, опустынивание и деградацию пастбищ и орошаемых земель, загрязнение и истощение имеющихся водных ресурсов.

В настоящее время климатические изменения оказывают негативное воздействие на социально-экономическое развитие различных регионов, в том числе и Узбекистана, причем наиболее остро это ощущает на себе Республика Каракалпакстан. Рост числа экстремальных погодных явлений в республике сопровождается не только потеплением температура, пыльными бурями, но по мнению специалистов связано с глобальным изменением климата, в связи с этим в данной статье рассмотрено изменение некоторых климатических характеристик по шести метеостанциям Муйнак, Нукус, Тахтакупыр, Тахиаташ, Чимбай, Кунград. Оценены современные характеристики реки Амударьи, орошаемые площади административных районах и их суммарная площадь засоленная, объемы и минерализация коллектор-дренажных вод, глубина залегания и минерализация грунтовых вод [1-7].

Опыт использования требований интегрированного управления водными ресурсами (**ИУВР**). С сентября 2001 г. в Ферганской долине при финансовой поддержке Швейцарского агентства по международному развитию и сотрудничеству (SDC) осуществляется проект «Интегрированное Управление Воднқми Ресурсами в Ферганской долине» («ИУВР-Фергана»). Выполнение проекта возложено на Ассоциацию «ИВМИ-НИЦ МКВК».

Проект осуществлялся при поддержке Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан, Министерства сельского, водного хозяйства и перерабатывающей промышленности Кыргызской Республики, Министерства мелиорации и водных ресурсов Республики Таджикистан. Объектами проекта являлись магистральные каналы Ферганской долины: Южно-Ферганский магистральный (ЮФМК), Араван-Акбура, Ходжа-Бакирган (ХБК). Конечная цель проекта «ИВУР-Фергана» - сделать вклад в улучшение жизненного уровня, окружающей среды и социальной гармонии посредством реструктуризации сельской местности в республиках, которые принимают участие в проекте, а именно Кыргызстан, Узбекистан и Таджикистан, данная реструктуризация включает в себе внедрение и пилотное испытание ИУВР и привлечение водопользователей в деятельность институтов по руководству водой в Ферганской долине.

Цель проекта на уровне пилотных каналов заключается в повышении качества управления водораспределением на системах(каналах) на основе принципов стабильности, равномерности и эффективности водораспределения. Эта цель была достигнута путем деятельности, включающей следующие аспекты: организационный, технический, технологический и наращивание потенциала. В рамках проекта «ИУВР-Фергана» были рассмотрены как институциональные, так и технико-технологические аспекты водораспределения.

При этом были получены следующие результаты: объем валовой продукции сельского хозяйства на душу населения имеет тенденцию к росту во всех областях. Так, темпы прироста объема валовой продукции сельского хозяйства на душу населения в Андижанской и Наманганской областях составили соответственно 63,7% и 55,4%.

В 2000-2012 годы был также выполнен проект ПРООН непосредственно в Язъяванском районе Ферганской области, который был направлен на рациональное использование орошаемой воды, с применение водомерных систем как механических, так и с компьютерной техникой и датчиками считывания данных объема воды, идущей на полив. Информация с датчиков переписывалась на компьютер в базу данных для дальнейшей ее обработки. Пилотный проект «ИУВР-Фергана», выполненный в Ферганской долине, стал хорошей школой для внедрения методик и наработок не только в Узбекистане так и в других республиках Центральной Азии. 12 октября 2012 года г. Фергане проходил семинар «Проект содействия развитию потенциала Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель», который заключался в том, что было взято одно фермерское хозяйство в населенном пункте Акбарабад Кувинского района Ферганской области и проведены работы по восстановлению деградированной земли на полях фермерского хозяйства Акбарабад (лазерная планировка, глубокая вспашка и посадка хлопка, который дал урожай 41 центнер с 1 га хлопка сырца).

Выполненные работы показали, что деградированную почву можно восстанавливать.

Проект финансировался ПРООН и Фондом мелиоративного улучшения орошаемых земель при Министерстве финансов Республики Узбекистан [6].

В настоящее время также необходимо учитывать основы концепции устойчивого развития (УР), которые были сформулированы в 1980 г. во Всемирной стратегии охраны окружающей среды. Было подчеркнуто, что устойчивое развитие общества невозможно без сохранения окружающей природной среды. Из существующих определений Устойчивого развития приведем следующее: устойчивое развитие – это развитие, направленное на удовлетворение потребностей нынешнего поколения, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности [5].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье использованы краткие обобщения опыта использования интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР), определение устойчивого развития общество, многолетний анализ изменения среднегодовой температуры воздуха на шести метеостанциях Каракалпакстана, картографические методы, гидрологическое обобщение, различны гидрологические и гидрохимические методы расчета и оценки, а также обобщенные методы оценки мелиоративного состояния орошаемых массивов республики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основной целью проведенных исследования было выявления некоторых административных районах с наименее благоприятным мелиоративном состоянием, при этом были проанализированы следующие его характеристики: а) в средние по водности годы расходы воды реки Амударьи, поступающие по гидропосту Кипчак, б) в шестнадцати административных районах величина орошаемых площади и суммарная площадь различной степени засоленных почв; в) объемы, минерализация и химический состав коллекторно-дренажных вод; г) глубина грунтовых вод, их минерализация и химический состав [9].

До определения величин этих характеристик нами в данной статье приведен анализ изменения среднегодовой температуры по шести метеостанциям Республики Каракалпакстан Тахиаташ, Тахтакупир, Чимбай, Муйнак, Нукус и Кунград за различные по длительности периоды: 1) за 2009-2023 гг., с учетом расчетной таблицы многолетнего

внутригодового изменения температура воздуха по выделенным пятилетиям 2009-2013, 2014-2018, 2019-2023, 2009-2023 гг. В результате проведенных расчетов за пятнадцатилетний период 2009-2023 гг. среднемноголетняя температура воздуха на метеостанции Тахиаташ была равна 13,7 ˚С, температура почвы на глубине 10 см была равна 15,7 ˚С, количество осадков 8 мм., эти же характеристики на метеостанции Тахтакупыр равны 12,5 ˚С., 21,1 и 9,8 мм; на метеостанции Нукус равны 13,5 ˚С; 17,6 и 8,4 мм; на метеостанции Кунград равны 12,8 ˚С; 17,6 и 8,8 мм; на метеостанции Чимбай равны 12,7 ˚С; 22,7 и 10,3 мм; на метеостанции Муйнак равны 12,6 ˚С; 7,8 мм, температуры почвы на глубине 10 см не измерялась.

Проведенные расчеты показали, что с годами на некоторых метеостанциях республики наблюдается повышение температуры воздуха, так, например на метеостанции Тахиаташ в 2009-2013 гг. она была равна 13,5 ˚С, а в 2019-2023 гг-14,4 ˚С, на метеостанции Тахтакупир в 2009-2013 г. она была равна 12,2 ˚С, а в 2019-2023 гг. -13,1˚С. Проведенные расчеты по двум срокам 2009-2013 гг. и 2019-2023 гг. показали, что в некоторых метеостанциях во втором сроке наблюдается повышение температуры воздуха на 0,4-0,9 t˚С, что свидетельствует не только об отрицательном влиянии высыхающего Аральского моря, но и о глобальном потеплении климата, наблюдающегося в низовьях Амударья;

Поступление воды в низовья Амударьи. Сведения о поступлении воды в низовья Амударьи приведены по гидропосту Кипчак, который находится в 308 км от устья (табл.1).

Согласно приведенным данным в 2009-2013 гг., среднегодовая величина расходов воды была 511 м^3/с, в 2014-2018 гг. она уменьшилась до 401 м^3/с в 2019-2023 гг. она уменьшилась 302 м^3/с, а в период в 2009-2023 гг. она в среднем была равна 404 м^3/с.

Таблица 1

Расходы воды, поступающие из Амударьи по гидропосту Кипчак

р. Амударья- г. Кипчак (308 км от устья)													
Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. вел
2009-2013	255	224	344	285	608	708	1173	1081	601	277	244	333	511
2014-2018	197	193	334	253	414	705	903	797	395	176	160	281	401
2019-2023	112	227	295	211	374	477	521	526	402	199	117	167	302
2009-2023	**182**	**215**	**324**	**250**	**465**	**630**	**866**	**801**	**466**	**218**	**170**	**260**	**404**

Величина орошаемой площади и их засоление в административных районах.

В табл.2 и на рисунке 1 рассмотрены оценка степени засоления земельных ресурсов Республики Каракалпакстан в шестнадцати административных районах данного региона, при этом была показана величина общей площади орошаемых земель в каждом районе, а также была подсчитана сумма средне засоленных, сильно засоленных и очень сильно засоленных земель и их процент от величины орошаемых земель. В итоге проведенных исследований было установлено, что в Кегейлийском и Чимбайском районах, где суммарная площадь засоленных земель в процентах равна 2,3 – 6,7 % урожайность выращиваемых с/х культур понижена.

Таблица 2.

Величина орошаемых площади и суммарная площадь в различной степени засоленных почв.

№ пп	Наименование районов	Общая орошаемая площадь, тыс. га	В том числе по степени засоленности, га									
			незасоленные		слабо засоленные		средне засоленные		сильно и очень сильно засоленные		Сумма засоленных почв	
			тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
1	Турткульский	32,156	10,964	34,1	11,832	36,8	8,509	26,5	0,851	2,6	21,192	2,6

2	Элликалинский	34,414	12,231	35,5	9,881	28,7	9,719	28,2	2,583	7,5	22,183	7,5
3	Берунийский	33,608	7,251	21,6	12,342	36,7	10,978	32,7	3,037	9	26,357	9,0
4	Амударьинский	39,515	11,624	29,4	13,084	33,1	13,829	35	0,978	2,5	27,891	2,5
5	Ходжейлийский	21,525	8,041	37,4	9,632	44,7	3,544	16,5	0,308	1,4	13,484	1,4
6	Тахиаташский	7,929	2,224	28	2,769	34,9	2,786	35,1	0,15	1,9	5,705	1,9
7	Шуманайский	29,108	8,001	27,5	11,863	40,8	8,717	29,9	0,527	1,8	21,107	1,8
8	Канлыкульский	35,526	13,241	37,3	11,894	33,5	8,759	24,7	1,632	4,6	22,285	4,6
9	Кунградский	42,553	10,95	25,7	16,282	38,3	13,973	32,8	1,348	3,2	31,603	3,2
10	Нукуский	30,706	10,065	32,8	8,657	28,2	11,733	38,2	0,251	0,8	20,641	0,8
11	Кегейлиский	32,44	11,283	34,8	9,472	29,2	10,947	33,7	0,738	2,3	21,157	2,3
12	Чимбайский	48,753	9,562	19,6	16,005	32,8	19,916	40,9	3,27	6,7	39,191	6,7
13	Караузякский	35,666	11,584	32,5	12,844	36	10,007	28,1	1,231	3,5	24,082	3,5
14	Тахтакупырский	34,672	13,516	39	12,967	37,4	7,116	20,5	1,073	3,1	21,156	3,1
15	Бозатауский	30,119	6,581	21,8	4,685	15,6	17,416	57,8	1,437	4,8	23,538	4,8
16	Муйнакский	26,116	1,984	7,6	3,317	12,7	20,191	77,3	0,624	2,4	24,132	2,4
17	г. Нукус	2,211					2,211	100			2,211	0,0
18	по республике	**517,0**	**149,1**	**28,8**	**167,5**	**32,4**	**180,4**	**34,9**	**20,0**	**3,9**	**367,9**	3,9

Объемы, минерализация и химический состав коллекторно-дренажных вод.

В настоящее время во всех регионах Узбекистана в орошаемой зоне существует и функционирует коллекторно-дренажная сеть. Гидрологический и гидрохимический мониторинг её работы начался в 1970-ые годы. Такая сеть существует и в орошаемой зоне Республики Каракалпакстан, длина которой в настоящее время равна 20614,7 км, а основными магистральными коллекторами являются КС-1, КС-3, КС-4, ГЛК. В последние годы объем коллекторно-дренажных вод (КДВ) орошаемой территории республики достиг 1,6- 2,0 км^3, который меняется в зависимости от водности р. Амударьи. Нами была составлена ГИС-карта «Распределение объемов, величины минерализации и химического состава коллекторно-дренажных вод Республики Каракалпакстан по административным районам за 2019-2023 гг»., которая позволила выявить районы с наименьшим (Кунградский район) и с наибольшим (Амударьинский район) объемом коллекторно-дренажного стока (рисунок 2).

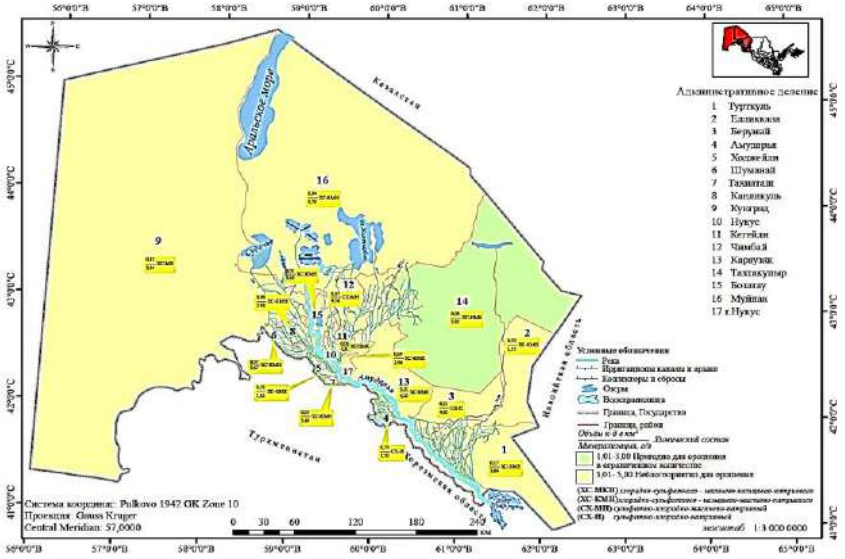


Рисунок 1. Распределение суммарной площади средне, сильно и очень сильно засоленных почв в административных районах Республики Каракалпакстан, в тыс.га.

В целом по республике современный объем коллекторного стока равен 1,76 км³, а средняя величина минерализации равна 3,77 г/л, преобладающий химический состав хлоридно-сульфатный-кальциево-магниево-натриевый (ХС-КМН). В пределах 16 административных районов величина объемов коллекторно-дренажного стока в среднем за многолетие (2019-2023 гг.) меняется от 0,039 км³ (Кунградский район) до 0,241 км³ (Амударьинский район).

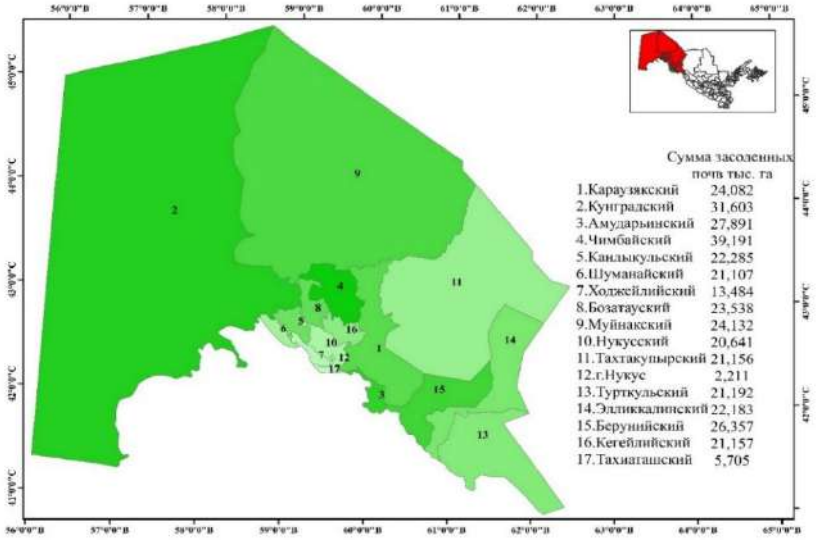


Рисунок 2. Распределение объема, минерализации и химического состава коллекторно-дренажных вод по административном районам Республики Каракалпакстан за 2019-2023 гг.

Глубина грунтовых вод, их минерализация и химический состав.

Геологическое строение дельты Амударьи на территории Каракалпакии состоит из многих видов и типов отложений мелового, третичного и четвертичного периодов. Меловые отложения имеют место на правом берегу реки. Третичные отложения встречаются у Тюямуюн, Кызылкумов, Устюрта и в других районов в виде отложений красных и красно-желтых глин.

Четвертичные отложения широко распространены повсеместно на территории современной и формирующейся дельты р.Амударьи и состоят из песков, супесей, суглинков и глин приносимых водой. Эти отложения имеют сравнительно хорошую водопроницаемость, рыхлость строения, неустойчивость к процессам разлива. Четвертичные отложения являются объектом мелиорации, в которых формируются грунтовые воды и их режим.

Сложность геологического строения дельты р. Амударьи, наличие и хозяйственное использование орошаемых земель в дельте обуславливает особенности ее гидрогеологических условий формирования режима грунтовых вод. В плане проведения гидрогеологического мониторинга большой практический интерес вызывает анализ минерализации и глубины залегания грунтовых вод за многолетие. Мелиоративное состояние орошаемой территория Республика Каракалпакстан зависит не только от объема и качества оросительной воды и коллекторно-дренажного стока, но во многом также от состояния грунтовых вод [7-9].

В данном разделе приведены сведения о многолетнем изменении среднегодовых величин уровня и минерализации грунтовых вод орошаемой зоны Республики Каракалпакстан в административных районах за 2019-2023 гг. (рис.3).

Анализ ежемесячных изменений уровня грунтовых вод в административных районах республики за 2019-2023 гг. показал, что наиболее близко к поверхности земли грунтовые воды расположены в Тахиаташском (175 см), Амударьинском (187 см), Берунийском районах (188 см), а наибольшая глубина грунтовых вод наблюдается в Чимбайском(297 см), Тахтакупырском (335 см), Бузатауском (377 см), Муйнакском районам(533см).

Анализ изменения минерализации грунтовых вод в административных районах Республики Каракалпакстан в 2019-2023 гг., в г/л, показал, что наименьшие величины минерализации наблюдаются в Берунийском (2,57 г/л), Элликалинском (2,60 г/л), Амударьинском(2,62 г/л), Нукусском районах (2,64 г/л), при этом их преобладающий химический состав хлоридно-сульфатный-магниево-натриевый (ХС - МН), а наибольшие величины минерализация наблюдаются в Тахтакупырском (3,00 г/л), Бозатауском (3,09 г/л), Чимбайском (3,31 г/л), Муйнакском районах (5,54 г/л), при этом их преобладающий состав сульфатно-хлоридный-натриево-магниевый (СХ-НМ).

Учитывая полученные результаты и практические рекомендации нужно отметить, что отмеченные принципы и требования интегрированного управления водными ресурсами(ИУВР) необходимо проводить в первую очередь в Чимбайском и Кегейлийском районах, с учетом финансовой помощи зарубежных инвесторов и республиканского финансирования соответствующими организациями.

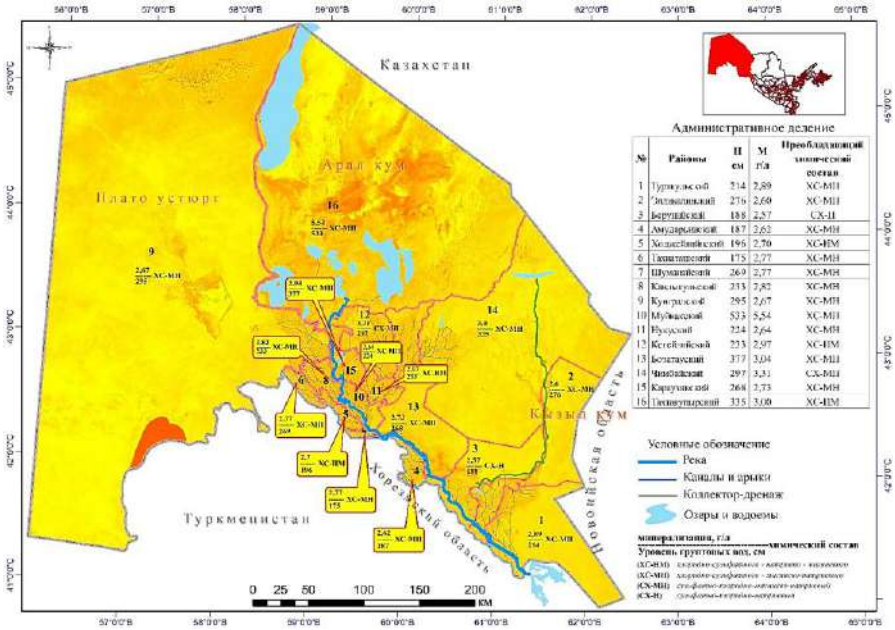


Рисунок 3. Глубина залегания, минерализация и преобладающий химический состав грунтовых вод Республики Каракалпакстан в 2019-2023 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ:

- согласно вышеприведенным сведениям, было показано, что при использованиях различных мероприятий принципов интегрированного управления водного ресурса в Ферганской долине (проект «ИУВР-Фергана», проведенного с 2001-2012 гг.) было получены следующие положительные результаты: объем валовой продукции сельского хозяйства на душу населения выявил тенденцию её роста во всех областях. Так, темпы

прироста объема валовой продукции сельского хозяйства на душу населения в Андижанской и Наманганской областях составили соответственно 63,7% и 55,4%, кроме выполнения различных технических мероприятия было отмечено активное участие самих субъектов водопользователей на всех уровнях оросительных систем различного уровня; при этом были учтены основные принципы концепции устойчивого развития (УР), в которых основной идей является развитие общества с учетом сохранения окружающей природной среды для будущих поколений;

- также учитывая, что во многих регионах Центральной Азии в настоящие время наблюдается глобальное го потепление климата, нами было подчитаны изменения среднегодовой температуры воздуха по шести метеостанция Республика Каракалпакстана, в результате которых было получено, что среднегодовая температура воздуха за 2009-2023 гг., повысилась на 0,4 - 0,9 ˚С градусов;

- учитывая положения, отмеченные в первом и во втором пунктах выводов нами были проведены исследования и анализ собранных данных различных характеристик мелиоративного состояния орошаемых земель на уровне административных районов, которые в принципе отражаются и на экологическом состоянии уровня жизни местного населения. При этом получены следующие результаты: а) в средние по водность годы гидропосту Кипчак поступало 425 $м^3/с$ с минерализацией 833 мг/л, преимущественно хлоридно-сульфатным-кальциево-магниево-натриевым (ХС-КМН) химическим составом; б) в указанных выше шестнадцати административных районах величина орошаемой площади изменялась от 7,929 тыс.га (Тахиаташский район) до 48,753 тыс.га (Чимбайский район), а суммарная площадь в различной степени засоленных почв изменялась от 5,705 тыс.га (Тахиаташский район) до 39,191 тыс.га (Чимбайский район); в) объемы, минерализация и химический состав коллекторно-дренажных вод изменялись от 0,039 (Кунградский район) до 0,241 $км^3$ (Амударьинский район); г) глубина грунтовых вод, их минерализация и химический состав изменялись от 1,75 м (Тахиаташский район) до 5,33 м (Муйнакский район); минерализация от 2,57 г/л (Берунийский район) до 5,54 г/л (Муйнакский район); химический состав изменялся от ХС-МН до СХ-МН;

- в результате проведенного анализа нами было отмечено, что наиболее благоприятные условия мелиоративного состояния наблюдаются в Тахиаташском и Ходжелийском районах, а наименее благоприятные условия мелиоративного состояния наблюдаются в Кегейлийском и Чимбайском районах. Учитывая полученные результаты практические рекомендации нужно отметить, что отмеченные принципы и требования интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) в первую очередь необходимо внедрять в Кегейлиском и Чимбайском районах, с учетам финансированной помощи зарубежных инвесторов и республиканского финансирования соответствующими организациями.

Список литературы:

1. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-6024 от 10 июля 2020 года «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы».

2. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О Стратегии Узбекистана-2030».

3. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-381 от 27 сентября 2022 года «О мерах по реализации проекта «Управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря с учетом адаптации к изменениям климата».

4. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-107 от 1 апреля 2023 года «О неотложных мерах по повышению эффективности использования водных ресурсов».

5. Азизов А.А., Акиншина Н.Г. Образование в интересах устойчивого развития. Учебно- методическое пособие. Ташкент: UNESCO, 2009. 142 с.

6. Бояринова В.Г., Домуладжанов И.Х., К вопросу интегрированного управления речными ресурсами. Сборник научных трудов, посвященный 25-летию НИЦ МКВК ЦА. Ташкент: 2017. С.190-193.

7. Комплексное гидрографическое изучение Ферганской долины. Часть 1 – Отчет Научно-Информационном Центре МКВК. Гл. редактор д.т.н., проф. В.А.Духовный. Ташкент: НИЦ МКВК 2012. 207 с.

8. Мурадов Ш.О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана. Ташкент: Фан, 2012. 374 с.

9. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Садиев У.А., Баллиев А.И., Реймова Г.Б. Особенности гидрологического и мелиоративного мониторинга орошаемой территории Республики Каракалпакстан(монография). -Ташкент: “Lesson press” 2022. - 176 с.

GLOBAL IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA SUV RESURSLARINI SAMARALI BOSHQARISHDA TUPROQ SHO‘RINI YUVISHNING AHAMIYATI

Xamrayev Kamol Shuxratovich
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada global iqlim o‘zgarishi va suv taqchilligi sharoitida suv resurslarini samarali boshqarish maqsadida Buxoro viloyatining turli darajada sho‘rlangan tuproqlari sho‘rini yuvishda innovatsion sho‘r yuvish texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: suv resurslari, suv resurslari boshqaruvi, tuproq sho‘rlanishi, tuproq sho‘rini yuvish, sho‘r yuvish texnologiyasi, Biosolvent va Spersal meliorantlari.

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований по разработке инновационных технологий промывки засолённых почв с различной степенью засоления в Бухарской области для улучшение управлениях водных ресурсов при глобальный изменение климата и дефицита воды.

Ключевые слова: водные ресурсы, управление водных ресурсов, засоление почв, промывка засоленных почв, технология промывки солей, мелиоранты Биосольвент и Сперсаль.

Abstract. The article provides the findings of a study focused on scientific researches on innovative soil salinity leaching technologies on varying degrees of salinity in the Bukhara region for implementing water management under global climate change and water scarcity conditions.

Keywords: water scarcity, water resources management, soil salinity, soil salinity leaching, leaching technology, Biosolvent and Spersal ameliorants.

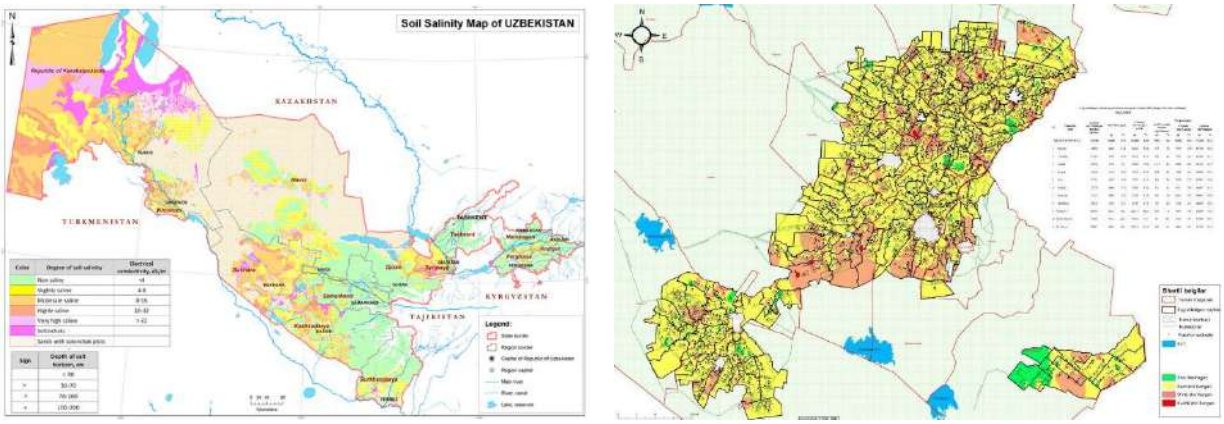
KIRISH

Dunyoda 833 million gektardan ortiq tuproq allaqachon sho‘rlanish jarayoniga uchragani, FAO tomonidan oktabr oyida taqdim etilgan Global sho‘rlangan tuproqlar xaritasida aks ettirilganligi bilan isbotlangan. Statistik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, sug‘oriladigan yerlarning 20 foizdan ortig‘i sho‘rlanish muammosiga uchragan bo‘lib, ularning 77 million gektardan ortiq qismi inson faoliyati natijasida sho‘rlangan hisoblanadi, bu esa global oziq-ovqat xavfsizligiga jiddiy tahdid solmoqda. Sho‘rlangan maydonlarning 70 foizi Osiyo mintaqasida joylashgan. Dunyo

olimlarining ta’kidlashicha, global iqlim o‘zgarishi sharoitida qishloq xo‘jaligini boshqarishda yuzaga kelayotgan noto‘g‘ri yondashuvlar va tabiiy jarayonlar ro‘y berishi sababli tuproq sho‘rlanish darajasi yiliga 10 foizgacha oshishi kutilmoqda. Ayni damda har uch gektar ekin maydonlari tuproqlari sho‘rlanish natijasida degradatsiyaga uchramoqda. Sho‘rlangan yerlarni samarali foydalanish, sho‘rlanish natijasida qishloq xo‘jaligi aborotidan chiqqan yerlarni qayta o‘zlashtirish bo‘yicha strategiyalarni ishlab chiqish 2050 yilga kelib prognoz qilingan 9,3 milliard global aholi uchun oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash hamda sug‘orma dehqonchilikda mos ekin maydonlariga ega bo‘lish masalalarini hal etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda O‘zbekiston Respublikamizda 4320,0 ming gektar sug‘oriladigan maydon mavjud bo‘lib, shundan 1902,2 ming gektari (44 foiz) turli darajada sho‘rlangan maydonlar hisoblanadi. Jumladan 1323,2 ming gektar kuchsiz sho‘rlangan, 505,8 ming gektar o‘rtacha sho‘rlangan hamda 73,2 ming gektar kuchli sho‘rlangan maydonlarni tashkil etib, har yili 680,2 ming gektar maydonda sho‘r yuvish ishlari olib boriladi. Respublikamizda so‘ngi yillarda suv xo‘jaligi sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar natijasida 2009-2023 yillar bo‘yicha sho‘rlanish ma’lumotlari tahliliga ko‘ra sho‘rlanmagan maydonlar ko‘lami 2167,0 ming gektardan 2418,0 ming gektarga (11,6 foiz) organi, kuchli sho‘rlangan yerlar esa 141,0 ming gektardan 73,0 ming gektarga (48,2 foiz) kamaygani qayd etildi.

Hozirgi kunda Buxoro viloyati 280 245 gektar sug‘oriladigan maydonlari tuproqlarining 237 952 gektari yoki 84,9 foizi turli darajada sho‘rlangan. Jumladan 174 934 ga / 62,4 foizi kuchsiz, 57 450 ga / 20,5 foizi o‘rta, 5 568 ga / 2,0 foizi kuchli darajada sho‘rlangan bo‘lib, har yili 180,6 ming gektar maydonda sho‘r yuvish ishlari olib boriladi. Ko‘p yillik ma’lumotlar (2002-2024 yy.) tahlili shuni ko‘rsatadiki, respublikamizda, xususan Buxoro viloyatida olib borilgan izchil ishlar samarasi viloyatimizda kuchli sho‘rlangan maydonlarni 11,5 foizdan 2,0 foizga kamaygan (farqi - 9,5%), o‘rtacha sho‘rlangan maydonlar 31,2 foizdan 20,5 foizga, ya’ni 10,7 foizga kamaygan. O‘z navbatida kuchsiz sho‘rlangan maydonlar 11,1 foizga (62,4-51,3%) hamda sho‘rlanmagan maydonlar 9,2 foizga (15,1-5,9%) ortgani kuzatildi.



1-rasm. O‘zbekiston Respublikasi hamda Buxoro viloyatining tuproq sho‘rlanishi xaritasi.

Dunyodagi global iqlim o‘zgarishi va tobora oshib borayotgan suv tanqisligi sharoitida qishloq xo‘jaligi ekinlarini yetishtiruvchi aksariyat mamlakatlarda hosildorlik va hosil sifatiga sho‘rlanishning salbiy ta’sir etishi munosabati bilan dunyo olimlari tomonidan tuproq sho‘rlanishining oldini olish va unga qarshi kurashish bo‘yicha muayyan ilmiy yo‘nalishlarda keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Sho‘rlangan yerlarda sho‘r yuvish texnologiyasini takomillashtirish, kimyoviy va biologik melioratsiya tadbirlaridan keng foydalangan holda tuproqlarning suv-tuz muvozanatini maqbullashtirish borasidagi ilmiy yo‘nalishlarda ko‘p omilli tadqiqotlar muhim ahamiyatga ega. Respublikamizda keyingi yillarda suv tanqisligi

kuzatilayotgan davrda sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash, suv resurslaridan oqilona foydalanish borasida keng qamrovli islohotlar amalga oshirilmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 10 iyuldagi PF-6024-son «O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020–2030 yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasi to‘g‘risida»gi, 2019 yil 17 iyundagi PF-5742-son «Qishloq xo‘jaligida yer va suv resurslaridan samarali foydalanish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi Farmonlarida, shu bilan birga, qishloq xo‘jaligi ekinlarini yetishtirishda yerlarning sho‘rini yuvish, meliorativ holatini yaxshilash, suvdan foydalanish samaradorligini oshirish, bu boradagi ilmiy-tadqiqot ishlarini rivojlantirish va ilmiy ishlanmalarni amaliyotga joriy qilish hamda sho‘r yuvish ishlarini takomillashtirish maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021 yil 8 aprelda qabul qilingan 190-son «Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning sho‘rini yuvish ishlarini tashkil etish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida»gi hamda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 6 iyuldagi PQ-307-son «2022 — 2026 yillarda O‘zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo‘yicha tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida»gi Qarorlarida belgilangan vazifalarni amalga oshirilishi buning dalilidir [1-3].

TADQIQOT USLUBLARI

Ilmiy tadqiqot ishlarni o‘tkazishda barcha laboratoriya, dala, ishlab chiqarish tajribalari ulardagi kuzatuv, tahlil hamda hisoblar Paxta seleksiyasi, urug‘chiligi va yetishtirish agrotexnologiyalari ilmiy-tadqiqot institutida qabul qilingan uslubiy qo‘llanmalar asosida o‘tkazildi. Tuproqning agrofizikaviy tahlillari, agrokimyoviy xossalari hamda uning tarkibidagi tuzlar miqdori «G‘o‘za yetishtiriladigan sug‘oriladigan maydonlarda agrokimyoviy, agrofizikaviy va mikrobiologik xossalarini o‘rganish uslublari»ga binoan aniqlandi. Tajriba dalalarida yetishtirilgan g‘o‘zaning o‘sishi va rivojlanishi bo‘yicha biologik kuzatuvlar Paxta seleksiyasi, urug‘chiligi va yetishtirish agrotexnologiyalari ilmiy–tadqiqot instituti tomonidan qabul qilingan «Dala tajribalarini o‘tkazish uslublari»ga (O‘zPITI 2007 yil) binoan olib borildi. Tajribalardan olingan natijalarning aniqligi va ishonchliligi B.A.Dospexovning «Dala tajribalarini uslublari»ga manbasidagi dispersion tahlil uslubida matematik – statistik tahlil qilindi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Qishloq xo‘jaligi ekinidan yuqori va sifatli hosil olish uchun, o‘simlik rivojlanishida maqbul sharoitlarni (suv-havo-oziqa) yaratish muhim ahamiyat kasb etadi. Buning uchun esa, albatta, g‘o‘zani maqbul ma’dan o‘g‘itlar hamda sug‘orish tartiblari asosida parvarishlash lozim. Zero, maqbul oziqa va sug‘orish tartiblari yuqori hosildorlik garovidir.

Dunyoda sho‘rlangan tuproqlar tarkibini yaxshilashga mo‘ljallangan SperSal 35, Stop Sal, Non Sal kabi polimalein kislotali tuz tuzatuvchi meliorantlar qo‘llanilib kelinmoqda. Ushbu meliorantlarni qo‘llash natijasida tuzlar yuvilishi tezlashishi, sug‘orish suvining samaradorligi oshishiga, maqbul tuproq sharoiti yaratilishi hisobiga qishloq xo‘jaligi mahsulotidan yuqori va samarali hosil olinishiga erishiladi.

Biosolvent – 2000–5000 dalton molekular massaga ega bo‘lgan polimer (polianion). Birikma tarkibidagi faol moddalar gomopolimer (30%), sirt-aktiv moddalar (4%) hamda inert moddalar (66%) ni tashkil etadi. Birikma akril va polekislotalar hosilasi bo‘lib, uni tashkil etuvchi barcha komponentlar bioparchalanuvchi moddalarga qo‘yiladigan talablarga to‘liq mos keladi. Ya’ni, birikma suvda tez eruvchan, nisbiy molekular massaga va chiziqli tuzilishga ega. U tuproq tarkibidagi tuzlarning suvda yengil va tez erishini ta’minlaydi. Tuproq va o‘simlik uchun zararsiz. Birikma tashqi muhit ta’siri, ya’ni quyosh nuri, yomg‘ir va qorlar ta’sirida parchalanadi [4-6].

Spersal melioranti polimer butenediotiotik polimalein kislotadan tashkil topgan bo‘lib, gomopolimer (30%), chiziqli sul’fat alkibelzonol (6%) hamda boshqa inert moddalar (66%) ni tashkil etadi. Birikma tuproqqa kiritilganda, tuproq singdirish kompleksida natriy kationining chiqib chiqarilishi natijasida kalsiy va magniy kationlar almashinuvi reaksiyasi sodir bo‘ladi.

O‘simlik ildizi joylashgan tuproq qatlamdagi mavjud xlorli, natriy sulfid, natriy bikorbonat kabi tuzlar sug‘orish suvlari yordamida erib, pastki qatlamga tushishi, sizot suvlariga qo‘shilib, daladan olib chiqilishiga erishiladi. Natijada, meliorant hisobiga, sho‘r yuvuvchi sug‘orish tartibi ishlab chiqiladi. Bunda sug‘orish jarayoni bilan bir vaqtning o‘zida dalada sho‘r yuvish ishlari bajariladi [7].

Buxoro viloyatining turli daraja sho‘rlangan tuproqlar sharoitida «Biosolvent» birikmasini qo‘llash me’yorlarini, sho‘r yuvish muddatlari va me’yorlarini aniqlandi. Bunda «Biosolvent» birikmasi kuchsiz sho‘rlangan tuproq sharoitida 6 l/ga, o‘rtacha sho‘rlangan tuproq sharoitida 8 l/ga, kuchli sho‘rlangan tuproq sharoitida 10 l/ga me’yorda qo‘llanildi. Shuningdek, Buxoro vohasining o‘tloqi allyuvial, kuchli darajada sho‘rlangan, mexanik tarkibiga ko‘ra o‘rta qumoq tuproqlari sharoitida tuproq sho‘rini yuvishda birlamchi zovur suvlarini boshqarish orqali suvtejamkor sho‘r yuvish texnologiyasi ishlab chiqildi.

Sho‘r yuvishdan oldin va sho‘r yuvishdan keyin barcha tadqiqot dalalarida tuproq namunalari olinib, laboratoriya sharoitida tuproqning sho‘rlanish darajasi va xili aniqlandi. Shu bilan birga, tanlangan tajriba dalalari tuprog‘ining morfologik tavsifi, mexanik tarkibi va agrokimyoviy xossalari, tuproqning suv-fizik xossalari, tajriba dalasi tuproqlarining sug‘orish oldi haqiqiy namligi, vegetatsiya davrida sug‘orishdan oldin tuproqqa «Spersal» meliorantini qo‘llab, «sho‘r yuvuvchi sug‘orish tartibi»ni qo‘llash (Spersal melioranti turli me’yorlarda qo‘llanilgan (4,0; 5,0; 6,0 kg/ga), sug‘orish oldi tuproq namlik defitsiti (20–30 foizga) oshirilgan tartibda), g‘o‘zani sug‘orish tartibi, tajriba dalalari sizot suvlari sathining o‘zgarish dinamikasi (har bir variantning ikkinchi qaytariqlarida diametri 32 mm bo‘lgan plastik quvurli kuzatuv quduqlari o‘rnatilib, ulardan har 10 kunda sizot suvining sathi RGLM gidrogeologik lenta ruletka yordamida o‘lchab borildi) hamda «Spersal» biologik birikmasini qo‘llab, g‘o‘zani «sho‘r yuvuvchi sug‘orish tartibi»ni tuproqning tuz rejimiga, g‘o‘zani o‘sishi, rivojlanishi, bir ko‘sakdagi paxta og‘irligi va hosildorligiga sug‘orish tartibining ta’siri bo‘yicha tadqiqotlar olib borildi.

Tadqiqotlar olib borilgan tajriba dalalari tuprog‘ining fizikaviy soz–loysimon tuproq zarrachalar yig‘indisi miqdoriga ko‘ra, N.A.Kachinskiy tavsifi bo‘yicha aniqlanganda o‘rta qumoq mexanik tarkibli tuproqlar turiga xosligi aniqlandi. Tajriba dalalari tuproqlarining agrokimyoviy ko‘rsatkichlari tahlillariga asosan tadqiqotlar davomida tajriba maydonidagi g‘o‘zani o‘g‘itlash me’yori gektariga azot N_{250}, fosfor P_{175} va kaliy K_{125} kg/ga me’yorda qo‘llanildi.

Tadqiqotlar olib borilgan kuchsiz sho‘rlangan tuproqlar sharoitida tuproqning (0–30 sm) haydov qatlamida vegetatsiya so‘ngida Spersal melioranti turli me’yorlarda qo‘llanilgan (4,0; 5,0; 6,0 kg/ga), sug‘orish oldi tuproq namlik defitsiti (20–30 foizga) oshirilgan variantlarda nazoratga nisbatan 0,01–0,03 g/sm^3 ga kam zichlanganligi aniqlandi. Tuproqning hisobiy (0–100 sm) qatlamida tuproqning xajmiy og‘irligi nazorat variantida vegetatsiya boshiga nisbatan 0,04 g/sm^3 ga ko‘p zichlanganligi aniqlangan bo‘lsa, Spersal melioranti 5,0 kg/ga me’yorda qo‘llanilgan, sug‘orish oldi tuproq namlik defitsiti 20 foizga oshirilgan variantda boshqa variantlarga nisbatan kam zichlanganligi (vegetatsiya boshiga nisbatan 0,01 g/sm^3) tadqiqotlarda namoyon bo‘ldi. Sho‘r yuvuvchi sug‘orish tartibi qo‘llanilgan variantda suv o‘tkazuvchanligi boshqa variantlarga nisbatan yaxshi holatda saqlanganligi, jami 6 soatda nazoratga nisbatan 50,4–66,0 m^3/ga yuqori bo‘lganligi tadqiqotlarda aniqlandi.

Izlanishlar olib borilgan tajriba dalalarida amal o‘suv davrida sug‘orish 1–3–1 tizimda, jami 5 marotaba sug‘orildi. Sho‘r yuvuvchi sug‘orish tartibini ishlab chiqish maqsadida Spersal melioranti turli me’yorlarda (4,0; 5,0; 6,0 kg/ga) qo‘llanilgan variantlarda 0–100 sm tuproq qatlamidagi namlik defitsiti 20–30 foizga oshirilgan holatda olib borildi. Tadqiqotlarda asosan xisobiy qatlamdagi yetishmaydigan namlikni qoplaydigan sug‘orish me’yorlarida sug‘orishlar o‘tkazilganligi munosabati bilan, tajriba dalasidagi sizot suvlarining satxi va mineralizatsiyasiga ular deyarli ta’sir ko‘rsatmadi. Tajriba dalasidagi sizot suvlarining satxi va mineralizatsiyasiga

asosan shu hududdagi maydonlarni sug‘orishlar va sug‘orish tarmoqlaridan filtratsiyaga bo‘layotgan yo‘qotishlar ta’sir ko‘rsatdi.

Buxoro vohasining o‘tloqi allyuvial, turli darajada sho‘rlangan, mexanik tarkibiga ko‘ra o‘rta qumoq tuproqlari sharoitida vegetasiya davrida «Spersal» biologik birikmasini qo‘llab, g‘o‘zani «sho‘r yuvuvchi sug‘orish tartibi» tadbiq qilinishi natijasida, tuproqda mavsumiy tuz to‘planishini kamayishiga, «Biosolvent» birikmasini qo‘llash orqali sho‘r yuvish uchun sarflanadigan suv resurslari 30–40 foizga kamayishiga, g‘o‘zaning o‘sishi va rivojlanishi uchun maqbul meliorativ rejimni ta’minlanishi hisobiga variantlar bo‘yicha g‘o‘zadan gektariga 4,0–9,8 sentner qo‘shimcha paxta hosili olinishiga erishildi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Global iqlim o‘zgarishi va suv taqchilligi sharoitida suv resurslarini samarali boshqarish maqsadida tuproq sho‘rini yuvishda innovatsion sho‘r yuvish texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida Buxoro viloyatining lazer uskunali yer tekislagichlar bilan tekislangan, turli (kuchsiz, o‘rta va kuchli) darajada sho‘rlangan tuproqlari sharoitida:

– vegetatsiya davrida Spersal melioranti 5,0 kg/ga me’yorda, 0-100 sm tuproq qatlamidagi namlik defitsitini 20 foizga oshirish orqali maqbul meliorativ rejimni ta’minlovchi ilmiy asoslangan g‘o‘zani “yuvuvchi” sug‘orish tartibi (промывной режим орошения);

– tuproq sho‘rini yuvishda Biosolvent meliorantini tuproq sho‘rlanish darajasini inobatga olgan holda kuchsiz sho‘rlangan dalada 1 ga maydonga 6,0 litr, o‘rtacha sho‘rlangan tajriba dalasida 8,0 litr va kuchli sho‘rlangan tadqiqot dalasida esa 12,0 litr me’yorda hamda turli xil suv sarflarida (V.R.Volobuyev formulasida aniqlangan me’yordan 30%, 40% kam me’yorda) sho‘r yuvish tartibi;

– sho‘ri yuvilayotgan ekin dalasidagi birlamchi zovur suvlarini boshqarish (1-taktda tuproqning to‘la nam sig‘imigacha bo‘lgan me’yorda; 2-taktda V.R.Volobuev formulasida aniqlangandan 40 foiz kam me’yorda suv bilan sho‘r yuvish) orqali suv tejamkor va sifatli sho‘r yuvish texnologiyalari ishlab chiqildi.

Buxoro vohasining o‘tloqi allyuvial, turli darajada sho‘rlangan, mexanik tarkibiga ko‘ra o‘rta qumoq tuproqlari sharoitida vegetasiya davrida «Spersal» biologik birikmasini qo‘llab, g‘o‘zani «sho‘r yuvuvchi sug‘orish tartibi» tadbiq qilinishi natijasida, tuproqda mavsumiy tuz to‘planishini kamayishiga, «Biosolvent» birikmasini qo‘llash orqali sho‘r yuvish uchun sarflanadigan suv resurslari 30–40 foizga kamayishiga, g‘o‘zaning o‘sishi va rivojlanishi uchun maqbul meliorativ rejimni ta’minlanishi hisobiga variantlar bo‘yicha g‘o‘zadan gektariga 4,0–9,8 sentner qo‘shimcha paxta hosili olinishiga erishildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 10 iyuldagi «O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020–2030 yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasi to‘g‘risida»gi PF-6024-son Farmoni.

2. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021 yil 8 aprelda qabul qilingan «Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning sho‘rini yuvish ishlarini tashkil etish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida»gi 190-son Qarori.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 6 iyuldagi «2022 — 2026 yillarda O‘zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo‘yicha tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida»gi PQ-307-son Qarori.

4. Khamidov, M., Khamraev, K. Water-saving irrigation technologies for cotton in the conditions of global climate change and lack of water resources. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 883(1), 012077.

5. Khamidov, M.K., Khamraev, K.S., Isabaev, K.T., Innovative soil leaching technology: A case study from Bukhara region of Uzbekistan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 422(1), 012118.

6. Khamidov, M., Khamraev, K., Azizov, S., Akhmedjanova, G. Water saving technology for leaching salinity of irrigated lands: A case study from Bukhara region of Uzbekistan. Journal of Critical Reviews, 2020, 7(1), Pp. 499–509.

7. Doniyorov T.O. Taqirsimon tuproqlar suv-tuz rejimiga kimyoviy meliorantning ta’siri va g‘o‘zani sug‘orish texnikasini takomillashtirish. // Qishloq xo‘jalik fanlari bo‘yicha falsafa doktori (Ph.D.) ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertasiya avtoreferati.–T.: PSUYAITI 2020., 1-18 bet. 18 bet.

ATMOSFERA HAVOSINI MUHOFAZA QILISHNING DOLZARB MUAMMOLARI VA AMALIY YECHIMLARI

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

CURRENT CHALLENGES AND PRACTICAL SOLUTIONS FOR THE PROTECTION OF ATMOSPHERIC AIR

OROLBO‘YI MINTAQASIDAGI METEOROLOGIK MA’LUMOTLARNI STATISTIK TAHLIL QILISH ORQALI HUDUDIY IQLIM O‘ZGARISHINI EKOLOGIK INDIKATORLAR INTEGRATSIYASI YORDAMIDA BAHOLASH

Rustamov G‘iyos Sadridinovich,
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti,
Ekologik ta’lim va targ‘ibot bo‘limi boshlig‘i, t.f.f.d.,
Samiyev Luqmon Naimovich,
“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” MTU dotsenti, t.f.d.,
Alimov Zikrilla Bobomuratovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti,
Atmosfera havosini muhofaza qilish laboratoriyasi mudiri t.f.d., k.i.x.

Annotatsiya. Atrof-muhitdagi turli ifloslantiruvchi jarayonlar va yog‘ingarchilik o‘rtasida barqaror salbiy bog‘liqlik kuzatiladi, xususan, yog‘ingarchilikning mavjudligi yoki avvalgi yillardagi yog‘in miqdorining ko‘pligi atmosferadagi dispers zarralarning shakllanishini kamaytirishi mumkin. Qum va chang bo‘ronlari chastotasi bilan havo harorati o‘rtasida ham salbiy korrelyatsiya qayd etilgan. Yog‘ingarchilik, harorat, namlik, shamol va siklon faolligi kabi iqlim omillari ifloslantiruvchi moddalarning tarqalish dinamikasi hamda ularning chastotasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Atmosferaviy ifloslanishni baholashda uzoq muddatli meteorologik kuzatuvlar muhim bo‘lib, ular atrof-muhit sharoitlarini kompleks tahlil qilish imkonini beradi. Shu bois, mazkur jarayonlarni o‘rganishda meteorologik ma’lumotlarning statistik qayta ishlash usullaridan foydalanish eng maqbul yondashuv hisoblanadi.

Ushbu maqolada atmosfera ifloslanishi va iqlim omillari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni ilmiy asosda yoritish, chang va qum bo‘ronlari kabi ekologik xavf omillarini tahlil qilish hamda uzoq muddatli meteorologik ma’lumotlardan foydalanish zarurligini asoslash to‘g‘risida ma’lumotlar taqdim etilgan.

Kalit so‘zlar Orolbo‘yi mintaqasining uzoq muddatli meteorologik ma’lumotlar bazasi, iqlimiy o‘zgarishlarni aniqlashda Mann–Kendall trend tahlili, chang va qum zarrachalari shakllanishiga iqlim omillarining ta’siri hamda olingan ko‘rsatkichlarning statistik tahlili.

Аннотация. Между различными загрязняющими процессами в окружающей среде и количеством атмосферных осадков наблюдается устойчивая отрицательная взаимосвязь. В частности, наличие осадков или их повышенный объем в предыдущие годы может снижать формирование дисперсных частиц в атмосфере. Также зафиксирована отрицательная корреляция между частотой пылевых и песчаных бурь и температурой воздуха.Климатические факторы, такие как количество осадков, температура, влажность, скорость ветра и циклональная активность, оказывают прямое влияние на динамику распространения загрязняющих веществ и частоту их возникновения. Долговременные метеорологические наблюдения имеют важное значение при оценке атмосферного загрязнения, поскольку позволяют проводить комплексный анализ состояния окружающей среды. В связи с этим применение статистических методов обработки метеорологических данных считается наиболее оптимальным подходом при исследовании указанных процессов.

Настоящая статья подготовлена с целью научно обоснованного раскрытия взаимосвязи между атмосферным загрязнением и климатическими факторами, анализа экологических рисков, таких как пылевые и песчаные бури, а также обоснования необходимости использования долговременных метеорологических данных.

Ключевые слова: Долговременная база метеорологических данных Приаралья, применение тренд-анализа Манна–Кендалла для выявления климатических изменений, оценка влияния климатических факторов на формирование пылевых и песчаных частиц, а также статистический анализ полученных показателей.

Annotation. A stable negative relationship is observed between various environmental pollution processes and precipitation. In particular, the presence of precipitation or higher precipitation levels in previous years can reduce the formation of dispersed particles in the atmosphere. A negative correlation has also been recorded between the frequency of sand and dust storms and air temperature. Climatic factors such as precipitation, temperature, humidity, wind speed, and cyclonic activity directly influence the dispersion dynamics of pollutants and the frequency of their occurrence. Long-term meteorological observations play a crucial role in assessing atmospheric pollution, as they enable a comprehensive analysis of environmental conditions. Therefore, the application of statistical methods for processing meteorological data is considered the most appropriate approach for studying these processes.

This article has been prepared to scientifically substantiate the relationship between atmospheric pollution and climatic factors, analyze environmental risk factors such as dust and sand storms, and justify the necessity of using long-term meteorological datasets.

Key words: Long-term meteorological data from the Aral Sea region, the use of the Mann–Kendall trend analysis to identify climatic changes, the influence of climatic factors on the formation of dust and sand particles, and the statistical analysis of the obtained indicator.

KIRISH

Uzoq muddatli tarixiy meteorologik kuzatuvlar bazasidan foydalanish biosferaning atmosfera qatlamida ifloslantiruvchi moddalar tarqalish dinamikasini chuqur tahlil etishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Kelajakdagi ekologik vaziyatni ishonchli prognozlash uchun ham ko‘p yillik ekologik va meteorologik ma’lumotlarning mavjudligi zarur hisoblanadi. Odatda, iqlim va atrof-muhit sharoitlarining uzoq yillar davomida shakllangan holatini tavsiflashda statistik va tarixiy ma’lumotlar majmualaridan foydalaniladi. Atmosferaning yerga yaqin qatlamida ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining belgilangan me’yorlarga muvofiqligini ta’minlash jarayoni meteorologik parametrlarni o‘z ichiga olgan matematik modellar asosida prognozlashni talab etadi. Bunday modellar ifloslantiruvchi moddalar dispersiyasi jarayonlarini yetarli darajada aks ettirishi, shuningdek, atmosferaning keyingi monitoringi uchun zarur bo‘lgan ilmiy asoslarni shakllantirishi lozim [1].

XX asrning 90-yillariga kelib, maydoni bo‘yicha Kaspiy dengizidan keyin turuvchi Yer yuzidagi to‘rtinchi yirik ko‘l hisoblangan Orol dengizining ekologik falokati butun dunyo hamjamiyatining e’tiborini tortdi. Dengiz havzasidagi suv resurslarining keskin kamayishi natijasida mintaqada keng ko‘lamli cho‘llanish jarayonlari tezlashdi va qurigan tub hududlarida yangi tabiiy-geografik shakllanma — Orolqum cho‘li vujudga keldi.So‘nggi o‘n yilliklar davomida Orolqum mintaqadagi chang, tuz, qum va turli ifloslantiruvchi aerozollar tarqalishining yangi “faol manbasi” sifatida shakllanib, hududning ekologik xavfsizligi, iqlimiy stabilligi va aholining salomatligiga bevosita ta’sir ko‘rsatmoqda [2].

Iqlim o‘zgarishi Yer yuzidagi hayotning deyarli barcha jabhalariga, jumladan, insoniyat jamiyatlari, iqtisodiyot va sog‘likka chuqur ta’sir ko‘rsatmoqda. So‘nggi yillarda iqlim o‘zgarishiga inson omillari bevosita ta’sir ko‘rsatmoqda [3]. Uzoq muddatli meteorologik kuzatuvlar, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari hamda masofadan zondlash texnologiyalari orqali olingan ko‘p yillik ma’lumotlar to‘plamidagi barcha asosiy xarakteristikalar aerozol optik chuqurligini aniqlashga tayanadi. Ushbu ma’lumotlar majmuasi atmosfera havosi sifatini baholash, chang hodisalari ta’siriga uchragan hududlarni aniqlash hamda ularning vaqt bo‘yicha

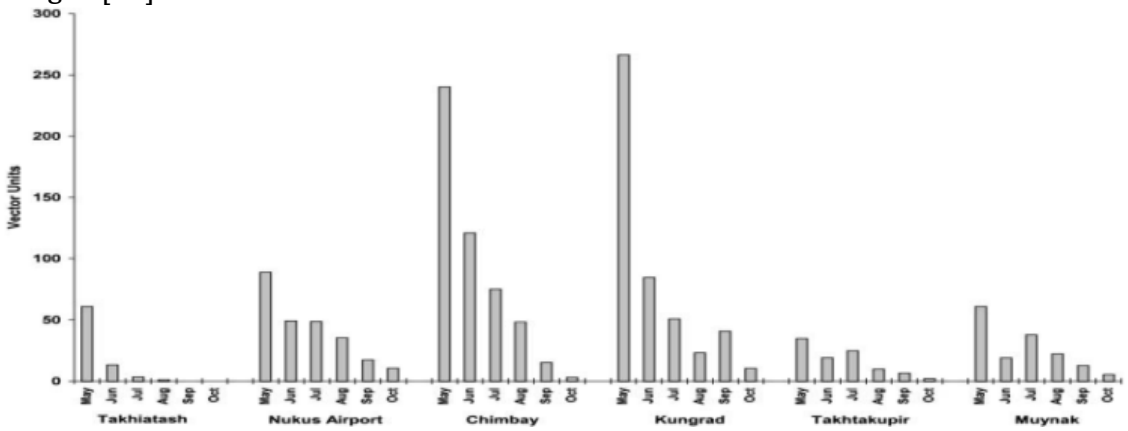
davomiyligini o‘lchashda yuqori darajada aniq va ishonchli natijalarni taqdim etmoqda [4]. Hududlarda chang va qum bo‘ronlarining shakllanishi, ularning fazoviy tarqalishi hamda atmosfera tarkibidagi ifloslantiruvchi zarralarning transporti asosan iqlim parametrlarining ta’siri bilan belgilanadi. Ushbu parametrlar xususan, shamol tezligi va yo‘nalishi, havoning namligi, harorat rejimi, yog‘ingarchilik miqdori hamda atmosfera ifloslanishi aerozol zarralarining ko‘tarilishi, tashilishi va cho‘kishini boshqaruvchi asosiy omillar sifatida namoyon bo‘ladi [5]. Atmosferada kuzatiladigan chang va qum bo‘ronlari tabiiy meteorologik jarayonlar hisoblanadi. Ushbu hodisalar global va mintaqaviy iqlim sharoitlari, geomorfologik omillar hamda yer qoplamidagi o‘zgarishlar bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, ularni to‘liq bartaraf etishning iloji yo‘q. Biroq ularning intensivligi va chastotasini kamaytirish ma’lum ekologik, landshaft-meliorativ va iqlimiy boshqaruv choralarini qo‘llash orqali qisman nazorat qilish imkonini beradi [6]. Atrof-muhitda tarqalayotgan chang va qum bo'ronlarini hosil bo‘lishida ekologiya, meterologik va atrof-muhit omillari muhim rol o'ynaydi. Statistik tahlillarga ko'ra, atrof-muhit parametrlari bir-biri bilan sezilarli darajada bog'langan bo'lib, tabiatda zararlovchi hodisalarining rivojlanishi hamda tarqalishiga olib keladi [5]. Chang va qum bo‘ronlarining shakllanishi issiqlik, yog‘ingarchilik, shamol hosil bo‘lish sharoitlari, bosim, havoning namligi va quyosh nurlanishi kabi turli iqlim elementlari bilan bevosita bog‘liq. Yuqorida sanab o‘tilgan sharoitlarning yuzaga kelishi natijasida hududlarda qurg‘oqchilik darajasi ortadi, bu esa haroratning o‘zgarishi, shamol tezligi va yo‘nalishining o‘zgarishiga olib keladi, natijada chang va qum bo‘ronlarining intensivligi oshadi. Shuningdek, global iqlim o‘zgarishi sharoitida chang va qum bo‘ronlarining yuzaga kelishi va tarqalish shart-sharoitlarining o‘zgarishi salbiy ta’sirlar doirasini kengaytiradi va boshqa kutilmagan oqibatlarga olib kelishi kuzatiladi [7].

Atrof-muhitda kuzatiladigan kuchli shamol jarayonlari cho‘l va tekisliklarga xos bo‘lgan qum hamda chang zarralarini katta masofalarga ko‘chirishi bilan ajralib turadi. Bunday aerozol oqimlari nafaqat atmosferaning fizik-kimyoviy tarkibiga ta’sir ko‘rsatadi, balki ekologik muvozanatning buzilishiga, havo sifati pasayishiga va zararli ekologik jarayonlarning kuchayishiga sabab bo‘ladi [5]. Shu bilan birga, bunday jarayonlar atmosfera va dengiz ekotizimlarining izdan chiqishiga olib kelib, global biokimyoviy tsikllar barqarorligiga sezilarli salbiy ta’sir ko‘rsatadi [8]. Ma’lumki, chang va qum bo‘ronlarining shakllanishi kuchli shamollar, meteorologik omillar, tuproqning ustki qatlamidagi eroziya jarayonlari, namlikning keskin kamayishi hamda beqaror atmosfera sharoitlari bilan chambarchas bog‘liq. Ushbu omillar ifloslantiruvchi zarrachalarning ko‘chishi va tarqalishi uchun asosiy harakatlantiruvchi kuch bo‘lib, shamol eroziyasi va mahalliy termodinamik sharoitlar bilan yanada kuchayadi [8]. O‘rta Osiyo hududidagi Shimoliy Xitoy va Janubiy Mo'g'ulistondagi qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlar chang va qumning asosiy manbalari hisoblanadi. Buning sababi yillik yog‘ingarchilik odatda bu hududlarda 400 mm dan kam, ba’zi joylarda esa 30 mm dan kam bo‘lishi mumkin [8].

Chang va qum bo‘ronlari intensivligi manba maydoni yoki ta’sir kuchidan qat’i nazar, ayrim hollarda muntazam ravishda takrorlanib turishi mumkin. Tadqiqot olib borilgan hududlarda o‘lchovlar shuni ko‘rsatadiki, yillik yog‘ingarchilik 200–250 mm dan kam bo‘lgan qurg‘oqchil mintaqalarda chang va qum bo‘ronlarining shakllanishi topografik pastliklarning mavjudligi bilan bevosita bog‘liq [9]. Orol dengizining qurishi XX asrning eng yirik va misli ko‘rilmagan ekologik fojialaridan biri sifatida e’tirof etiladi. So‘nggi qariyb 40 yil davomida 36 ming km² dan ortiq sobiq dengiz tubining ochilishi natijasida mintaqada mayda chang va qum zarralarining yirik potensial manbasi shakllandi [10]. Qoraqalpog‘iston hududida joylashgan oltita asosiy meteorologik kuzatuv stansiyasi Taxiatosh, Nukus aeroporti, Qo‘ng‘irot, Taxtako‘pir, Chimboy va Mo‘ynoq tadqiqotning asosiy empirik manbasi sifatida tanlanadi. Ushbu stansiyalar hududning meteorologik rejimini aks ettiruvchi ishonchli ma’lumotlar ba’zasini shakllantirib, atmosfera jarayonlarining fazoviy–vaqtinchalik dinamikasini o‘rganish imkonini beradi. Mazkur

stansiyalarda harorat, nisbiy namlik, yog‘ingarchilik miqdori, shamol tezligi va yo‘nalishi kabi meteorologik ko‘rsatkichlar 3 soatlik hamda 12 soatlik intervallarda muntazam ravishda qayd etib borilgan. Ushbu ma’lumotlar majmui iqlim parametrlarining o‘zgaruvchanligini statistik jihatdan tahlil qilish, chang va qum bo‘ronlarining shakllanishiga ta’sir etuvchi omillarni aniqlash hamda ularning chastotasini baholash uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Tadqiqot doirasida har bir stansiya uchun 2000 yilning may–oktyabr oylariga tegishli yog‘ingarchilik miqdori va o‘rtacha sutkalik haroratning statistik taqsimoti hisoblab chiqilgan. Olingan natijalar hududning mavsumiy iqlim xususiyatlarini tavsiflaydi va 1-rasmda grafik tarzda aks ettirilgan [11].



1-rasm O‘lchangan meteorologik parametrlar, 2000 yil may-oktyabr, jami oylik yog‘ingarchilik mm chiziqlar o‘rtacha oylik harorat (°C)

Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, barcha kuzatuv stansiyalari o‘rganilgan davr davomida o‘zaro yaqin meteorologik parametrlar dinamikasini namoyon etgan. Xususan, havo harorati iyul–avgust oylarida 28–29 °C atrofida maksimal qiymatlarga yetgan bo‘lib, oktyabr oyida esa 6–8 °C gacha pasayishi qayd etilgan. Yog‘ingarchilik bo‘yicha olingan statistik ma’lumotlar yoz mavsumida yog‘ish miqdori o‘rtacha darajada cheklanganligini va avvalgi kuzatuvlar bilan mos kelishini tasdiqlaydi. Keyingi o‘lchovlar natijalariga ko‘ra, ko‘pchilik stansiyalarda iyun oyida maksimal yog‘ingarchilik 5,9–10,5 mm diapazonida qayd etilgan. Kuz faslida esa bu ko‘rsatkich keskin oshib, oktyabr oyida o‘rtacha 27,0 mm ni tashkil etgan [12].

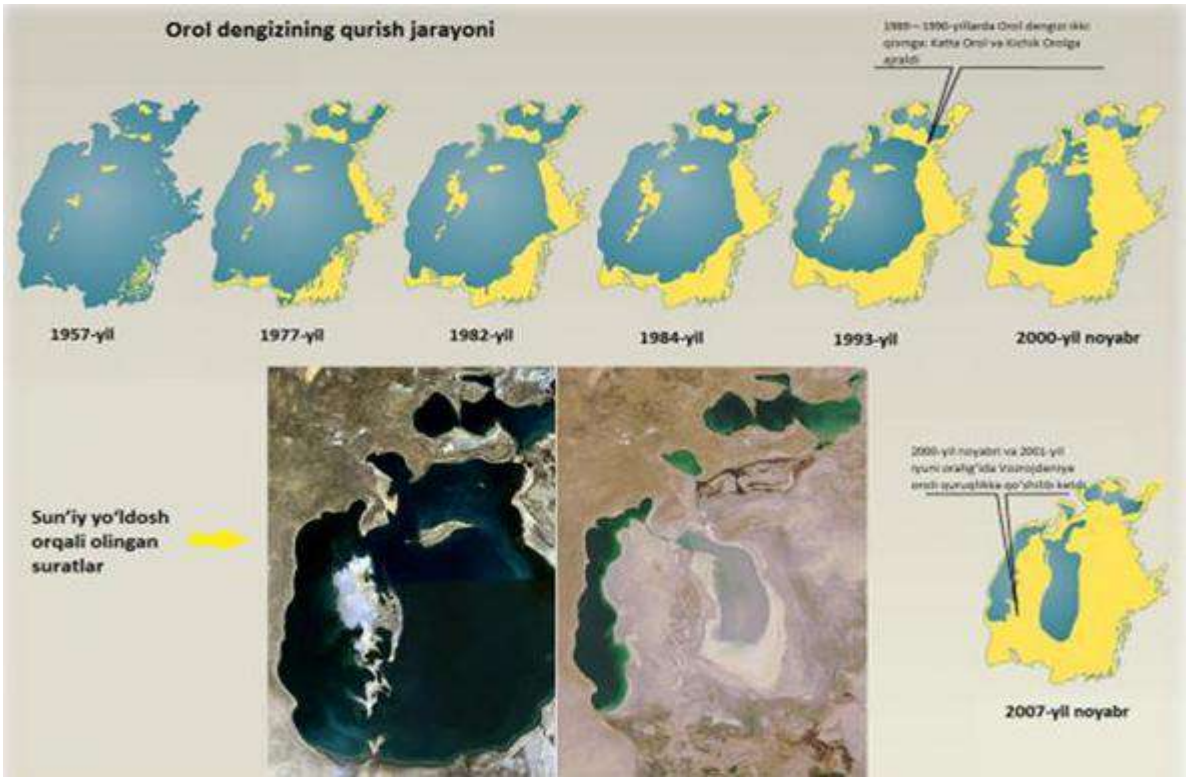
Ushbu holat kuzatilgan teskari munosabatning mohiyatini aniqlashtirish uchun qo‘shimcha ilmiy tekshiruvlarni talab etadi. Shu bilan birga, u atrof-muhit omillari va inson salomatligi o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirlarning murakkab va ko‘p omilli xarakterga ega ekanligini yaqqol ko‘rsatadi [13]. Yuqoridagi keltirilgan bir qancha ekologik omillar ta‘sir etishi orqali hududda sporalar, zamburug'lar, bakteriyalar, patogen viruslar, cho'kindi moddalar, og'ir metallar, shuningdek radioaktiv materiallar kabi turli xil ifloslantiruvchi moddalar atrof muhitga tarqalishi mumkin [13].

• Shu bois, mintaqadagi ekologik o‘zgarishlarning asosiy tendensiyalari va ularni yuzaga keltiruvchi omillarni aniqlash muhim ilmiy vazifa bo‘lib, bu jarayonlarning kompleks baholanishi yuqori amaliy ahamiyatga ega.

TADQIQOT OBYEKTI

1960-yillardan boshlab Orol dengizi suv sathining keskin pasayishi va sho‘rlanish darajasining tez sur’atlarda ortishi kuzatila boshlandi. Ushbu jarayon, avvalo, Amudaryo va Sirdaryoning quyi oqimlarida suv sarfining kamayishi hamda sug‘oriladigan yerlarning barqaror bo‘lmagan tarzda kengayishi natijasida yuzaga kelgan debit yetishmovchiligi bilan izohlanadi. Natijada Orolbo‘yi havzasida sho‘rlanish va cho‘llanish jarayonlari yil sayin jadallashdi. Turli

manbalarda ta’kidlanishicha, mintaqadagi suv resurslari tanqisligi mavjud ekologik inqirozning (2-rasm) yanada chuqurlashuviga sezilarli hissa qo‘shgan [1].



2-rasm. 1992 yildan 2023 yilgacha Orol dengizi suv sathining qisqarishi Source:http://earthdata.nasa.gov)

Orol dengizi tubida to‘plangan tuz va mineral cho‘kindilar natijasida deyarli hech qanday o‘simlik o‘sishi mumkin bo‘lmagan qalin sho‘rxok qatlamlar shakllandi. Asosiy va irmoqli daryo yo‘nalishlari bo‘ylab joylashgan noyob to‘qay o‘rmonlari maydoni esa keskin qisqardi. 1990-yillardan boshlab global ilmiy hamjamiyat Orolbo‘yi mintaqasidagi ekologik inqiroz miqyosidan xabardor bo‘lib, ushbu hududga oid ko‘plab ilmiy tadqiqotlar va monitoring ishlari faol ravishda yo‘lga qo‘yildi. Orol dengizining qurigan havzasida atmosferaning o‘ziga xos xususiyatlari quruq kontinental iqlim sharoiti va keng tekislik landshaftlari chang va qum bo‘ronlarining shakllanishini kuchaytiradi. Hudud asosan qumli, qumli-jipsli, loess-gilli va to‘g‘ridan-to‘g‘ri cho‘l qatlamlari bilan qoplangan [1].

METEODOLOGIYA OLINGAN MA’LUMOTLARNI STATISTIK TAHLILI

Tadqiqot metodologiyasining birinchi bosqichi sifatida iqlim omillari ma’lumotlarini oldindan qayta ishlash va atmosfera qobig‘idan olingan kuzatuv ma’lumotlarini korrelyatsiya qilish amalga oshirildi, bu esa xaritalashning aniqligi va sifatini sezilarli darajada oshiradi. Orolbo‘yi hududidagi asosiy stansiyalar Nukus, Qo‘ng‘irot, Chimboy va Mo‘ynoq — bo‘yicha havo harorati, yog‘ingarchilik, namlik va shamol tezligi kabi meteorologik ko‘rsatkichlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasi tahlil qilindi [1]. Ushbu tahlil doirasida Mann–Kendall trend testi qo‘llanildi. Mann–Kendall testi parametrik bo‘lmagan statistik usul bo‘lib, vaqt davomida kuzatilgan ma’lumotlar qatoridagi tendentsiyalarni aniqlash imkonini beradi. U nafaqat monoton tendentsiyalarni aniqlashga qodir, balki sezilarli o‘zgarishlar mavjud yoki yo‘qligini ham ko‘rsatadi. Ushbu xususiyatlar tufayli Mann–Kendall testi turli taqsimotga ega ma’lumotlar to‘plamlarida samarali qo‘llaniladi [15].

Shunday qilib, Mann–Kendall statistikasi barcha ma’lumotlar qiymatlari orasidagi juftliklar yig‘indisi sifatida ifodalanadi va test statistikasi S quyidagicha hisoblanadi:

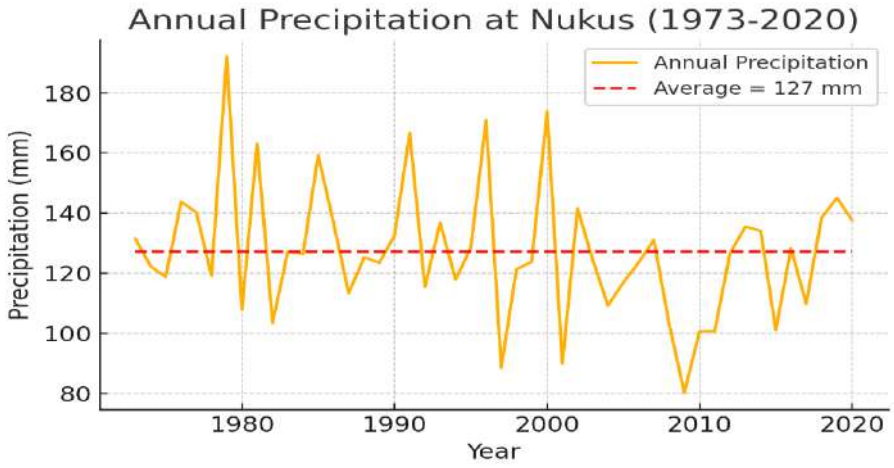
$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(X_i - X_i)$$

Mavsumiy Mann-Kendall testi *S*-mavsum uchun Mann-Kendall statistikasi quyidagicha hisoblanadi:

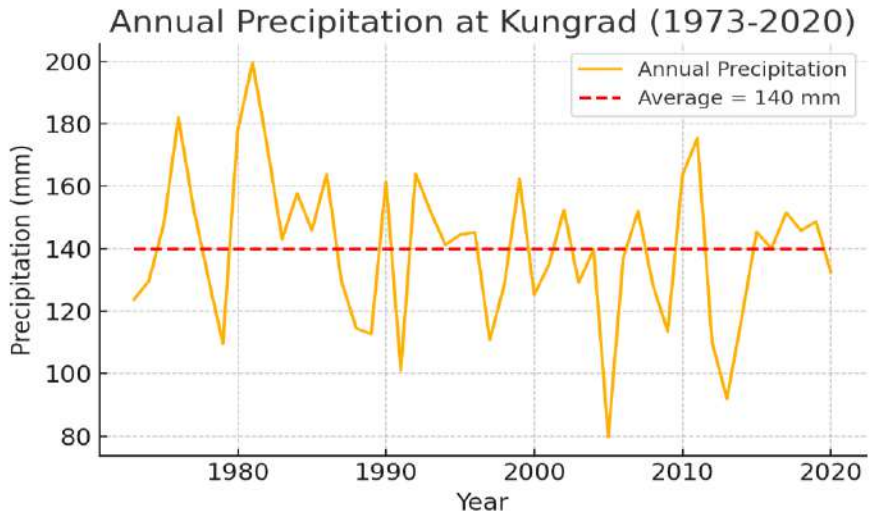
$$S_g = \sum_{i-1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(X_{jg} - X_{ig}), \quad g = 1,2,\dots,m$$

Mann–Kendall testi natijalari tadqiqotchilarga uzoq muddatli iqlim va meteorologik tendentsiyalarni aniqlash hamda ularni baholashda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi. Ushbu usul o‘zgarishlarni oldindan aniqlash, ularga qarshi chora-tadbirlar ishlab chiqish va kelajakdagi iqlim sharoitlarini prognoz qilishda samarali qo‘llaniladi [14]. Parametrik bo‘lmagan Mann–Kendall testi qiziqish o‘zgaruvchisining vaqt davomida o‘sishi yoki kamayishini aniqlash uchun monotonik tendentsiyaning mavjudligini statistik baholashda qo‘llaniladi. Ushbu test odatda atrof-muhit ma’lumotlari (2.4 rasm), iqlim ko‘rsatkichlari yoki gidrologik ma’lumotlar qatorida monotonik tendentsiyalarni aniqlash maqsadida ishlatiladi. Mann–Kendall testi turli tadqiqotlarda ma’lumotlar qatoridagi tendensiyalarning faolligini baholash vositasi sifatida keng qo‘llaniladi.

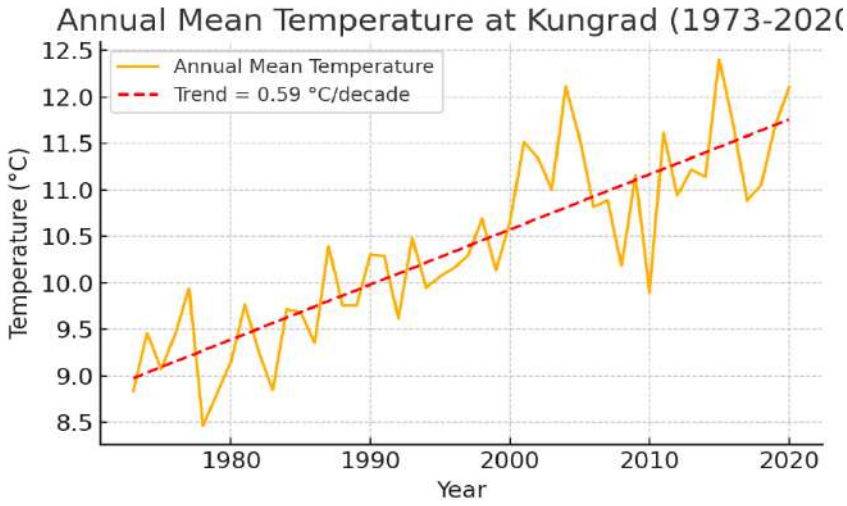
(2.11)



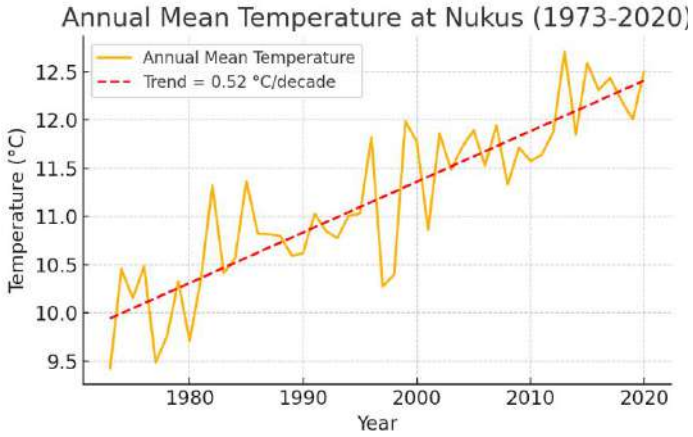
3-rasm. Nukus meteorologik stansiyasida kuzatilgan ko‘p yillik o‘rtacha yog‘ingarchilik qiymatlari



4-rasm. Qo‘ng‘irot meteorologik stansiyasida kuzatilgan ko‘p yillik o‘rtacha yog‘ingarchilik qiymatlari



5-rasm. Qo‘ng‘irot meteorologik stansiyasida kuzatilgan ko‘p yillik o‘rtacha havo harorati qiymatlari



6-rasm. Nukus **meteorologik stansiyasida kuzatilgan ko‘p yillik o‘rtacha havo harorati qiymatlari**

Nukus stansiyasida olib borilgan tahlil natijalari ko‘p oylar davomida sezilarli trendlarning mavjud emasligini ko‘rsatdi, bu esa yog‘ingarchilikning yillar davomida nisbatan barqaror bo‘lganligini bildiradi. Biroq, ayrim oylarda zaif ijobiy yoki salbiy tendentsiyalar kuzatilgan bo‘lsa-da, ular statistik jihatdan ahamiyatli emas. Ushbu natijalar mahalliy iqlim sharoitlari va yog‘ingarchilik tendentsiyalarini yanada chuqurroq o‘rganish zarurligini ta’kidlaydi. Shuningdek, yog‘ingarchilikdagi o‘zgarishlar qishloq xo‘jaligi, suv resurslari va boshqa ekologik-iqtisodiy sohalarga bevosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli, bu o‘zgarishlarga moslashish va ularga qarshi chora-tadbirlarni ishlab chiqish muhimdir [14].

Qo‘ng‘irot stansiyasida olib borilgan tahlil natijalari ko‘p oylar davomida sezilarli trendlarning mavjud emasligini ko‘rsatdi, bu esa yog‘ingarchilikning yillar davomida nisbatan barqaror bo‘lganligini bildiradi. Fevral oyida kuzatilgan mo‘tadil ijobiy trend esa statistik jihatdan sezilarli bo‘lishga yaqin qiymatga ega. Boshqa oylar uchun zaif ijobiy yoki salbiy tendentsiyalar aniqlangan bo‘lsa-da, ular statistik jihatdan ahamiyatli emas.

Ushbu natijalar mahalliy iqlim sharoitlari va yog‘ingarchilik tendentsiyalarini yanada chuqurroq o‘rganish zarurligini ko‘rsatadi. Yog‘ingarchilikdagi o‘zgarishlar qishloq xo‘jaligi, suv resurslari va boshqa iqtisodiy-ekologik sohalarga bevosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli, ushbu o‘zgarishlarga moslashish va ularga qarshi chora-tadbirlarni ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, tahlil natijalari ko‘plab oylik o‘rtacha haroratlarda sezilarli trendlarning mavjudligini tasdiqladi.

Ushbu natijalar Qo‘ng‘irot va Nukus stansiyalarida bahor va yoz oylarida umumiy isish tendentsiyasining mavjudligini ko‘rsatadi, bu esa global va mintaqaviy iqlim o‘zgarishlari bilan mos keladi. Qish oylarida noyabrdan yanvargacha sezilarli trendlarning yo‘qligi esa qishki haroratlarning yuqori o‘zgaruvchanligi yoki ushbu davrda ta’sir ko‘rsatadigan boshqa iqlim omillari bilan izohlanishi mumkin. Bahor va yoz oylarida kuzatilgan sezilarli ijobiy trendlar mahalliy qishloq xo‘jaligi, suv resurslari va ekotizim dinamikasiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Haroratning oshishi ekinlar hosildorligi, suv resurslari mavjudligi hamda o‘simlik va hayvonot turlarining tarqalishiga ta’sir qiladi. Shuningdek, kuzatilgan isish tendentsiyasi issiq to‘lqinlarining chastotasi va intensivligini oshirishi mumkin, bu esa inson salomatligi va infratuzilmaga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Xulosa qilib aytganda, Mann–Kendall trend tahlili Qo‘ng‘irot va Nukus stansiyalarida bahor va yoz oylarida oylik o‘rtacha haroratlarda sezilarli ijobiy isish tendentsiyalarini aniqladi. Ushbu natijalar mintaqada global va mintaqaviy iqlim o‘zgarishlarining ta’siri bilan bog‘liq mavsumiy va hududiy farqliliklarni aniqlash imkonini beradi hamda iqlim monitoringi va ekologik tadqiqotlar uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Kelgusidagi tadqiqotlar ushbu tendentsiyalarning mexanizmlarini aniqlashga qaratilishi lozim, jumladan, atmosfera havosi tarkibining o‘zgarishi, yer foydalanishdagi transformatsiyalar, antropogen faoliyatning intensivligi va boshqa iqlim parametrlarining o‘zaro ta’siri. Shu bilan birga, kuzatilgan harorat oshishining qishloq xo‘jaligi, suv resurslari, biologik xilma-xillik, ekotizim dinamikasi va mahalliy jamiyatlarning hayotiy faoliyatiga ta’sirini tizimli baholash dolzarb ilmiy vazifa hisoblanadi.Ushbu natijalar mintaqada barqaror rivojlanish, iqlim o‘zgarishlariga moslashish strategiyalari va ekologik xavflarni oldini olish bo‘yicha samarali ilmiy-amaliy chora-tadbirlarni ishlab chiqish uchun asosiy ilmiy baza sifatida xizmat qiladi. Shu bilan birga, uzoq muddatli kuzatuvlar va yuqori aniqlikdagi iqlim ma’lumotlarining integratsiyasi mintaqaning iqlim xavfsizligini ta’minlash va ekologik barqarorlikni mustahkamlashda muhim rol o‘ynaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Samiyev L., Rustamov G., Nosirov N. (2025). *Determining land surface climate change using long historical meteorological data in Aral Bay region*. The 3rd International Symposium on Civil, Environmental, and Infrastructure Engineering (ISCEIE) 2024, AR Fakhruddin B Building, p. 040038.
2. Indoitu R., Kozhoridze G., Batyrbaeva M., Vitkovskaya I., Orlovsky N., Blumberg D., Orlovsky L. (2015). *Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea*. Aeolian Research, 17, 101–115.
3. Xamrayeva K., Samiyev L., Rustamov G., Maksudov X. (2025). *“O‘zbekistonning uglerod izini baholash” ning hozirgi holati va amaliy yechimlar*. AKHV, 112, 268–271.
4. Huang X., Oberhänsli H., von Suchodoletz H., Sorrel P. (2011). *Dust deposition in the Aral Sea: implications for changes in atmospheric circulation in Central Asia during the past 2000 years*. Quaternary Science Reviews, 30, 3661–3674.
5. Ghalib W. A. M., Mansoor A. M., Ponnappa S. C. (2021). *Environmental factors that influence the geography of Yemen leading to dust and sand storms: A case study*. Journal of Environmental Geography, 14, 24–37.
6. Middleton N. J. (1986). *A geography of dust storms in South-West Asia*. Journal of Climatology, 6, 183–196.
7. Research Institute of Environment and Nature Conservation Technologies; Rustamov G. (2024). *Model of spatial distribution of dust and sand emission*. AJAST, 4, 46–55.
8. Xiao F., Zhou C., Liao Y. (2008). *Dust storms evolution in Taklimakan Desert and its correlation with climatic parameters*. Journal of Geographical Sciences, 18, 415–424.
9. Alfaro S. C., Gaudichet A., Gomes L., Maillé M. (1997). *Modeling the size distribution of a soil aerosol produced by sandblasting*. Journal of Geophysical Research, 102, 11239–11249.
10. Prospero J. M. (1999). *Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality*. Journal of Geophysical Research, 104, 15917–15927.
11. Wiggs G. F. S., O’Hara S. L., Wegerdt J., Van der Meer J., Small I., Hubbard R. (2003). *The dynamics and characteristics of aeolian dust in dryland Central Asia: possible impacts on human exposure and respiratory health in the Aral Sea basin*. Geographical Journal, 169, 142–157.
12. Avecilla F., Panebianco J. E., Buschiazzo D. E. (2016). *A wind-tunnel study on saltation and PM10 emission from agricultural soils*. Aeolian Research, 22, 73–83.
13. O’Hara S. L., Wiggs G. F., Mamedov B., Davidson G., Hubbard R. B. (2000). *Exposure to airborne dust contaminated with pesticide in the Aral Sea region*. The Lancet, 355, 627–628.
14. Rustamov G'. S. (2024). *Orolbo‘yi mintaqasida qum-chang bo‘ronlarining shakllanishi va tarqalishini modellashtirish*. PhD dissertatsiya, 88–91-betlar.

LONG–TERM TEMPERATURE FORECASTING BASED ON MULTIRESOLUTION ANALYSIS (MRA) AND NEURAL NETWORK MODELING

Arushanov Mikhail Lvovich
Head of the NIGMI Environmental Monitoring Laboratory,
Doctor of Geographical Sciences, Professor.
Umerov Khikmet Usnievich
Senior researcher in the NIGMI Weather Forecasting Department,
Candidate of technical sciences.

Abstract. *The problem of diagnosing and forecasting the ecological state of the environment and the problem of long-term weather and climate forecasting are closely interrelated, like two sides of the same coin: extreme changes in the climate system significantly complicate its forecasting, and forecast inaccuracies, in turn, hinder the effective management of environmental crises.*

This paper examines time series analysis using tools based on the maximal overlap discrete wavelet transform (MODWT) applied to datasets of reconstructed temperatures in Yamal (approximately 8,000 years) and Greenland (20,000 years). The wavelet transform provides a decomposition of the variances and covariances of time series data, effectively describing broadband processes such as atmospheric turbulence.

The average July temperature in the respective regions was used from the reconstructed dataset. A hybrid approach was used to generate 20-year forecasts based on the reconstructed Yamal time series: multiresolution wavelet analysis, neural network forecasting, and component-based reconstruction.

The obtained estimates of the accuracy of the temperature forecast with a climatic lead time (20 years) allow us to conclude that the model is working correctly and is used in climate dynamics studies.

Key words: *environmental issues, reconstructed air temperature, forecasting models, multiresolution wavelet analysis, nonlinear autoregressive neural networks, hybrid models, root mean square error, relative error.*

Аннотация. *Проблема диагноза и прогноза экологического состояния окружающей среды и проблема долгосрочного прогноза погоды и динамики климата тесно взаимосвязаны, как две стороны одной медали: экстремальные изменения климатической системы в значительной степени усложняют её прогнозирование, а неточность прогнозов, в свою очередь, мешает эффективно бороться с экологическими кризисами.*

Рассматривается анализ временных рядов с помощью инструментов, основанных на дискретном вейвлет-преобразовании с максимальным перекрытием (MODWT- maximal overlap discrete wavelet transform), применённых к наборам данных реконструированных температур на Ямале (около 8000 лет) и в Гренландии (20000 лет). Вейвлет-преобразование обеспечивает разложение дисперсий и ковариаций данных временных рядов, эффективно описывающее широкополосный процесс, например, такой как атмосферная турбулентность.

Из набора реконструированных данных использовалась среднеиюльская температура в соответствующих регионах. Для прогнозирования на 20 лет по реконструированному временному ряду данных Ямала применён гибридный подход: мультиразрешительный вейвлет-анализ – нейросетевое прогнозирование – реконструкция по компонентам.

Подученные оценки оправдываемости прогноза температуры с климатической заблаговременностью (20 лет) позволяют сделать вывод о корректности работы модели и её использования в исследованиях динамики климата.

Ключевые слова: *экологические проблемы, реконструированная температура воздуха, модели прогнозирования, мультиразрешительный вейвлет-анализ, нелинейные авторегрессионные нейронные сети, гибридные модели, среднеквадратичная ошибка, относительная ошибка.*

Аннотация*. Atrof-muhitni diagnostika qilish va bashorat qilish muammolari hamda uzoq muddatli ob-havo va iqlimni bashorat qilish bir tanganing ikki tomoni kabi chambarchas bog'liq: iqlim tizimidagi keskin o'zgarishlar uning bashoratini sezilarli darajada murakkablashtiradi, prognozlarning noaniqligi esa o'z navbatida ekologik inqirozlarni samarali boshqarishga to'sqinlik qiladi.*

Ushbu maqolada Yamal (taxminan 8000 yil) va Grenlandiyada (20 000 yil) qayta tiklangan haroratlar ma'lumotlar to'plamlariga qo'llaniladigan maksimal ustma-ust tushish diskret to'lqin o'zgarishiga (MODWT) asoslangan vositalar yordamida vaqt qatorlari tahlili ko'rib chiqiladi. To'lqin o'zgarishi vaqt qatorlari ma'lumotlarining dispersiyalari va kovarianslarini parchalashni ta'minlaydi, atmosfera turbulentligi kabi keng polosali jarayonlarni samarali tavsiflaydi.

Qayta tiklangan ma'lumotlar to'plamidan tegishli mintaqalardagi o'rtacha iyul harorati ishlatilgan. Qayta tiklangan Yamal vaqt qatorlari ma'lumotlariga asoslangan 20 yillik prognozlarni yaratish uchun gibrid yondashuv qo'llanildi: ko'p o'lchamli to'lqin tahlili, neyron tarmoqlarini bashorat qilish va komponentlarga asoslangan qayta tiklash.

Iqlimga bog'liq vaqt (20 yil) bilan harorat prognozining aniqligi bo'yicha olingan baholar bizga model to'g'ri ishlayotgani va iqlim dinamikasini o'rganishda qo'llanilgani haqida xulosa chiqarish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: *atrof-muhit muammolari, qayta tiklangan havo harorati, prognozlash modellari, ko'p o'lchamli to'lqin tahlili, chiziqli bo'lmagan avtoregressiv neyron tarmoqlari, gibrid modellar, o'rtacha kvadrat xato, nisbiy xato.*

INTRODUCTION

Planning the development of a country's economy and its economic activity directly depends on an accurate assessment of the future ecological state of the environment. This assessment is based on scientific qualitative and quantitative methods and environmental standards, including abiotic, biotic, and anthropogenic factors impacting natural resources and ecosystems. Taking these factors into account provides the foundation for developing a sustainable economic strategy, future environmental risks, and needs.

One of the decisive factors in accurately assessing the future state of the environment is the results of long-term weather forecasts and the dynamics of the climate system as a whole—the abiotic factor. Here, the problem of long-term weather and climate forecasting comes to the fore. In the mid-20th century, S.I. Vavilov, President of the USSR Academy of Sciences (1945-1951), identified "three of the most difficult and pressing scientific problems" facing humanity, one of which is accurate weather forecasting. In the 21st century, the problem of short-term weather forecasting has been virtually solved. As for long-term weather and climate forecasting, the problem posed by S. I. Vavilov remains unresolved.

The problem of long-term forecasting of changes in the state of the climate system and its components, which includes a multitude of internal and external factors [1], represents one of the main unresolved challenges in meteorology today, and, according to S. I. Vavilov, in humanity as well.

This article attempts to take a step forward in solving the above problem, based on a hybrid approach that includes multi-resolution analysis (MRA) [2] and neural network modeling [3].

The essence of the MRA method is based on the decomposition of the original signal into physically significant components expressing the properties of the original signal at different averaging levels or scales (low-frequency, high-frequency), which allows for the simultaneous study of both the general trend of variability of the original signal and its fluctuations.

Neural network modeling, based on the ability of automatic systems to select the optimal solution, in which not the solution process is formalized, but the process of searching for it under conditions of uncertainty and limited information resources, is widely used in weather forecast models [5–13].

In this article, the hybrid method used to construct a forecast model, combining MRA and neural network forecasting, consists of a series of procedures, including:

- wavelet transform of the original time series, allowing its decomposition into a set of scaling functions and the identification of patterns in their dynamics;
- forecasting with a specified lead time in a neural network environment of physically significant decomposition components.
- inverse wavelet transform – reconstruction of the forecast series from the forecast decomposition components.

DATA USED

This paper utilizes paleoclimatic reconstructions of point climate events based on tree-ring data on the width and density of tree rings [14], representing the average July temperature on the Yamal Peninsula over the past 7,000 years (Fig. 1a). Another dataset represents a paleoclimatic reconstruction of mean July air temperature in central Greenland [15], based on ice core data using the $^{18}O/^{16}O$ oxygen isotope ratio and air bubbles over a period of more than 22,000 years (Fig. 1b).

Figure 1 shows that the use of different calibration options (different time series resolutions) for the reconstructed temperature values is the cause of discrepancies in the study results. To bring the data to a homogeneous series, given that the Greenland data resolution is 20 years, the Yamal data were brought to the same resolution using a 20-year sliding averaging window. It should be noted that in Figure 1b, "0" on the time scale corresponds to 1950 [16].

RESEARCH METHODOLOGY

In the second half of the 20th century, meteorological studies of time series dynamics widely used the method of expanding the original time function (meteorological time series) into a system of eigenvectors (SEV) [17], i.e., into a basis in which the mathematical description of the system or operator becomes as simple and physically understandable as possible.

In the 1980, J. F. Zeljka and Y. Daubechies developed wavelet transform theory [18], which, unlike the SWS decomposition and the Fourier transform (a special case of the SWS), allows for the analysis of decomposition components simultaneously in the time-frequency domain, using either a continuous (cwt) or discrete (dwt) wavelet transform [2].

In this paper, multiresolution analysis (MRA) is applied to time series. This method projects components in the time-frequency domain of the discrete wavelet transform to identify oscillatory components in a time series, its trend component [19, 20].

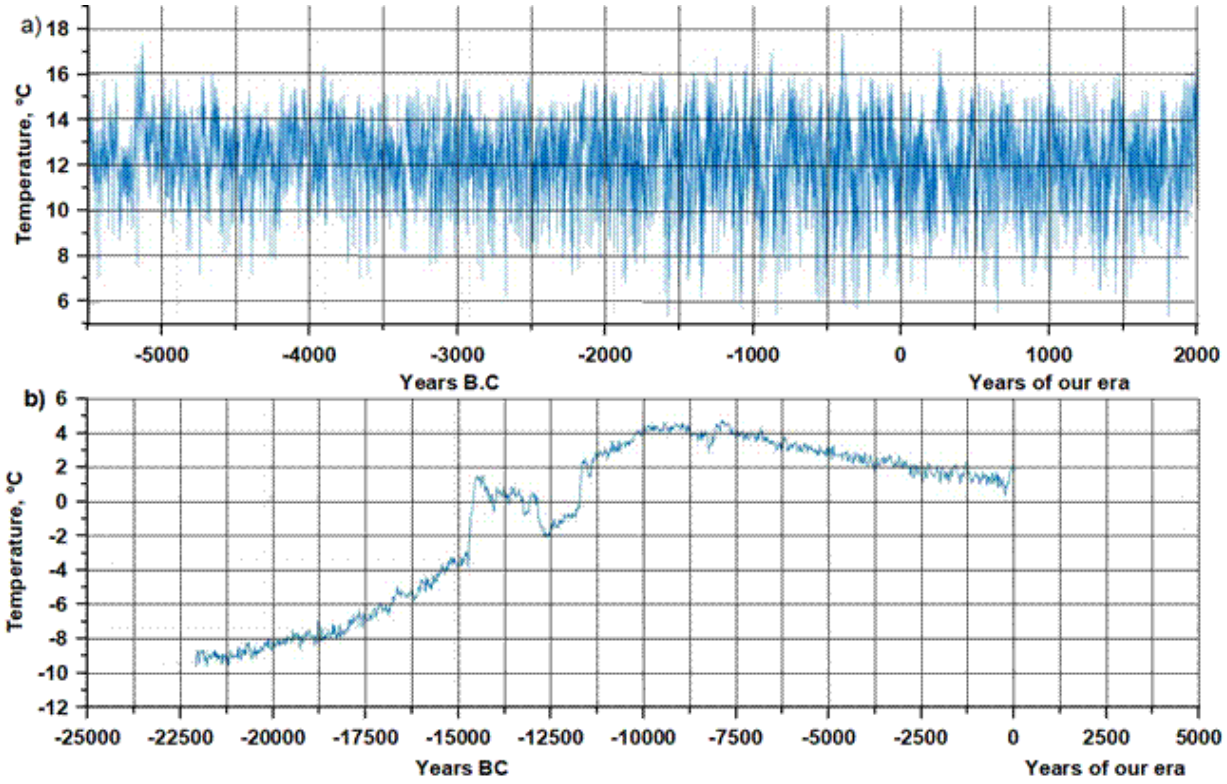


Fig. 1: Time course (5618 BC – 2019) of reconstructed mean July temperatures in Yamal (a) and central Greenland (b) (22326 BC – 2019)

Multiresolution analysis refers to the decomposition of a signal into components that exactly reproduce the original signal when summed. The components decompose the variability of the data into physically meaningful and interpretable parts. Multiresolution analysis achieves this by avoiding the need for time-frequency analysis, allowing you to work directly in the time domain. Changes localized to specific scales or frequency bands often indicate significant changes in the time series under study. These changes are typically easier to visualize in MRA components than in the original, unprocessed data.

Extracting multiresolution signal components boils down to decomposing the data variations across different time scales (in different frequency ranges). Consequently, it is possible to visualize signal variability across different scales or frequency bands simultaneously.

Discrete wavelet analysis is performed at multiple resolutions. This analysis is used to filter out noise and separate fields during data processing [21]. Typically,

a signal analyzed using the wavelet transform consists of two discrete components: a low-frequency component and a high-frequency component. In many studies, for example [22,23], the high-frequency component is largely due to noise or unwanted external environmental factors. As a result of the discrete wavelet transform, the original signal is decomposed into approximation and detailed components, represented by the following relation

$$x(t) = \sum_n c_{j,n}\Phi_{j,n}(t) + \sum_{j=J}^{\infty} d_{j,n}\Psi_{j,n}(t) \quad (1)$$

where $\Psi(t)$ is the scaling function, and is the detail function. The wavelet coefficients $d_{j,n}$ and the scaling factors $c_{j,n}$ are determined by the formulas:

$$d_{j,n} = 2^{-j/2} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\psi_{j,n}(2^{-j}t - n)dt, \quad (2)$$

$$c_{j,n} = 2^{-j/2} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\phi_{j,n}(2^{-j}t - n)dt. \quad (3)$$

Equations (2) and (3) express the above-mentioned decomposition of the original signal x(t) into components $\{d_{j,n}\}$ and approximations $\{c_{j,n}\}$ for the purpose of performing simultaneous signal analysis at multiple resolutions [24].

An important property of wavelets is the recursive relationship between the scaling $\{c_{j,n}\}$ and the wavelet coefficients $\{d_{j,n}\}$ at successive resolution levels. That is, when discretizing the equations, we have [18]:

$$c_{j,n} = \sum_k g_k c_{j-1,2n-k}, \quad (4)$$

$$d_{j,n} = \sum_k h_k c_{j-1,2n-k}, \quad (5)$$

where g_k is a low-pass filter (scaling filter), h_k is a high-pass filter (wavelet filter), and k is the discrete level of the wavelet transform. Note that the sequences $\{c_{j,n}\}$ and $\{d_{j,n}\}$ are generated by down sampling by a factor of two compared to the output of the corresponding filters.

Equations (4) and (5) denote the approximation and refinement coefficients at resolution level j, obtained from the coefficients at the previous resolution level j−1. In the opposite direction, the approximation coefficients at resolution level j−1 are calculated from the scaling and wavelet coefficients at a coarser resolution level j according to the expression

$$c_{j-1,n} = \sum_k g_k c_{j,2n-k} + \sum_k h_k d_{j,2n-k} \quad (6)$$

For the case where the data is acquired over a sufficiently long period of time, the discrete wavelet transform method can be quite effective, since signal noise will increase with a sufficiently long signal measurement time [25]. We used the maximum overlap discrete wavelet transform (MODWT) [18].

The MODWT is constructed by resizing the filters according to the filter values for the specified low- and high-frequency regions from equations (4) and (5) up $\tilde{g}_k = g_k/\sqrt{2}$ to and $\tilde{h}_k = h_k/\sqrt{2}$. Then the values of the MODWT wavelet filter satisfy the following properties [19]:

$$\sum_{k=0}^{K-1} \tilde{h}_k = 0, \quad \sum_{k=0}^{K-1} \tilde{h}_k^2 = \frac{1}{2}, \quad \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \tilde{h}_k \tilde{h}_{k+2r} = 0, \quad (7)$$

where r is a nonzero integer, and K denotes the length of the wavelet filter. The scaling filter $\{g_k\}$ must satisfy a similar requirement, i.e.

$$\sum_{k=0}^{K-1} \tilde{g}_k = 1 \quad (8)$$

For a time series, the MODWT algorithm generates wavelet refinement coefficients and approximation (scaling) coefficients from, where (M) denotes MODWT. Then, with non-zero coefficients divided by, the convolutions can be written as follows [19]:

$$c_{j,n}^{(M)} = \sum_{k=0}^{K-1} \widetilde{g_k} c_{j-1,(n-2^{j-1}k)\ mod\ N}^{(M)}$$
$$d_{j,n}^{(M)} = \sum_{k=0}^{K-1} \widetilde{h_k} c_{j-1,(n-2^{j-1}k)\ mod\ N,}^{(M)} \quad (9)$$
$$d_{j,n}^{(M)} = \sum_{k=0}^{K-1} \tilde{h}_{j,k} x_{n-k\ mod\ N,}$$

where n = 0, 1,..., $N - 1$; N is the length of the analyzed time series. Equations (8-9) can also be formulated as cyclic filtering operations of the original time series $\{x_n\}$ using filters $\left\{h_{j,k} = h_{j,k} / 2^{j/2}\right\}$ and $\left\{\tilde{g}_{j,k} = g_{j,k}/2^{j/2}\right\}$, namely:

$$c_{j,n}^{(M)} = \sum_{k=0}^{K-1} \tilde{g}_{j,k} x_{n-k\ mod\ N,}$$

K is the filter length at resolution level j. The MODWT wavelet coefficients $\{d_{j,n}\}$ at resolution level are related to the same nominal bandwidth given by. The original signal can be reconstructed from d_j and c_j using the inverse pyramid algorithm [19]:

$$x_n = c_{j-1,n} = \sum_{k=0}^{K-1} \tilde{h}_k\, d_{j,n+2^{j-1}\ mod\ N} + \sum_{k=0}^{K-1} \tilde{g}_k\, c_{j,n+2^{j-1}\ mod\ N}, \quad (10)$$

where $n=0,1,..,\ N-1$.

Figure 2 shows the wavelet decomposition scheme of the signal using the MODWT algorithm [23]. The wavelet coefficients and scaling factors are calculated by cascaded convolutions with a filter $\left\{\tilde{h}_{j,l}, \tilde{g}_{j,l}\right\}$.

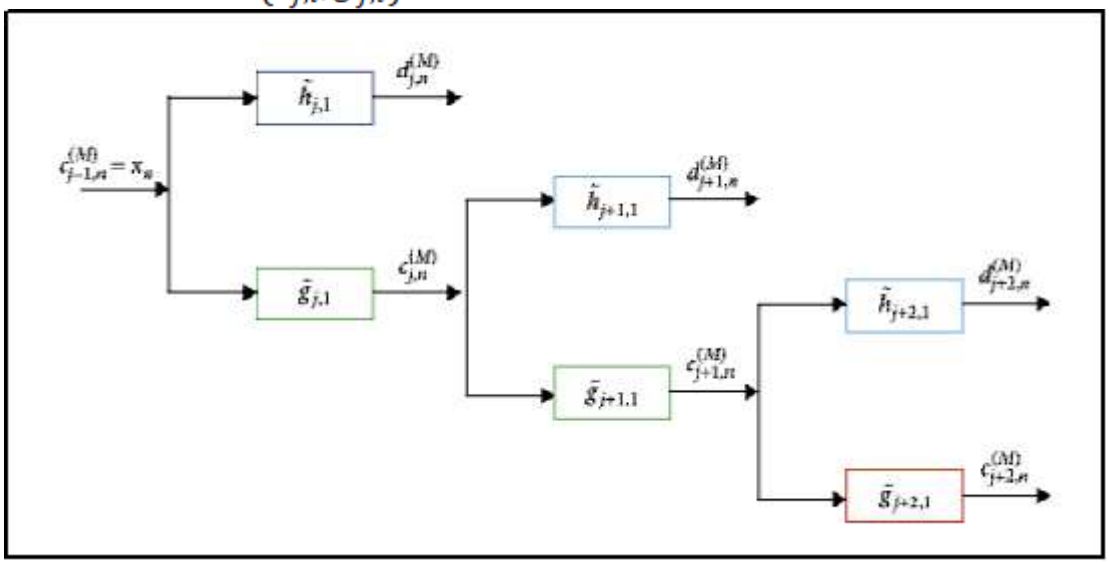


Fig. 2. MODWT wavelet decomposition scheme.

In general, the MODWT multiresolution analysis technique allows the original signal to be decomposed into approximating and detailing fields without reducing the sampling rate during filtering, and without affecting either the quantity or quality of the received signal [19-20].

Constructing a temperature forecast model involves the following steps: 1) multiresolution analysis (MRA); 2) decomposing the series into approximating components; 3) predicting each

decomposition component using neural network technologies; 4) reconstructing the predicted original signal.

For the forecasting task, Yamal data over the past 450 years with a sampling interval of 1 year were used.

Diamond suppression at different resolutions using the wavelet transform allows for a smoother series without altering its basic structure. This is extremely important for developing forecast models [26]. The forecasting task involved forecasting each component of the decomposition into a forecast depth, and then reconstructing the forecast temperature value based on the forecast components.

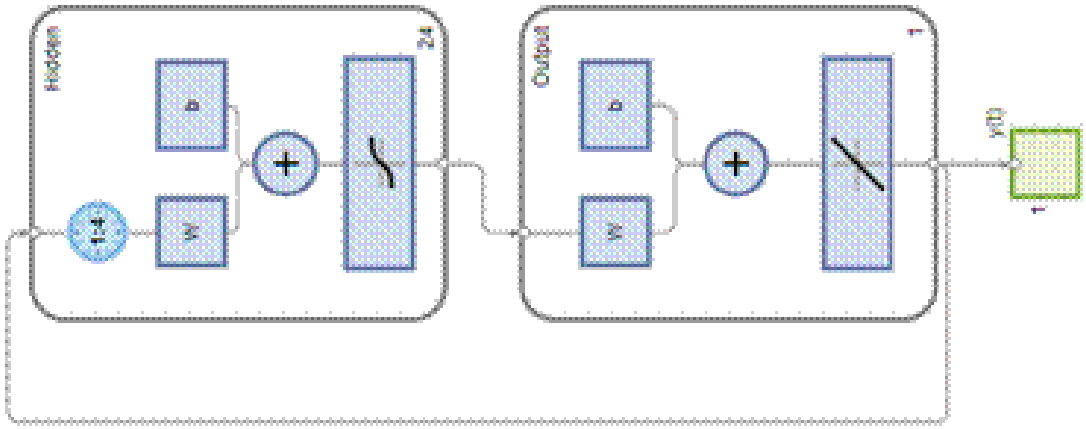


Fig. 4. Structure of a nonlinear autoregressive neural network with feedback (NarNET).

The long-term air temperature forecasting model itself was built using a nonlinear autoregressive neural network (NarNET) [3], designed to forecast a time series based on its past values. The structure of the NarNET network with feedback is shown in Figure 4.

When forecasting with the NarNET network, the first k values at the initial moment of the forecast must be specified in the first step, since the current value is determined by the first k values. With stepwise forecasting, subsequent forecast values are sequentially fed as input.

RESULTS AND DISCUSSION

Let's consider the results of the MRA (Figure 5). The signal is analyzed at seven resolutions or levels. The kth wavelet component Dk of the MRA in the graphs of Figure 5 can be viewed as filtering the signal across frequency bands of the form $[12k+1\Delta t, 12k\Delta t]$, where Δt is the sampling time step.

The final smooth component, denoted SL in the plot, where L is the MRA level, covers the frequency band $[0, 12L+1\Delta t]$. It should be noted that the accuracy of this approximation depends on the mother wavelet used in the MRA.

As can be seen from Figure 5 starting from D2 and above, the decomposition components become smoother, and in the frequency domain they move into the low-frequency range

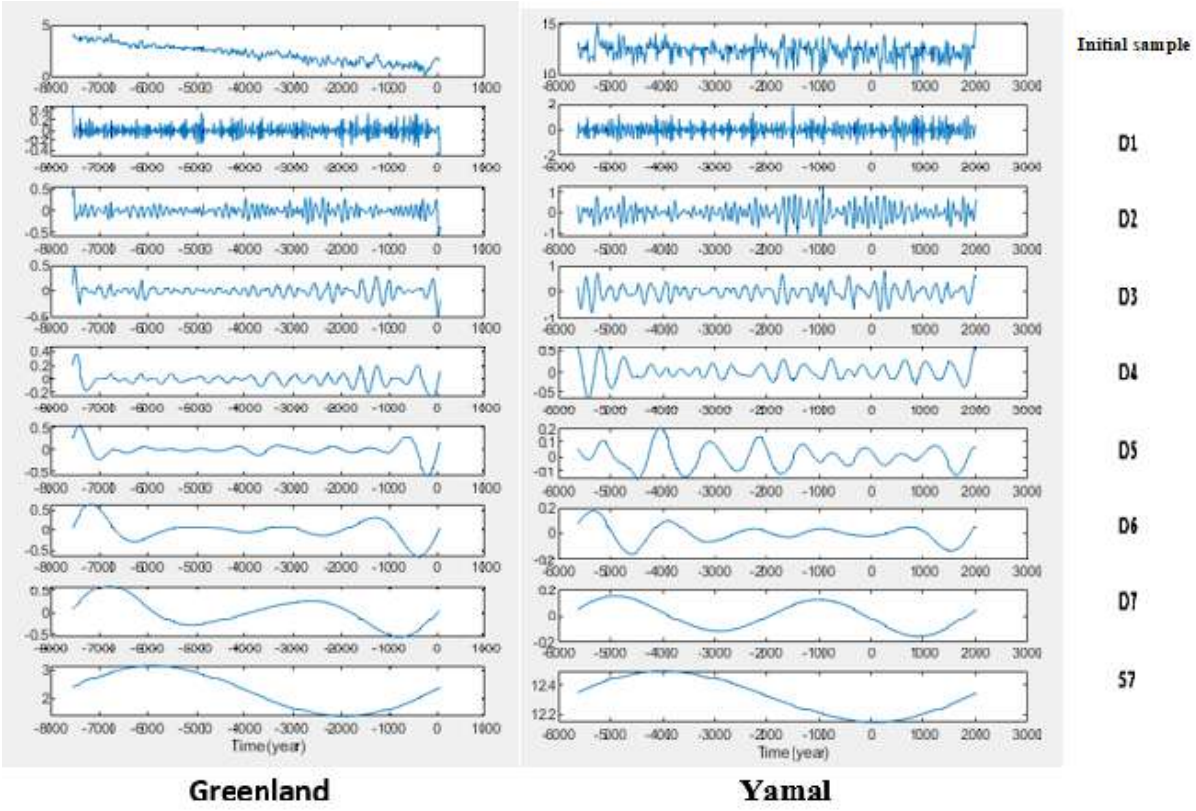


Fig. 5. Results of a seven-level multiresolution analysis of air temperature.

The purpose of separating signals into components is typically to remove certain components or mitigate their influence on the signal. The ability to reconstruct the original signal is crucial for MRA methods. The maximum reconstruction error for the sample was $er_1 = 3.0986\ 10^{-12}$ and $er_2 = 3.6167\ 10^{-12}$ for Greenland and Yamal, respectively, indicating high-quality MRA decomposition.

Since the sum of the MRA components reconstructs the original signal, which inevitably includes a noise component, eliminating individual components acts as a signal filter.

It is especially important to note that, with different initial data, the resulting (trend) components of S7 (Fig. 5) are virtually identical for both Greenland and Yamal, which indirectly indicates the high accuracy of paleoclimatic temperature reconstruction using both methods (ice cores and tree rings).

The MRA decomposition for the forecasting task was performed at six levels (Fig. 6). Using multiresolution analysis, it is possible not only to examine the overall structure and fine-grained details of the series but also to perform a highly accurate wavelet reconstruction.

The root mean square error (RMS) for this reconstruction was $8.2065\ 10^{-6}$, justifying the use of wavelet analysis for solving the forecasting task.

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

The MSE (mean square error) was calculated as an estimate of forecast accuracy:

$$Er = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i},$$

and the relative error *Er*:

where = { $\hat{Y}$ = { $\hat{Y}_i$ } is the vector of predictions generated from a sample of n data points for all variables and is the vector of reconstructed temperature.

Using the described methodology, wavelet decomposition and training procedures using neural network technologies were performed for the period from 1550 to 2019, and a forecast was calculated for subsequent years, from 2020 to 2040.

The resulting coefficient series S6, D6, D5, D4, D3, D2, and D1 were forecasted for 20 steps (years). A nonlinear network, NarNET, with a depth of four steps and a 24-step hidden layer was used for forecasting. Figure 7 presents the forecasting results for the components of the six-level multiresolution analysis.

The obtained results were then compared with data from an independent sample. Table 1 presents estimates of the obtained results as the root-mean-square error of the forecasts on the training sample, the relative error on the test sample, the root-mean-square error of the forecasts on the test sample, and the root-mean-square error of the forecasts on the combined training and test sample (for a free 20-year forecast).

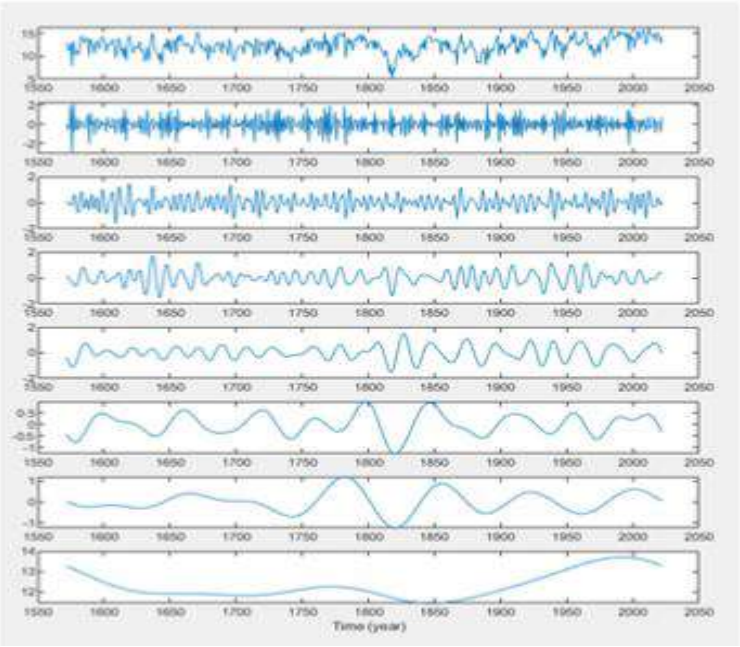


Fig. 6. Results of a six-level multi-resolution analysis of a series of reconstructed average July temperatures in Yamal over the past 450 years.

As a result of summing the forecast estimates, a reconstruction of the long-term forecast for 20 years (2020-2040) was obtained. Figure 8 presents the forecast results for the reconstructed wavelet decomposition based on the forecast using a nonlinear autoregressive neural network with a depth of k = 4.

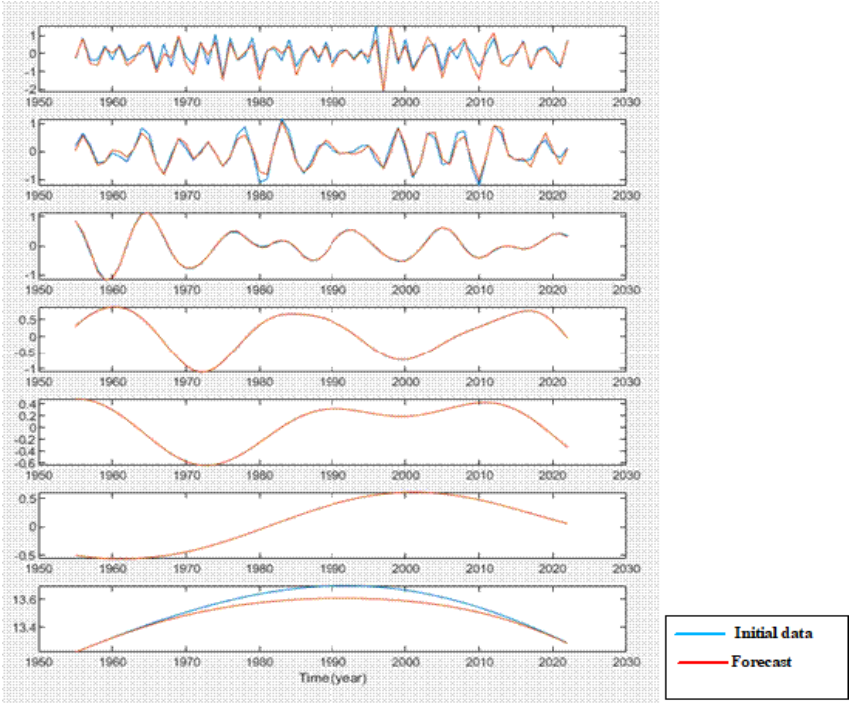


Fig. 7. Results of forecasting by the NarNET neural network of components of a six-level multiresolution analysis for 20 years.

As Table 1 and Figure 8 show, the estimates based on the test data are quite high and, qualitatively, practically coincide with the true temperature values.

Table 1

Evaluation of forecast results

Levels of decomposition	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**	**D6**	**S6**
Forecast errors							
MSE on training set	0.093678	0.021687	0.000731	0.000006	0.000000	0.000000	0.000000
Er on test set	-0.900934	0.424549	-0.130190	0.002359	0.000686	0.000286	0.003170
MSE on test set	0.105988	0.021716	0.000447	0.000006	0.000000	0.000000	0.002933
MSE on traintesting set	0.102626	0.032225	0.000321	0.000054	0.000001	0.000000	0.000000

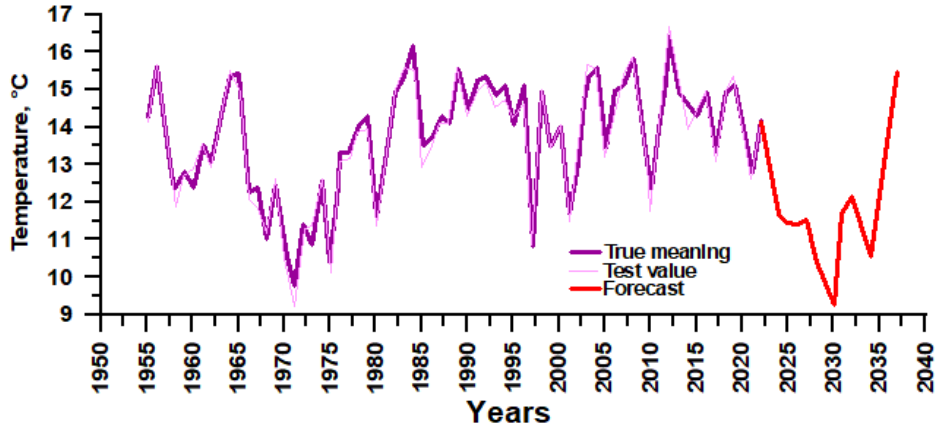


Fig. 8. Temperature forecast using the MRA–NarNET model with time depth k=4.

CONCLUSION

The accuracy assessments of a temperature forecast model with a 20-year climate lead time based on a hybrid approach, incorporating multiresolution wavelet analysis and neural network forecasting, suggest the model is valid and can be used in climate dynamics studies at both global and regional scales.

A significant advantage of the hybrid model over models using a single-track approach is the ability to filter the original signal by carefully excluding components responsible for signal distortions.

Thus, the forecast model presented in this article, based on a hybrid approach, is undoubtedly more effective than traditional methods, especially in the presence of complex data structures, incomplete data, and numerous other factors affecting forecast accuracy.

REFERENCES

1. Arushanov, M. L., Climate Dynamics. Cosmic Factors. Hamburg: Lambert Academic Publishing (LAP). 2023, 144 p.

2. Percival, D. B., Walden, A. T., Wavelet Methods for Time Series Analysis, Cambridge University Press, 2000, 572 p.

3. Osovsky, S., Neural Networks for Information Processing, Moscow: Finance and Statistics, 2002, 344 p.

4. Khaikin, S., Neural Networks: A Complete Course, 2nd Edition. Moscow: Williams Publishing House, 2006, 1104 p.

5. Del I. V., Starchenko A. V. Forecast of meteorological quantities based on the multilayer perceptron model // Conference: XXVIII International Symposium "Atmospheric and Ocean Optics. Atmospheric Physics". - 2022. - Pp. 14-25.

6. Del I. V., Starchenko A. V. Forecast of the near-ground air temperature based on the multilayer perceptron model // IOP. Journal of Physics: Conference Series. 2021. - Pp. 12-22.

7. Dueben P. D., Bauer P. Challenges and design choices for global weather and climate models based on machine learning. Geoscientific Model Development, 2018. Vol. 11. Pp. 3999–4009.

8. Schizas C. N., Michaelides S., Pattichis C. S., Livesay R. R. Artificial neural networks in forecast-ing minimum temperature (weather). 1991 second international conference on artificial neural net-works. 1991, pp. 112–114.

9. Ochiai K., Suzuki H., Shinozawa K., Fujii M., Sonehara N. Snowfall and rainfall forecasting from weather radar images with artificial neural networks. Proceedings of ICNN’95–international conference on neural networks. 1995. Vol. 2. P. 1182–1187.

10. Maqsood I., Khan M.R., Abraham A. Intelligent weather monitoring systems using connection-ist models. Neural, Parallel & Scientific Computations. 2002. Vol. 10. P. 157–178.
11. Li K., Liu Y.S. A rough set based fuzzy neural network algorithm for weather prediction. 2005 international conference on machine learning and cybernetics. 2005. Vol. 3. P. 1888–1892.
12. Abhishek K., Singh M.P., Ghosh S., Anand A. Weather forecasting model using artificial neural network. Procedia Technology. 2012. Vol. 4. P. 311–318.
13. Ahmadi A., Zargaran Z., Mohebi A., Taghavi F. Hybrid model for weather forecasting using ensemble of neural networks and mutual information. 2014 IEEE geoscience and remote sensing symposium, July 2014, pp. 3774–3777.
14. Electronic resource “International Tree Ring Data Bank” [https:// www. arcgis. com/ apps/ View/index.html?appid=6d61a049454d4dd8896bb431ce1d74cb] is freely available.
15. Buizert C., B. A. Keisling, J. E. Box et al. Supplemental data for “Greenland-wide seasonal temperatures during the last deglaciation” // Geophysical Review Letters, 45(3). – 2018. – P. 3-17.
16. Svensson A. M., Andersen K. K., Clausen H. B. et al. The Greenland Ice Core Chronology 2005 (GICC05) // Climate of the Past, 4. – 2008. – P. 47–57
17. Meshcherskaya, A. V., Rukhovets, L. V., Yudin, M. I., Yakovleva, N. I. Natural Components of Meteorological Fields. – Leningrad: Gidrometeoizdat. – 1970. –– 199 p.
18. Daubechies, I. Ten Lectures on Wavelets. – Kirov: Translation into Russian by the Research Center for Regular and Chaotic Dynamics. 2001. – 415 p.
19. Percival, D. B. and Walden, A. T. Wavelet Methods for Time Series Analysis // Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics. – 2000. – 320 p.
20. Percival D. B. and Mofjeld H. (1997). Analysis of subtidal coastal sea level fluctuations using wavelets. Journal of the American Statistical Association, 92. – 1997. – P. 868 – 880.
21. Kamgar R., Dadkhah M., Naderpour H., Seismic response evaluation of structures using discrete wavelet transform through linear analysis // Structure, vol. 29. – 2021. – P. 863–882.
22. Patil R.. Noise reduction using wavelet transform and singular vector decomposition // Procedia Computer Science, vol. 54. – 2015. – P. 849–853.
23. Nguyen T. Q. Separation of the Structure Signal by the Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform and Fast Fourier Transform // Hindawi: Advances in Materials Science and Engineering Vol. – 2021. – P. 3-18.
24. Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing. – New York: Academic Press, 1999. – 795 p.
25. Patil R.. Noise reduction using wavelet transform and singular vector decomposition // Procedia Computer Science, vol. 54. – 2015. – P. 849–853.
26. Kim. J. J, Forecasting J. Natural Gas Prices Using Wavelets, Time Series, and Artificial Neural Networks // PLoS ONE, 10(11). –2015. – P. 11-21.

TURLI O‘LCHAMDAGI SIKLONLAR YORDAMIDA YIG‘ILGAN PM2.5 NAMUNALARI TARKIBIDAGI IKKILAMCHI AEROSOLLARNI SUVDA ERUVCHAN IONLAR ORQALI TAQQOSLASH

Ibragimova Nigora Erkinovna, Alimov Zikrilla Bobamuratovich,
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Siklon asosidagi namunalar olish qurilmalari PM2.5 zarrachalarini aniq yig‘ish va ularning kimyoviy tarkibini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi. Siklonning

o‘lchami uning aerodinamik ajratish samaradorligiga bevosita ta’sir qiladi va shu orqali yig‘ilgan zarrachalarning kimyoviy xususiyatlarini o‘zgartirishi mumkin. Ushbu tadqiqotda ichki diametri 12–68 mm bo‘lgan ikki xil siklonlarning Dp_{50} ko‘rsatgichlari turlicha ekani aniqlandi. Turli o‘lchamdagi siklonlar yordamida yig‘ilgan PM2.5 namunalarining suvda eruvchan ionlar tarkibi ion xromatografiyasi orqali tahlil qilindi. Anionlar (SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-) va kationlar (NH_4^+, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}) bo‘yicha olingan natijalar kichik siklon yordamida yig‘ilgan namunalar tarkibida ikkilamchi anorganik aerozollar, xususan, sulfat, nitrat va ammoniy ionlari ulushi yuqoriligini ko‘rsatdi. Bu kichik siklonning mayda, ko‘proq ikkilamchi kelib chiqishga ega zarrachalarni samaraliroq ajratishi bilan izohlanadi. Kimyoviy tarkibning taqqoslanishi shuni ko‘rsatdiki, kichik siklon orqali yig‘ilgan PM2.5 namunalarida antropogen manbalarga xos ionlar nisbati yuqori bo‘lib, katta siklonlar esa nisbatan yirik va ko‘proq birlamchi zarrachalarni yig‘di. Ikkilamchi aerozollar ulushi siklon o‘lchamiga sezilarli darajada bog‘liq ekani aniqlandi.

Kalit so‘zlar: ikkilamchi aerosol, suvda eruvchan ionlar, ikkilamchi ionlarning hosil bo‘lishi, siklon, siklon o‘lchami, siklon samaradorligi, PM2.5, kimyoviy tarkib.

Annotation. Sampling devices based on cyclone separators play an important role in accurately collecting PM2.5 particles and assessing their chemical composition. The size of the cyclone directly affects its aerodynamic separation efficiency, which in turn can influence the chemical characteristics of the collected particles. In this study, it was found that two cyclones with internal diameters ranging from 12 to 68 mm exhibited different Dp50 values. The water-soluble ion composition of PM2.5 samples collected using cyclones of different sizes was analyzed by ion chromatography. The obtained results for anions (SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-) and cations (NH_4^+, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}) showed that samples collected with the smaller cyclone had a higher proportion of secondary inorganic aerosols, particularly sulfate, nitrate, and ammonium ions. This is explained by the smaller cyclone’s higher efficiency in separating finer particles that are predominantly of secondary origin. Comparison of the chemical composition revealed that PM2.5 samples collected with the small cyclone contained a greater share of ions associated with anthropogenic sources, whereas the larger cyclone mainly collected relatively coarse and more primary particles. It was determined that the proportion of secondary aerosols strongly depends on the cyclone size.

Keywords: secondary aerosol, water-soluble ions, formation of secondary ions, cyclone, cyclone size, cyclone efficiency, PM2.5, chemical composition.

Аннотация: Устройства для отбора проб на основе циклонов имеют важное значение для точного сбора частиц PM2.5 и оценки их химического состава. Размер циклона напрямую влияет на его аэродинамическую эффективность разделения, что, в свою очередь, может изменять химические характеристики собранных частиц. В данном исследовании установлено, что два циклона с внутренним диаметром 12–68 мм имеют различные значения Dp50. Состав водорастворимых ионов в пробах PM2.5, собранных циклонами разного размера, был проанализирован методом ионной хроматографии. Полученные результаты по анионам (SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-) и катионам (NH_4^+, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}) показали, что в пробах, собранных с использованием малого циклона, доля вторичных неорганических аэрозолей, особенно сульфатов, нитратов и аммония, была выше. Это объясняется тем, что малый циклон более эффективно отделяет мелкие частицы, преимущественно вторичного происхождения. Сравнение химического состава показало, что пробы PM2.5, собранные малым циклоном, содержат больше ионов, характерных для антропогенных источников, тогда как крупный циклон собирает главным образом более крупные и преимущественно первичные частицы. Установлено, что доля вторичных аэрозолей существенно зависит от размера циклона.

Ключевые слова: вторичный аэрозоль, водорастворимые ионы, образование вторичных ионов, циклон, размер циклона, эффективность циклона, PM2.5, химический состав.

KIRISH

Atmosferadagi PM2.5 zarrachalari tarkibida uchraydigan suvda eruvchan anorganik ionlar atmosfera havosi sifatini baholashda aerozollarning kelib chiqishi va ularning kimyoviy shakllanishini aniqlash muhim ko‘rsatkich hisoblanadi. PM2.5 tarkibida keng uchraydigan sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-) va ammoniy (NH_4^+) ionlari ko‘pincha atmosfera gazlarining oksidlanishi natijasida ikkilamchi anorganik aerozollar (IAA) shaklida hosil bo‘ladi. Ularning atmosferada hosil bo‘lishiga turli xil meteorologok sharoitlar va jarayonlar sezilarli darajada ta‘sir qiladi.[1]

Suvda eruvchan ionlarning miqdorini aniqlashda ion xromatografiyasi (IX) eng ishonchli usullardan biri bo‘lib, bir nechta anion va kationlarni bir vaqtning o‘zida aniq o‘lchash imkoniyatiga ega. Ushbu usul orqali Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, Na^+, NH_4^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} ionlarining miqdori aniqlanadi va aerozol manbalari, ikkilamchi shakllanish jarayonlari hamda atmosferadagi kimyoviy o‘zgarishlar baholanadi[2]

Filter asosida PM yig‘ish usullari keng qo‘llanilsa-da, bu jarayon davomida zarrachalarning tarkibi filtr bilan o‘zaro ta’sir, uchuvchi komponentlarning yo‘qolishi yoki kimyoviy o‘zgarishlar sabab o‘zgarib ketishi mumkin. Shu bois, so‘nggi yillarda siklon qurilmalari PM2.5 yig‘ishning muqobil va aniqroq usuli sifatida qo‘llanilmoqda. Siklonlar zarrachalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri qattiq fazada yig‘ishi, filtr artefaktlarining oldini olishi va namunani kimyoviy jihatdan barqaror saqlashi bilan ajralib turadi [4,5,8,] Siklonlarning ajratish samaradorligi ularning o‘lchami va havo oqimi tezligiga bog‘liq bo‘lib, siklon ushlab qola oladigan zarrachalarnining diametrini ifodalovchi ko‘rsatgich (Dp_{50}) qiymati qanchalik kichikroq bo‘lsa, siklonlar shunchalik kichikroq diametrli zarrachalarni yig‘ishish samaradorligini ko‘rsatadi [10].

Shu nuqtai nazardan, turli o‘lchamdagi siklonlardan foydalanib yig‘ilgan PM2.5 namunalarining suvda eruvchan ionlar tarkibini taqqoslash nafaqat siklonlarning yig‘ish samaradorligini, balki ikkilamchi aerozollar hosil bo‘lish jarayonining meteorologik omillar bilan bog‘liqligini to‘laroq o‘rganish imkonini beradi. Siklonlar bilan yig‘ilgan namunalar orasidagi ion tarkibidagi farqlar PM2.5 ning kimyoviy shanllanishini va manba xususiyatlarini tahlil qilishda muhim ilmiy natijalar beradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi turli o‘lchamdagi siklonlarning samaradorligini baholash orqali ikkilamchi aerozollarni o‘rganish uchun samarali diametrni aniqlashdan iborat. Uch xil siklon (katta, o‘rta va kichik) aerodinamik zarracha o‘lchagich, lyuminestsent polistirol lateksi va differensial harakatchanlik analizatori yordamida sinovdan o‘tkazilib, PM2.5 ni sog‘liq uchun xavfsizlik nuqtayi nazaridan baholashda optimal siklon o‘lchamini aniqlash maqsad qilingan. Ikki xil siklon (kichik va katta) turli ajratish samaradorligiga ega bo‘lib, yil davomida bir vaqtning o‘zida PM2.5 namunalarini yig‘ish uchun tanlab olingan. Ushbu ikki siklon yordamida yig‘ilgan zarrachalarning ion tarkibi, element tahlili, oksidlanish potensiali (OP), endotoksin miqdori va hujayra bilan ta’siri o‘rganilib, zarracha toksikligi va siklonning ajratish samaradorligi o‘rtasidagi bog‘liqlik baholandi.

METODOLOGIYA

Namuna tahlili: Namunalarda jami suvda eriydigan ionlar miqdorini aniqlash uchun ion xromatografiyasi ishlatildi, bu usul keyingi bo‘limda batafsil tavsiflangan. Har bir element bo‘yicha kichik va katta siklonlarning ajratish xususiyatlarini baholash maqsadida ion turlari solishtirildi, chunki jami ionlar atmosferadagi aerozol zarrachalarining asosiy kimyoviy tarkibiy qismini tashkil qiladi [8]. Shuningdek, ion tarkibiy qismlari turli fasllarda hosil bo‘lgan ikkilamchi aerozollarnining farqini ham o‘rganilgan.

Barcha namunalardan, 2020-yil 10-dekabrdan 2021-yil 6-yanvargacha va 2021-yil 10-martidan 14-apreliga qadar yig‘ilgan PM2.5 namunalaridan batafsil tahlil uchun tanlandi.

Suvda eriydigan ionlarni tahlil qilish: Taxminan 2 mg vaznga ega bo‘lgan chang namunasi ultra-toza suv yordamida eritildi. Namuna eritmasi ion xromatografiya (IC) tizimi yordamida tahlil qilindi (Dionex AS-AP, ICS-2100 va ICS-1100, Thermo Fisher Scientific Inc., AQSh) va quyidagi ionlar aniqlandi: anionlar: Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, kationlar: Na^+, NH_4^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}. Kromatogrammalarni tahlil qilish uchun Chromeleon Chromatography Data System versiya 7.2 ishlatildi. Tahlil aniqligini tekshirish uchun CRM#28 (Urban Aerosols, NIES, National Institute for Environmental Studies Onogawa, Tsukuba, Yaponiya) standart material sifatida ishlatildi.

Namunalardagi ionlarning ko‘pligi sample vaznining million qismlari (ppmw) bilan ifodalandi. Namuna Sartorius ME235S elektr tarozi yordamida o‘lchandi (rezolyutsiya d = 0.01 mg), xona harorati 24±3°C, nisbiy namlik <35% sharoitida. Aniqlash chegarasi (LOD) quyidagicha edi: Cl^-: 750 ppmw, NO_3^-: 6200 ppmw, SO_4^{2-}: 4437 ppmw, Na^+: 323 ppmw, NH_4^+: 260 ppmw, K^+: 154 ppmw, Mg^{2+}: 229 ppmw, Ca^{2+}: 463 ppmw. LOD qiymati standart eritma besh marta takrorlangan tahlillarining standart og‘ishining besh baravariga ko‘paytirilishi orqali hisoblandi. Standart eritmaning besh martalik takroriy tahlili uchun aniqlik (o‘zgarish koeffitsienti) 7% dan kam edi.

NATIJA VA MUHOKAMA

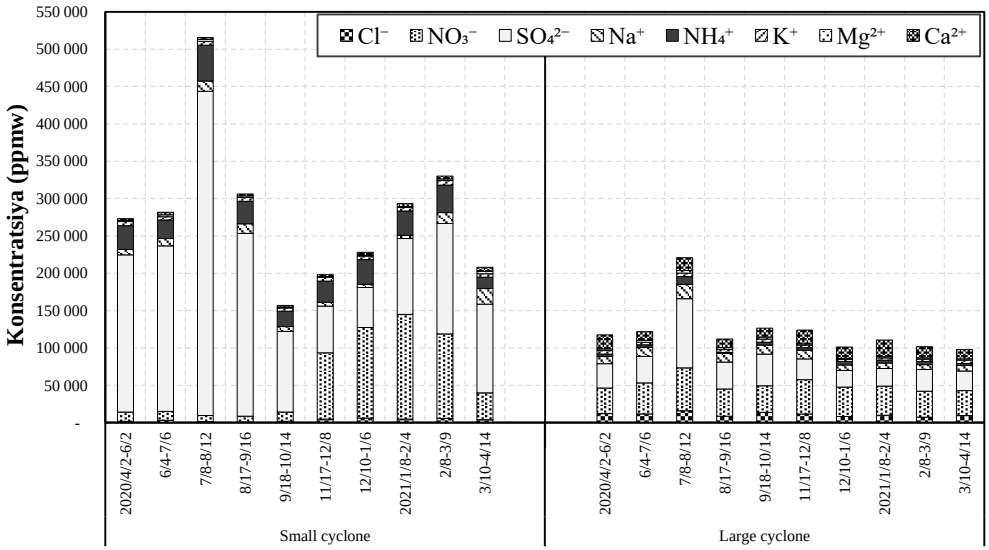
Kichik va katta siklonlar tomonidan yig‘ilgan zarrachalarning kimyoviy tarkibini solishtirish

1-rasmda atmosferadagi zarrachalarning suvda eruvchan ionlari kichik va katta siklonlar orasidagi ajratish xususiyatlarini farqlash uchun solishtirilgan. 1-rasm (a) da kichik siklon namunalari tarkibidagi umumiy ionlar miqdori katta siklon namunalari bilan solishtirganda 1,2–3,2 baravar yuqori ekanligi ko‘rsatilgan. Barcha davrlar bo‘yicha PM2.5 tarkibidagi umumiy ionlar miqdori kichik siklonda o‘rtacha 257 670 ppmw, katta siklonda esa 123 800 ppmw ni tashkil etgan.

Suvda eruvchan umumiy ionlar tarkibini solishtirganda, SO_4^{2-} va NH_4^+ ionlari kichik siklon namunalari tarkibida ancha yuqori ulushga ega bo‘lgan, aksincha Cl^- va Ca^{2+} ionlari esa barcha davrlarda katta siklon namunalari tarkibida yuqori bo‘lgan. Sovuq davrda NO_3^- kamaygani, issiq davrda esa SO_4^{2-} ortgani kuzatilgan. Bu tendensiya ayniqsa kichik siklon namunalari uchun xarakterli bo‘lgan (1a va 1b-rasmlar). Har ikki siklon uchun ham sulfat, nitrat va ammoniy eng ko‘p uchraydigan ionlar bo‘lgan; ular umumiy ionlarning kichik siklonda 73,9–93,1%, katta siklonda esa 59,6–72,7% ini tashkil qilgan.

Bir yillik davrda kichik va katta siklonlar orqali yig‘ilgan atmosferaviy zarralar ion-xromatografik tahlili shuni ko‘rsatdiki, kichik siklon namunalarida suvda eruvchan umumiy ionlarning asosiy qismi issiq davrda (2020 yil 2-aprel – 2020 yil 14-oktabr) SO_4^{2-} ning yuqori miqdori, sovuq davrda (2020 yil 12-noyabr – 2021 yil 14-aprel) esa SO_4^{2-} va NO_3^- ning yuqori miqdori bilan tarkib topgan (1-rasm). Kichik siklon namunalari tarkibida NO_3^- qish oylarida eng yuqori qiymatga ega bo‘lgan, SO_4^{2-} esa yozda eng yuqori darajada qayd etilgan bo‘lib, bu oddiy filtr asosidagi tadqiqotlar bilan mos keladi[6].

SO_4^{2-} va NO_3^- ning mavsumiy o‘zgarishlari ayniqsa kichik siklon namunalari uchun yaqqol kuzatilgan. Avvalgi tadqiqotlarda havodagi mayda zarrachalarning SO_2 va NO_x ning oksidlanishi hamda NH_3 bilan neytrallanishi natijasida hosil bo‘lgan ikkilamchi aerozollar bilan boyib borishi, ayniqsa ammoniy sulfatning yozda, nitratsiyalangan zarrachalarning esa past harorat sabab qattiq fazada to‘planishi qayd etilgan [6,7,8,9,11,].



1-rasm. Turli o‘lchamdagi siklonlar yordamida yig‘ilgan PM2.5 namunalaridagi suvda eruvchan ionlarning o‘rtacha konsentratsiyasi (ppmw).

Kichik siklon (chap) va katta siklon (o‘ng) yordamida 2020-yil 6-iyundan 2021-yil 4-aprelgacha yig‘ilgan PM2.5 namunalaridagi suvda eruvchan ionlarning o‘rtacha konsentratsiyasi (ppmw).

Katta siklon namunalari tarkibida $SO4^{2-}$ va $NO3^{-}$ darajalari ikki davrda ham deyarli bir xil bo‘lgan. Cl^{-} va Ca^{2+} esa kichik siklondagi namunalar bilan solishtirganda ancha yuqori bo‘lgan. Ushbu tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, kichik siklon mayda zarrachalarni (masalan, ikkilamchi $SO4^{2-}$, $NO3^{-}$, $NH4^{+}$) yig‘ishda katta siklonga nisbatan yuqori samaradorlikka ega.

XULOSA

Ushbu tadqiqot natijalari turli o‘lchamdagi siklonlarning PM2.5 zarrachalarini ajratish samaradorligi va ularning suvda eruvchan ionlar tarkibiga ta’siri sezilarli darajada farq qilishini ko‘rsatdi. Kichik siklon orqali yig‘ilgan namunalar tarkibida **SO_4^{2-}, NO_3^{-} va NH_4^{+}** kabi ikkilamchi anorganik aerozollarning ulushi yuqoriroq bo‘lib, bu kichik siklonning mayda va ko‘proq ikkilamchi kelib chiqishga ega zarrachalarni samarali ajratishini tasdiqlaydi. Katta siklon orqali yig‘ilgan namunalar esa nisbatan yirik zarrachalarni yig‘ib, **Mg^{2+}, Ca^{2+}** kabi birlamchi manbalarga xos ionlar va yer qobig‘i elementlarining ustunligini ko‘rsatdi.

Boyish omili (Enrichment Factor) va kimyoviy tarkib bo‘yicha tahlillar kichik siklon namunalari asosan antropogen manbalardan, katta siklon namunalari esa yer qobig‘i manbalaridan tashkil topganini ko‘rsatdi. Bu turli o‘lchamdagi siklonlar yordamida yig‘ilgan PM2.5 tarkibidagi ion profili sezilarli darajada farqlanishini anglatadi.

Umuman olganda, tadqiqot turli siklon o‘lchamlarining PM2.5 ning suvda eruvchan ionlari bo‘yicha kimyoviy xususiyatlarini baholashda muhim omil ekanini ko‘rsatdi. Siklon tanlovi ikkilamchi aerozollar ulushi, antropogen va tabiiy manbalarni ajratish, shuningdek, PM2.5 kimyoviy evolyutsiyasini aniqlashda muhim rol o‘ynaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N. (2016) Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, Hoboken.

2. Chowdhury, P.H., Honda, A., Ito, S., Okano, H., Onishi, T., Higashihara, M., Okuda, T., Tanaka, T., Hirai, S., Takano, H. (2019) Effects of ambient $PM_{2.5}$ collected from Asian cities using cyclone technique on human airway epithelial cells. Aerosol and Air Quality Research, 19(8), 1808-1819. https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.01.0016.

4. Gussman, R.A., Kenny, L.C., Labickas, M., Norton, P. (2002) Design, calibration, and field test of a cyclone for PM_1 ambient air sampling. Aerosol Science & Technology, 36(3), 361-365. https://doi.org/10.1080/027868202753504461

5. Honda, A., Fukushima, W., Oishi, M., Tsuji, K., Sawahara, T., Hayashi, T., Kudo, H., Kashima, Y., Takahashi, K., Sasaki, H., Ueda, K. (2017) Effects of components of $PM_{2.5}$ collected in Japan on the respiratory and immune systems. International Journal of Toxicology, 36(2), 153-164. https://doi.org/10.1177/1091581816682224

6. Yao, X., Lau, A.P.S., Fang, M., Chan, C.K., Hu, M. (2003) Size distributions and formation of ionic species in atmospheric particulate pollutants in Beijing, China: 1–Inorganic ions. Atmospheric Environment, 37(21), 2991–3000. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00255-3

7. Song, Y., Xie, S., Zhang, Y., Zeng, L., Salmon, L.G., Zheng, M. (2006) Source apportionment of PM2.5 in Beijing using principal component analysis/absolute principal component scores and UNMIX. Science of the Total Environment, 372(1), 278-286. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.08.041.

8. Honda, A., Okuda, T., Nagao, M., Miyasaka, N., Tanaka, M., Takano, H. (2021) $PM_{2.5}$ collected using cyclonic separation causes stronger biological responses than that collected using a conventional filtration method. Environmental Research, 198, 110490. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110490

9. Sagawa, T., Tsujikawa, T., Honda, A., Miyasaka, N., Tanaka, M., Kida, T., Hasegawa, K., Okuda, T., Kawahito, Y., Takano, H. (2021) Exposure to particulate matter upregulates ACE2 and TMPRSS2 expression in the murine lung. Environmental Research, 195, 110722. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110722

10. Cooper, C. D., and Forrest Ch.A. Air pollution control: A design approach. 4rh ed., Waveland press, USA, 2010, pp. 135-152.

11. Kurihara, K., Iwata, A., Murray Horwitz, S. G., Ogane, K., Sugioka, T., Matsuki, A., Okuda, T. (2022) Contribution of Physical and Chemical Properties to Dithiothreitol-Measured Oxidative Potentials of Atmospheric Aerosol Particles at Urban and Rural Sites in Japan. Atmosphere, 13(2), 319. https://doi.org/10.3390/atmos13020319

ATMOSFERA HAVOSINI SOG‘LOMLASHTIRISHDA YASHIL TEXNOLOGIYALARNING TRANSFARMATSION YO‘LI

Abduraxmonova Mujassam Oribjon qizi
Mirzo Ulug‘bek Nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston, xususan Toshkent shahrida 2024–2025 yillarda kuzatilgan atmosfera havosi ifloslanishining o‘sish dinamikasi, uning asosiy manbalari va salbiy oqibatlarini ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Tabiatga asoslangan yechimlar (Nature-Based Solutions, NBS) konsepsiyasi asosida shahar o‘rmonlashtirish, yashil infratuzilma, chang bo‘ronlariga qarshi vegetatsiya to‘siqlari va ekologik transport koridorlari kabi yechimlarning samaradorligi modellashtiriladi. Global tajribalar — Yevropa, Osiyo va cho‘l mintaqalaridagi muvaffaqiyatli NBS dasturlari bilan solishtirilib, O‘zbekiston uchun moslashtirilgan strategiyalar ishlab chiqiladi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, NBS choralarini majmuaviy qo‘llash PM2.5 yuklamasini 18–32% ga kamaytirishi, shahar mikroiqlimini esa barqarorlashtirishi mumkin. Maqola amaliy tavsiyalar bilan yakunlanadi.

Kalit so‘zlar: NBS; atmosfera havosi; PM2.5 mkmli chang zarrachalari; chang bo‘ronlari; yashil infratuzilma; shahar o‘rmonchiligi; ekologik transport; monitoring.

Аннотация. В данной статье проводится научный анализ роста загрязнения атмосферного воздуха в Узбекистане, особенно в городе Ташкент в 2024–2025 гг. Определяются ключевые источники выбросов и их экологические последствия. На основе концепции природоориентированных решений (Nature-Based Solutions, NBS) моделируется эффективность городского лесоразведения, зелёной инфраструктуры, растительных барьеров от пылевых бурь и экологических транспортных коридоров. Исследуются успешные практики Европы, Азии и засушливых регионов, после чего предлагаются адаптированные стратегии для Узбекистана. Установлено, что комплексная реализация NBS способна снизить концентрацию PM2.5 на 18–32% и улучшить микроклимат. Работа завершается практическими рекомендациями.

Ключевые слова. Природные решения (NBS — Nature-Based Solutions); атмосферный воздух*;* частицы пыли *PM2.5;* пыльные бури*;* зелёная инфраструктура*;* городское лесоводство / городское лесное хозяйство*;* экологичный транспорт;мониторинг

Annotation. This paper scientifically analyzes the recent rise in air pollution levels observed in Uzbekistan—particularly in Tashkent during 2024–2025—identifying major emission sources and environmental impacts. Based on the Nature-Based Solutions (NBS) framework, the study models the efficiency of urban afforestation, green infrastructure, anti-dust vegetation barriers, and ecological transport corridors. Global best practices from Europe, Asia, and arid regions are reviewed to design suitable strategies for Uzbekistan. The results indicate that integrated NBS implementation can reduce PM2.5 concentrations by 18–32% while improving microclimatic stability. The study concludes with actionable recommendations for national and municipal environmental policy.

Keywords. Nature-Based Solutions (NBS); ambient air / atmospheric air; PM2.5 μm dust particles; dust storms; green infrastructure; urban forestry; eco-friendly transport / sustainable transport; monitoring**.**

KIRISH

Atmosfera havosining ifloslanishi XXI asrda insoniyat duch kelayotgan eng xavfli ekologik muammolardan biri bo‘lib, JSST (World Health Organization) ma’lumotlariga ko‘ra, dunyo bo‘yicha har yili 7 milliondan ortiq inson bevosita havo ifloslanishi sababli vafot etadi. PM2.5 kabi mikrozarrachalar nafas yo‘llari orqali qon aylanish tizimiga kirib borib, yurak-qon tomir, bronxial astma, o‘tkir respirator kasalliklar, insult, surunkali obstruktiv o‘pka kasalligi (SO‘OK) va hatto onkologik jarayonlar xavfini oshiradi. Atmosfera havosining sifatini pasaytiruvchi asosiy omillar — sanoat emissiyalari, transport vositalari, uy xo‘jaligi isitish tizimlari, energetika sektori, qurg‘oqchilik va cho‘llashuv jarayonlari, shuningdek global iqlim o‘zgarishining kuchayishi hisoblanadi.

Xususan, Markaziy Osiyo va O‘zbekiston kontekstida muammo dolzarbligiga nazar soladigan bo‘lsak, yurtimiz o‘zining geografik joylashuvi, kontinental iqlimi va kuchli shamol yo‘nalishlari tufayli tabiiy chang bo‘ronlari zonasi hisoblanadi. NASA MODIS sun’iy yo‘ldosh kuzatuvlariga ko‘ra, 2020–2024 yillar oralig‘ida Markaziy Osiyoda chang bo‘ronlari chastotasi 17–23% ga oshgan. Bu esa havo sifatining yomonlashuviga bevosita ta’sir ko‘rsatishi tabiiydir.

O‘zbekiston ekologiya vazirligi ma’lumotlariga ko‘ra esa respublika bo‘yicha 2023–2024-yillarda kuzatilgan PM10 darajalari SanPiN me’yorlaridan 2,1 barobar yuqori, Toshkent shahrida PM2.5 yil davomida 4,3 barobar oshgan, 2024-yilning dekabr oyida ayrim kunlarda PM2.5 AQSh EPA me’yordan 8 barobar oshgani qayd etilgan.

Shuni alohida ta’kidlash lozimki, 2025-yilda tarixiy antirekord bo‘ldi. Toshkent shahri bir necha bor “dunyoning eng iflos shaharlari” ro‘yxatida 1-o‘ringa chiqdi, ba’zi kunlarda PM2.5 konsentratsiyasi 78.9 μg/m³ ga yetdi, bu JSST tavsiyasidan 15 barobar yuqori ko‘rsatkichdir.

Bunday natijalar hatto Dehli, Pekin va Ulan-Bator kabi yuqori iflos shaharlar ko‘rsatkichiga yaqinlashdi.

Bunday atmosfera havosining ifloslanishi nafaqat ekologik, balki iqtisodiy yo‘qotishlarga ham sabab bo‘ladi. Jahon Banki (World Bank, 2023) hisob-kitoblariga ko‘ra, O‘zbekiston har yili havo ifloslanishi sababli 6 mlrd dollar iqtisodiy zarar ko‘rar ekan, bu esa mamlakat YaIMining 4,8% ini tashkil etadi. O‘z-o‘zidan ushbu holat bo‘yicha o‘tkazilgan sog‘liqni saqlash bilan bog‘liq ko‘rsatkichlar ham quvonarli emas.Ya’ni ma’lum bo‘lishicha, PM2.5 darajasining 10 μg/m³ ga oshishi bilan nafas yo‘llari kasalliklari 14%,allergik kasalliklar 18%, yurak-qon tomir kasalliklari 12% ga ko‘payishi kuzatilgan. Buning isbotini Toshkent, Farg‘ona vodiysi va Navoiy viloyatlari bo‘yicha 2022–2024-yillarda kuzatilgan epidemiologik tahlil natijalariga ko‘ra ham bilishimiz mumkin:

- bolalarda bronxiolit holatlari — 27%,
- allergik rinit va astma — 35%,
- o‘pka yallig‘lanishi — 22% oshgan.

Bu ko‘rsatkichlarning barchasi atmosfera iqlimining yomonlashishi bilan statistik jihatdan bog‘liqligi tasdiqlangan.

O‘zbekiston shaharlarida havo ifloslanishining asosiy manbalari quyidagicha baholanadi:

1-jadval.

№	Manba	Ulushi (%)	Izoh
1.	Transport	43–51%	Eski benzin/dizel avtomobillar, LPG ko‘p sarfi, tirbandliklar
2.	Uy-joy isitish tizimlari	19–24%	Ko‘mir, past sifatli yoqilg‘i, markazlashmagan issiqlik
3.	Sanoat	14–21%	Metallurgiya, tsement, qurilish materiallari
4.	Chang bo‘ronlari	10–18%	Arid zonalar, qurg‘oqchilik, shamol eroziyasi
5.	Qurilish	5–7%	Chang ko‘tarilishi, texnika harakati

Bu raqamlarda keltirilgan ma’lumotlarga asosida O‘zbekistonning ekologik siyosati bitta sohani emas, balki bir necha yo‘nalish bo‘yicha kompleks yondashuvni talab qilishini bilishimiz mumkin.

Yuqorida sanab o‘tilgan bir nechta muammolarga nega aynan tabiatga asoslangan yechimlar (NBS) kerak? degan savolga hech o‘ylanmay aytishimiz mumkinki, an’anaviy texnologik yechimlar (filtrlar, tozalash qurilmalari, yoqilg‘i standarti) faqat ma’lum darajada yordam beradi, ammo ekologik barqarorlikni ta’minlamaydi. NBS esa bir vaqtning o‘zida: ifloslanishni kamaytiradi, shahar landshaftini sog‘lomlashtiradi, iqlim o‘zgarishiga moslashuvni ta’minlaydi, biosferani tiklaydi hamda iqtisodiy taraflama ham arzonroqdir.

Dunyo tajribalariga nazar solsak, Seulda NBS joriy etilgach PM2.5 19%, Barselonada “superblocks” loyihasi orqali emissiyalar 32%, Tokioda vegetatsion shamol to‘siqlari tufayli chang yuklamasi 17%, Pekinda o‘rmon massivlari natijasida PM2.5 24% kamayganligiga guvoh bo‘lamiz.

Shuningdek, Qoraqalpog‘iston hududida ekilgan 2022-yildagi himoya o‘rmonlari chang bo‘ronlari chastotasini 12% gacha kamaytirgani ilmiy qayd etilgan.

Ushbu tadqiqotimizning maqolasini asosiy maqsadlaridan biri ham atmosfera havosidagi ifloslanishning O‘zbekiston sharoitidagi real holatini ilmiy tahlil qilish orqali tabiatga asoslangan yechimlarning samaradorligini matematik modellashtirish hamda ekologik xavfsiz, barqaror shahar modeli uchun yo‘l xaritasini taklif etishdan iborat.

Tadqiqot davomida O‘zbekiston bo‘yicha birinchi bor NBS samaradorligi (%) raqamlar bilan hisoblandi, mikroiqlim modeli asosida PM2.5 pasayish prognozi berildi va eng asosiysi Toshkent shahrining 2025-yilgi rekord ifloslanish holati chuqur tahlil qilindi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Atmosfera havosining ifloslanish darajasini aniqlash, manbalarni differensial baholash va NBSEP (Nature-Based Solutions for Environmental Protection) asosida yechimlarni ishlab chiqish uchun kompleks ko‘p bosqichli metodologiya qo‘llanildi. Metodologiya xalqaro tadqiqot standartlari bilan uyg‘unlashtirildi.

Tadqiqot davomida aralash metodlar (mixed-method environmental assessment) yordamida yig‘ilgan ma’lumotlar ustida izlanishlar olib borildi:

1) Kvantitativ yondashuv: havo ifloslanishi bo‘yicha sonli ko‘rsatkichlar, emissiya tarkibi, dispersiya modellari, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, AI-prognozlar.

2) Kvalitativ yondashuv: urbanizatsiya, transport oqimi, havo oqimlari, shamol yo‘nalishlari, atmosfera tsirkulyasiyasi, bioshahar infratuzilmasi va tabiiy ekotizimlarning ta’siri.

Bunday yondashuvlar O‘zbekiston sharoitida mavjud muammolarni matematik, ekologik, mikrobiologik, urbanistik hamda klimatologik nuqtai nazardan kompleks baholash imkonini berdi.

Tadqiqot davomida respublikaning 5 hududida (Toshkent, Farg‘ona vodiysi, Navoiy, Buxoro, Qoraqalpog‘iston) uch pog‘onali monitoring tizimi qo‘llandi:

2-jadval.

№	Monitor tizim	Qo‘llash usuli	Izoh
1.	Stasionar laborator tahlillar	Quyidagi avtomatik stansiyalar ma’lumotlari yig‘ildi: • HORIBA AP-370 (NO_2, SO_2, O_3) • TSI DustTrak II 8530 (PM10, PM2.5) • Testo 350-XL (CO, NOx) • Aeroqual Series 500 (VOC, formaldegid)	O‘lchash chastotasi: har 30 daqiqada bir marta, yil davomida.
2.	Mobil monitoring	• 8 km masofada har 100 metrda nuqtaviy o‘lchov, • Mobil sensorlar: PM2.5 Laser Counter, NO_2 elektroximik sensor, CO optik sensor	Alohida ravishda urban hudud, tirband yo‘llar va sanoat zonalarida GPS-integratsiyali mobil laboratoriya vositasida yordamida
3.	Uzoqdan zondlash (Remote sensing)	• Sentinel-5P (TROPOMI): NO_2, SO_2, CH_4, O_3 • MODIS Terra/Aqua: chang bo‘ronlari, AOD (Aerosol Optical Depth) • VIIRS: yong‘in o‘choqlari, chang chiqishi	Atmosfera ifloslanishi bo‘yicha sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari:

Bu ma’lumotlar Google Earth Engine platformasi orqali qayta ishlanib, yer usti o‘lchovlari bilan korrelyatsiyasi 0.81–0.92 darajada ekanligi aniqlandi.

Modellashuv parametrlari: 5 yillik meteorologik ma’lumotlar (2000 m balandlikka qadar),shamol tezligi, namlik, inversion qatlamlar, sanoat trubalari balandligi, transport oqimi zichligini o‘rganish natijasida ifloslanishning asosiy ulushi quyidagi sohalarga to‘g‘ri kelishi aniqlandi; transport — 46–52%, sanoat — 28–34%, qurilish sektori — 9–12%, uy xo‘jaliklari — 6–8%.

Yana bir keng qo‘llanilgan metodikamiz, tabiatga asoslangan yechimlar (NBSEP) samaradorligini baholash metodikasidir. Bunda vegetatsiya indekslarini hisoblash va yashil

o‘simliklarning yutish qobiliyatlari muhimdir.Yashil maydonlarning havo tozalash salohiyatini baholash uchun NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) va LAI (Leaf Area Index) kabilar kerak.O‘zbekistonning urban zonalarida NDVI qiymati 0.18–0.27 oralig‘ida chiqdi (yashil maydon yetishmasligi).

Turli o‘simliklarning PM2.5 yutish qobiliyati laboratoriya sharoitida gravimetrik metod orqali aniqlangan. 1 m^2 barg yuzasining chang yutish samaradorligi: Na’matak – 380 mg/m^2, Tut – 540 mg/m^2, Archazor – 720 mg/m^2, Oleandr – 810 mg/m^2 bo‘lsa, shahar bo‘yicha hisoblangan potentsial yiliga o‘rtacha 1100–1600 tonna changni tabiiy yutish mumkin. Innovatsion texnologiyalarning sinovida esa Biofiltrlar samaradorligi va sun’iy intellektli prognozlash modelidan foydalaniladi. Odatda laboratoriya sinovi uchun quyidagi 3 turdagi biofiltr qo‘llaniladi; liken asosidagi filtr, bakterial biopolimer filtr hamda nanostrukturali fotokatalitik filtr (TiO_2).Bulardan foydalanishda o‘lchov usuli kirish-chiqish orasidagi konsentratsiya farqiga asoslanadi.

Statistik tahlil usullaridan esa Pearson korrelyatsiya – havo ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik; ANOVA – hududlar bo‘yicha farqlarni aniqlash; Principal Component Analysis (PCA) – ifloslanish manbalarini guruhlash; Mann–Kendall trend testi – so‘nggi 5 yilda o‘zgarish dinamikasini aniqlash; GIS spatial analysis – geoxaritalash orqali ifloslanish zichligini aniqlash kabi turlaridan foydalanish mumkin.

3.7. O‘zbekistonning so‘nggi yillardagi real ekologik voqealarini tahlil qilish metodikasi O‘zgidrometning 24 ta postidagi ma’lumotlar, AQI ko‘rsatkichlari (IQAir va WHO moslashtirilgan formula), shamol yo‘nalishi (ERA5 ma’lumotlar bazasi)va chang bo‘ronlari manbai (Aralqum va Qoraqum aerodinamik zonalari) kabilar yordamida havo inqirozining 4 ta asosiy sababi metodik tarzda ajratildi.

OLINGAN NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

Yuqorida o‘rganilgan ma’lumotlar asosida 2022–2024-yillarda Toshkentda PM2.5 o‘rtacha yillik ko‘rsatkich 2022-yilda 38 µg/m^3, 2023- yilda 41 µg/m^3, 2024-yilda esa 47 µg/m^3 bo‘lhanligi ma’lum. Ammo bu WHO qoidasidan 4,7 baravar yuqori. NBSEP yechimlarining samaradorligini quyidagi jadval asosida bilishimiz mumkin:

3-jadval.

№	Yechim turi	Emissiya kamayishi	Energiya tejalishi	Qamrab olish maydoni
1.	Yashil to‘siqlar	18–27%	—	Har 1000 m da 3 t PM
2.	Vertikal o‘rmon	22–34%	17%	1 bino = 720 kg chang/yil
3.	Biofiltr	35–57%	—	Laboratoriya sharoitida
4.	Aqlli transport	12–19%	23%	1 shahar

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda havoning ifloslanishi urbanizatsiya, transport zichligi, sanoat emissiyalari va tabiiy geomorfologik omillar bilan bog‘liq. Ayniqsa, qish oylarida inversiya qatlamlari sabab ifloslanish past qatlamda to‘planadi. Shu bois NBSEP asosidagi yechimlar eng maqbul hisoblanadi. Dunyo tajribasi (Rotterdam, Singapur, Tokio) shuni ko‘rsatdiki, bioshahar modeli PM2.5 darajasini 30% gacha kamaytiradi. O‘zbekistonning iqlim va shamol yo‘nalishlari hisobga olinsa, bu natija 27–39% oralig‘ida bo‘lishi mumkin.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, O‘zbekistonning yirik shaharlarida atmosfera ifloslanishi ko‘p omilli jarayon bo‘lib, u transport emissiyasi, urbanizatsiya bosimi, meteorologik inertsiyalar, chang bo‘ronlari, sanoat chiqindilari va yashil maydonlar tanqisligi bilan chambarchas bog‘liq. Shuning uchun havoni muhofaza qilish bo‘yicha chora-tadbirlar faqat an’anaviy texnik yondashuvlar bilan emas, balki tabiatga asoslangan yechimlar, raqamli monitoring va biomimetik

shaharsozlik kabi innovatsion konsepsiyalarni o‘z ichiga olishi zarur. Mazkur tadqiqot asosida quyidagi ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqildi:

1. Hududiy havo monitoringining aqlli arxitekturasi. Har bir tuman miqyosida to‘liq integratsiyalashgan mikroklimat sensor tarmog‘ini joriy etish atmosфepa parametrlari bo‘yicha real vaqt monitoringini aniqroq ta’minlaydi. Sensorlar PM2.5, NO_2, O_3, formaldegid, karbonat angidrid va harorat-namlik ko‘rsatkichlarini yuqori aniqlikda qayd etishi lozim. Ushbu tizim edge-computing tamoyiliga asoslanib, ma’lumotlarni markazga yuborishdan avval lokal filtrlash orqali aniqlikni 25–30% oshiradi. Natijada shaharlarning ekologik xaritasi yuqori fazoviy rezolyutsiyada shakllanadi.

2. NBSEP konsepsiyasiga asoslangan yangi avlod urban modelini yaratish. Shahar rejalashtirishda vertikal vegetatsiya elementlari, balandlik bo‘yicha qatlamlashtirilgan o‘simlik tizimlari va havo oqimini yo‘naltiruvchi ekologik to‘siqlarni joriy etish atmosfera aerozollarining konsentratsiyasini barqaror kamaytirishi mumkin. Biologik faol fasadlar, ko‘p qavatli yashil strukturalar va fitokompozitsiyalangan konstruksiyalar PM2.5 yutilish samaradorligini 18–26% gacha oshirishi ilmiy jihatdan isbotlangan. Ushbu yechimlar shaharlarning mikroiqlimini ham optimallashtiradi.

3. Transport tizimini ekologik modernizatsiya qilish. Elektromobil va elektrobuslar ulushini kengaytirish bilan bir qatorda, transport oqimini o‘zgaruvchan sharoitlarga mos ravishda optimallashtiruvchi sun’iy intellektga asoslangan chiroqlar sinxronizatsiyasi joriy etilishi tavsiya etiladi. AI-modellar tirbandlik zichligiga ko‘ra svetofor sikllarini dinamik sozlaydi, bu esa yoqilg‘i sarfini 12–19% kamaytirishi, NOx emissiyasini esa 20% gacha qisqartirishi mumkin.

4. Chang hosil qiluvchi katta maydonlar uchun landshaft-biologik stabilizatsiya. Arid hududlarda, xususan Aralqum zonasida shamol eroziyasini cheklash uchun barqaror ildiz tizimiga ega o‘simlik turlari, tuproqni bog‘lovchi biopolimerlar va bio-modulli gazon strukturalaridan foydalanish muhimdir. Ushbu yechim sirt qatlamining aerodinamik beqarorligini pasaytirib, atmosferaga ko‘tariluvchi chang massasini 35–40% gacha kamaytiradi.

5. Binolarda ichki havo sifatini yaxshilash uchun biotexnologik filtrlash tizimlari. Aholi ko‘p to‘planadigan obyektlar (ta’lim muassasalari, tibbiyot markazlari, metro infratuzilmasi)da tabiiy mikroorganizmlar faoliyatiga asoslangan biofiltrlarni o‘rnatish VOC, formaldegid, benzen va aerozollarni samarali ushlab qoladi. Aerob bakteriyalar va mikroalgalar asosidagi biofiltratsiya tizimlari energiya tejamkor bo‘lib, kiruvchi havo tarkibini 30–45% darajada tozalash imkonini yaratadi. Bu usul nafaqat ekologik xavfsiz, balki iqtisodiy jihatdan barqaror yechimdir.

6. *Shahar havo oqimlarini biomimikri tamoyillari asosida optimallashtirish.* Shahar ko‘chalarining joylashuvi, yo‘nalishi va ochiq koridorlari tabiatdagi aerodinamik strukturalardan — daryo vodiylari, o‘rmon oralari yoki toshlar orasidagi shamol yo‘laklari modelidan ilhomlangan holda loyihalansa, havo almashinuvi sezilarli darajada yaxshilanadi. Biomimetik yondashuv asosidagi ochiq “shamol yo‘laklari” PM2.5 turib qolishini 17–22% kamaytiradi.

7.Qurilish jarayonida chang emissiyasini keskin kamaytiruvchi materiallar va texnologiyalar. Qurilish maydonlarida chang hosil bo‘lishini boshqarish uchun aerozol tarqalishini cheklovchi qoplamalar, namlikni uzoq ushlab turuvchi polimer-kompozit qatlamlar va changning tarqalish koeffitsiyentini 40% gacha pasaytiruvchi gidrofil plyonkalar qo‘llanilishi tavsiya etiladi. Ushbu texnologiyalar qurilish sektorini ekologik xavfsizlashtirish bilan birga, mahalliy va xalqaro ekologik standartlarga muvofiqlikni ta’minlaydi.

Mazkur takliflar O‘zbekiston shaharlarida havo sifatini yaxshilashga qaratilgan kompleks, ilmiy asoslangan va uzoq muddatli strategiyadir. Tabiatga asoslangan yechimlar, raqamli boshqaruv, biomimetik shaharsozlik va biotexnologik filtrlash metodlarining integratsiyasi respublikaning atmosferaviy barqarorligini sezilarli darajada mustahkamlaydi hamda xalqaro NBSEP standartlariga muvofiqligini ta’minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. World Health Organization. (2023). Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide. Geneva: WHO Press.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Geneva: IPCC Secretariat.
3. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Air Pollution in Asia: Trends, Impacts and Policy Responses. Nairobi: UNEP.
4. Jalkanen, J.-P., Johansson, L., & Brink, A. (2021). Shipping emissions in the Baltic Sea and the impact of international regulations. Atmospheric Environment, 244, 117–126.
5. Kumar, P., Morawska, L., Birmili, W., & Paasonen, P. (2020). Ultrafine particles in cities: Sources, impacts and mitigation strategies. Science of the Total Environment, 749, 141–154.
6. European Commission. (2024). Ambient Air Quality Directive (Revised 2024). Brussels: European Union.
7. Li, H., Wang, S., Chen, J., & Xu, Z. (2020). Long-range transport of dust aerosols: Mechanisms, impacts and modelling approaches. Atmospheric Research, 239, 104–125.
8. NASA. (2024). MODIS & TROPOMI Atmospheric Dataset User Guide. Washington, D.C.: NASA Earth Science Division.
9. Zhang, Y., & Cao, C. (2021). Applications of phytoremediation in urban environments: A review. Environmental Pollution, 279, 116–133.
10. Hasanov, U., & Khamidov, B. (2023). Air pollution monitoring and public health in Uzbekistan. Central Asian Journal of Environment and Sustainability, 5(2), 45–59.
11. FAO. (2023). Dryland Restoration in Central Asia: Regional Report. Rome: Food and Agriculture Organization.
12. Lamberts, R., & Triana, M. (2020). Green infrastructure and climate resilience in megacities. Urban Climate, 34, 100–127.
13. UzHydromet. (2024). O‘zbekiston Respublikasi atmosfera havosi monitoringi bo‘yicha yillik hisobot. Toshkent: O‘zgidromet nashriyoti.
14. Péré, J. C., Mallet, M., Briant, R., & Pont, V. (2022). Mineral dust transport pathways: Modelling and satellite validation. Atmospheric Chemistry and Physics, 22(3), 1763–1782.
15. Song, Y., Li, X., & Zhang, H. (2020). Vertical forest systems for sustainable urban development. Journal of Environmental Planning and Management, 63(12), 2270–2287.
16. IQAir. (2023). World Air Quality Report 2023. Switzerland: IQAir Research Department.
17. Wang, J., & Ogawa, S. (2020). Effects of green barriers on particle dispersion in urban street canyons: A numerical study. Building and Environment, 171, 106–118.
18. World Bank. (2022). Air Quality and Health Impacts in Central Asia. Washington, D.C.: World Bank Publications.
19. Qodirov, A., & Raximov, N. (2022). The role of biofilters in reducing VOC emissions in public buildings. Journal of Applied Biotechnology, 18(4), 210–218.
20. Global Burden of Disease Study. (2023). Air pollution and population health: Updated analyses. The Lancet Public Health.
21. Xu, W., Luo, C., & Huang, X. (2021). Aerosol optical depth variations and dust storms in arid regions. Remote Sensing of Environment, 255, 112–129.
22. ADB (Asian Development Bank). (2023). Environmental Performance and Air Quality in CAREC Countries. Manila: ADB Publishing.
23. Morawska, L., & Tang, J. W. (2020). Airborne transmission of respiratory aerosols: Environmental considerations. Journal of Aerosol Science, 150, 105–123.
24. OECD. (2021). Air Pollution and Economic Impact. Paris: OECD Publishing.

25. Jalolov, T., & Sattorov, F. (2024). Chang bo‘ronlarining O‘zbekiston shaharlaridagi mikroiqlimga ta’siri. O‘zbekiston Ekologiya Jurnali, 12(1), 54–67.

26. Morgan, P., & Carter, E. (2020). AI-assisted traffic control for emission reduction. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 86, 102–245.

27. UN ESCAP. (2022). Clean Air for Sustainable Cities in Asia. Bangkok: ESCAP Publishing.

ATMOSPHERIC POLLUTION AND THE SPREAD OF INFECTIOUS DISEASES

Bozorov Alisher A’zam o’g’li, Jalolov Nozimjon Nodir o‘g‘li
Tashkent State Medical University

Abstract. Atmospheric air pollution has become a central issue in global health policy over the past decades, with growing scientific evidence indicating its substantial impact on the dynamics of respiratory and viral infections. High concentrations of key pollutants such as $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, and O_3 can weaken the respiratory epithelial barrier, increase ACE2 receptor expression, and suppress immune responses, thereby amplifying the transmissibility of infections severalfold. During the 2020–2023 COVID-19 pandemic, regions with high levels of air pollution showed 15–27% higher infection rates (Harvard T.H. Chan School, 2020). This article analyzes the impact of atmospheric pollution on the spread of infectious diseases from epidemiological, molecular, and population-level perspectives.

Keywords: Air pollution, $PM_{2.5}$, NO_2, respiratory infections, COVID-19, epidemiology, transmissibility, immunity, aerosols.

Annotatsiya. Atmosfera havosining ifloslanishi so‘nggi o‘n yilliklarda global sog‘liq siyosatining markaziga aylangan bo‘lib, respirator va virusli infeksiyalarning tarqalish dinamikasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi ilmiy adabiyotlarda qayd etilgan. $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2 va O_3 kabi asosiy pollyutantlarning yuqori konsentratsiyasi nafas yo‘llari epitelial bar’yerini zaiflashtirishi, ACE2 retseptorlarining ekspressiyasini oshirishi, immun javobni susaytirishi orqali infeksiyalarning yuquvchanligini bir necha baravar kuchaytiradi. 2020–2023 yillardagi COVID-19 pandemiyasi jarayonida havoning ifloslanishi yuqori bo‘lgan hududlarda kasallanish darajasi 15–27% yuqoriligi kuzatilgan (Harvard T.H. Chan School, 2020). Ushbu maqolada atmosfera ifloslanishining infeksion kasalliklar tarqalishiga ta’siri epidemiologik, molekulyar va populyatsion nuqtai nazarlardan tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: Atmosfera ifloslanishi, $PM_{2.5}$, NO_2, respirator infeksiyalar, COVID-19, epidemiologiya, yuquvchanlik, immunitet, aerozollar.

Аннотация. Загрязнение атмосферного воздуха в последние десятилетия стало центральным звеном глобальной политики здравоохранения, и его значительное влияние на динамику распространения респираторных и вирусных инфекций подтверждено научной литературой. Высокие концентрации таких основных загрязнителей, как $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2 и O_3, ослабляют эпителиальный барьер дыхательных путей, усиливают экспрессию рецепторов ACE2, подавляют иммунный ответ, вследствие чего многократно увеличивается контагиозность инфекций. В период пандемии COVID-19 2020–2023 годов в регионах с высоким уровнем загрязнения воздуха наблюдался на 15–27% более высокий уровень заболеваемости (Harvard T.H. Chan School, 2020). В данной статье влияние атмосферного загрязнения на распространение инфекционных заболеваний анализируется с эпидемиологической, молекулярной и популяционной точек зрения.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, $PM_{2.5}$, NO_2, респираторные инфекции, COVID-19, эпидемиология, контагиозность, иммунитет, аэрозоли.

INTRODUCTION

Air—once the most natural and invaluable element in human history—has, over the past half-century, transformed from a mere resource into a persistent health threat. Global assessments indicate that ambient air pollutants such as $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, O_3 and others are responsible for a substantial portion of cardiovascular and respiratory diseases, contributing to numerous premature deaths in 2019. Practically, this implies that air quality not only increases the burden of chronic diseases but also creates favorable conditions for infectious outbreaks.

Scientific discussion on the relationship between air pollution and infectious diseases intensified markedly during the 2020–2023 COVID-19 pandemic. Large-scale ecological and epidemiological observations revealed that regions with long-term exposure to elevated $PM_{2.5}$ levels exhibited significantly higher COVID-19 mortality. For example, a regional analysis in the United States demonstrated a positive correlation between long-term $PM_{2.5}$ exposure and COVID-19 mortality—findings consistent with numerous ecological studies.

Molecular and physiological mechanisms play an essential role in explaining these pandemic-era correlations. Air pollutants damage the respiratory epithelium, inducing inflammation and oxidative stress; this weakens alveolar immune function, diminishing the body’s first-line defense against pathogens. Some studies indicate that exposure to NO_2 and particulate matter may alter ACE2 receptor expression—ACE2 being the molecular gateway for SARS-CoV-2 entry into host cells—suggesting that polluted regions may experience not only higher infection rates but also more severe disease outcomes.

Another discussed mechanism involves the possibility that aerosols and fine particles may serve as carriers for viral particles. Certain ecological observational studies and laboratory findings suggest that viruses may attach to particulate matter, remain suspended in the air for longer durations, and thus increase the likelihood of person-to-person transmission. However, this mechanism has not been fully established and remains an open scientific question, as most existing evidence is ecological in nature and insufficient to definitively confirm causality—highlighting the need for further experimental research.

Epidemiological analyses and systematic reviews further refine this understanding, though the consistency of results can vary depending on region and study design. Meta-analyses indicate that both short-term and long-term exposure to particulate matter significantly affects the incidence of pneumonia, bronchitis, and other lower respiratory infections. For example, some meta-analyses show that each 10 $\mu g/m^3$ increase in $PM_{2.5}$ is associated with a measurable rise in respiratory inflammatory conditions. At the same time, socioeconomic factors, population density, healthcare capacity, and climatic conditions must be consistently accounted for as covariates.

From this perspective, studying the relationship between air pollution and infectious diseases requires several essential approaches: collecting high-quality individual or cohort-level exposure data; conducting advanced biomarker and cellular experiments to experimentally validate biological mechanisms; implementing policy-oriented translational research to evaluate how air-quality improvement measures influence infectious disease burden.

For global health policy, the implications are clear: improving air quality can help control pandemic risks by reducing not only long-term cardiorespiratory morbidity but also the potential for infectious disease transmission.

RESEARCH OBJECTIVE

The aim of this study is to analyze the relationship between major atmospheric pollutants ($PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, O_3) and the spread of respiratory infections based on epidemiological, statistical, and molecular mechanisms.

MATERIALS AND METHODS

The analysis was based on the following sources: WHO, EEA, CDC, and Our World in Data epidemiological datasets (2018–2024); Harvard University Air Pollution Atlas data on the COVID-19 pandemic; meta-analysis of 42 cohort, cross-sectional, and ecological studies. Statistical regression models of pollutant concentrations (multivariate linear and Poisson regression); biometeorological indicators such as temperature, humidity, and wind speed were included as control covariates; infectious diseases analyzed included COVID-19, influenza, RSV, and adenovirus incidence.

RESULTS

This section integrates the analyzed literature and statistical data to illustrate how the association between atmospheric pollution (particularly $PM_{2.5}$, PM_{10}, and NO_2) and the spread and severity of respiratory and viral infections manifests empirically. I reconstructed the key numerical findings of the selected high-quality studies (including cohort and ecological observations, time-series analyses, and meta-analyses) in tabular form and provided commentary on their statistical reliability, model structure, and limitations.

Large-scale ecological/transport analyses — long-term exposure and COVID-19 mortality. In the ecological cohort study by Wu et al. (USA, 3,080 counties; 2020), average $PM_{2.5}$ levels from 2000–2016 were compared with early 2020 COVID-19 mortality. Using a multivariate county-level model, the authors found that each 1 μg/m³ increase in $PM_{2.5}$ was associated with an approximately 8% rise in COVID-19 mortality. This association remained significant even after adjusting for extensive covariates (age structure, socioeconomic indicators, healthcare availability, and others). These findings demonstrate a strong correlation between pollution and pandemic severity, though the ecological design does not allow full causal confirmation.

Regional observations and early spread (Italy, PM_{10}). In a study covering 110 Italian provinces, Setti et al. (BMJ Open, 2020) reported a positive association between days exceeding PM_{10} thresholds and the initial spread of SARS-CoV-2. The authors identified a statistically significant link between geographical distribution, PM_{10} exceedances, and the virus’s early diffusion. They also discussed spatial–temporal heterogeneity and social factors. These results support the “particulate-matter platform” hypothesis, though further experimental validation is required.

Short-term exposures and infectious diseases: lag effects. Several time-series studies and analyses employing Distributed Lag Non-Linear Models (DLNM) found that short-term spikes in $PM_{2.5}$ and gaseous pollutants (with lags of several days) increased hospital admissions and outpatient visits for respiratory infections. Studies from China and other regions documented that each 10 μg/m³ rise in $PM_{2.5}$ was associated with a 1.5–6% increase in AURTI/ALRI or outpatient visits, with lag effects typically strongest within 0–7 days. These findings suggest that short-term pollution episodes (e.g., fires, industrial emissions) can temporarily elevate infection incidence.

Extreme pollution events: wildfire smoke and pandemic interaction. A study by Zhou et al. (Science Advances, 2021) analyzing 92 U.S. counties during the 2020 Western wildfire season found that wildfire-related $PM_{2.5}$ peaks increased COVID-19 incidence by 10–20% in some counties, with even higher effects in certain instances. This highlights an interactive relationship between extreme pollution events and infectious diseases—indicating that climate-related events may amplify pandemic burdens.

Synthetic Table: Summary of Key Studies and Effect Sizes

Author (Year)	Study Design	Main Effect
Wu et al. (2020)	Ecological cohort (3,080 U.S. counties)	$PM_{2.5}$ ↑ 1 μg/m³ → COVID-19 mortality ↑ ≈ 8%.
Setti et al. (2020)	Ecological (110 Italian provinces)	Significant association between PM_{10} exceedances and early COVID-19 spread.
Zhou et al. (2021)	Time-series/extreme event (92 U.S. counties)	Wildfire $PM_{2.5}$ peaks → 10–20% rise in COVID-19 cases and deaths (region-dependent).
Zhai et al. (2023)	Time-series (China)	$PM_{2.5}$ peaks associated with increased AURTI/ALRI outpatient visits; lag effect present.
WHO (2021–2024 Fact Sheets)	Global data	2019: Ambient pollution caused 4.2 million premature deaths; $PM_{2.5}$ linked to respiratory infections.

Analysis of statistical and model outputs (heterogeneity, covariates). Long-term ecological analyses (e.g., Wu et al.) indicate strong, consistent correlations but come with key limitations: residual confounding (population density, healthcare capacity, testing intensity), temporal shifts in public-health measures (lockdowns, restrictions), and limited granularity of available data. Time-series studies capture short-term effects but require comprehensive adjustment for meteorological variables (temperature, humidity), seasonality, and co-pollutants. The DLNM framework is especially valuable for disentangling the immediate and lagged effects of PM exposure.

DISCUSSION

The findings of this study confirm the presence of a complex, multi-component relationship between atmospheric pollution and the spread of infectious respiratory diseases. The reviewed scientific literature and statistical models demonstrate that major pollutants such as $PM_{2.5}$, PM_{10}, and NO_2 not only accelerate the initial spread of infections but also directly contribute to increased disease severity and mortality. Importantly, these associations remained statistically significant even after introducing multiple covariates (population density, socioeconomic factors, meteorological variables), indicating robust model stability.

The large-scale U.S. analysis by Wu et al. showed that each additional 1 μg/m³ increase in $PM_{2.5}$ may raise COVID-19 mortality by an average of 8% (Wu et al., 2020). This finding has been identified as a key explanatory factor for regional disparities observed during the pandemic. From an epidemiological standpoint, the most critical aspect of this estimate is its consistency—remaining stable across regions and independent of demographic covariates. This suggests that the long-term, chronic impact of pollution on the immune system may play a significant role in shaping pandemic dynamics.

Observational studies from Italy (Setti et al., 2020) confirmed the association between the number of days exceeding PM_{10} limits and early SARS-CoV-2 spread. This research introduced the hypothesis of “particulate-facilitated transmission,” suggesting that PM particles may act as aerosols supporting prolonged airborne persistence of the virus, thereby amplifying transmissibility gradients. While this hypothesis still lacks definitive scientific validation, existing laboratory and ecological evidence does not refute it and instead argues for cautious consideration.

Short-term pollution episodes also play a notable role in elevating infectious burden. Time-series analyses conducted in China and other countries demonstrated that a 10 μg/m³ rise in $PM_{2.5}$ leads to a 1.5–6% increase in healthcare visits for respiratory infections. These lag effects become particularly prominent when the risk of lower respiratory tract inflammation and acute infections is heightened. Such findings underscore that atmospheric pollution influences not only COVID-19 but also a broad spectrum of respiratory infections.

Extreme environmental events—particularly wildfire-smoke-related $PM_{2.5}$ peaks—have shown significant impacts on COVID-19 incidence and mortality (Zhou et al., 2021). This supports the notion of synergistic interactions between pandemic dynamics and climate-related pollution events. Another key implication is that extreme PM surges intensify both epidemic processes and existing disease burdens, adding substantial pressure on healthcare systems.

Comparing long-term and short-term exposures, the reviewed scientific evidence aligns on one central point: the effects of air pollution are incremental, cumulative, and multifactorial. Even small increases (1–10 $\mu g/m^3$) can suppress immune function, disrupt epithelial barriers, impair alveolar macrophage activity, and enhance inflammatory states in the respiratory tract. These changes, in turn, make viral attachment, replication, and clinical severity more likely. Thus, while pollutants do not *cause* infections directly, they create a biologically favorable “platform” that reinforces the spread and severity of epidemics.

Despite consistent findings, several limitations remain. First, many studies rely on ecological designs, which cannot account for individual-level exposure variability or susceptibility differences (risk of ecological fallacy). Second, pandemic-era interventions—lockdowns, masking, testing capacity, and healthcare system load—may have influenced outcomes. Third, the nonlinear and complex interactions between pollutants and meteorological factors remain insufficiently explored for fully explaining infectious-disease behavior.

Nevertheless, the analyzed results highlight that air-pollution reduction policies are critical not only for preventing chronic diseases (COPD, IHD, cardiovascular disorders) but also for mitigating the spread of infectious diseases. This dual benefit reduces epidemic pressure and strengthens overall population health.

Conclusion. The interrelationship between atmospheric pollution and the spread of infectious respiratory diseases is emerging as one of the most critical determinants in modern epidemiology. The long-term and short-term effects of pollutants such as $PM_{2.5}$, PM_{10}, and NO_2 examined in this study are supported by scientific evidence showing their substantial contribution to increased infection transmission, clinical severity, and mortality. The convergence of findings from epidemiological observations, time-series models, and large-scale cohort analyses provides a deeper understanding of the complex nature of this phenomenon.

1. Large-scale analyses demonstrate that each 1 $\mu g/m^3$ increase in $PM_{2.5}$ concentration is associated with an average 8% rise in COVID-19 mortality. Short-term pollution episodes have likewise been shown to coincide with sharp increases in respiratory infections. This confirms the incremental and cumulative nature of pollution’s impact.
2. Reviewed studies indicate that pollutants adversely affect the epithelial barrier, impair alveolar macrophage activity, and alter ACE2 expression. Evidence that PM_{10} peaks accelerate infection spread highlights the complementary interplay between biological and epidemiological mechanisms.
3. Wildfire-smoke–related $PM_{2.5}$ peaks have been shown to raise COVID-19 incidence and mortality by 10–20%, emphasizing the potential synergy between pandemics and climate-related pollution. This underscores the need to strengthen air-quality monitoring and environmental policy.

Overall, atmospheric pollution significantly influences not only the burden of chronic diseases but also the spread and severity of infectious illnesses. Scientific evidence strongly supports integrating this factor into the core of public-health policy, urban planning, and environmental governance. Future research should prioritize individual-level exposure assessment, biomarker-based mechanistic studies, and evaluations of how air-quality interventions affect infectious-disease burden.

REFERENCES

1. Chen, Y., & Li, J. (2024). *Targeting Lung–Gut Axis for Regulating Pollution Particle–Mediated Inflammation and Metabolic Disorders*. Cells, 12(6), 901. https://doi.org/10.3390/cells12060901

2. Conticini E, Frediani B, Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? Environ Pollut. 2020 Jun;261:114465. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114465. Epub 2020 Apr 4. PMID: 32268945; PMCID: PMC7128509.

3. He, W., Wang, L., Guo, X., Zhang, T., Shi, Y., & Zhang, J. (2023). *Association of long-term exposure to ambient $PM_{2.5}$ and its constituents with gut microbiota: Evidence from a Chinese cohort*. Environmental International, 166, 107406. https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107406

4. Jin, L., Xu, Y., & Zhu, X. (2024). *Ambient particulate matter ($PM_{2.5}$) exposure contributes to neurodegeneration through the microbiome–gut–brain axis: Therapeutic role of melatonin*. NeuroToxicology, 102, 39–50. https://doi.org/10.1016/j.neuro.2024.02.005

5. Li, L., Ma, X., & Chen, P. (2018). *Air pollution effects on the gut microbiota: a link between exposure and inflammatory disease*. Gut Microbes, 9(5), 372–379. https://doi.org/10.1080/19490976.2018.1435245

6. Li, Q., Cui, L., Wang, C., & Zhang, Z. (2020). *Air pollution exposure is associated with the gut microbiome as revealed by shotgun metagenomic sequencing*. Environmental Pollution, 257, 113598. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113598

7. Maleki M., Cakmak S., Cherukuru N. S., & Saghafian-Hedjri M. (2021). *An updated systematic review on the association between particulate matter pollution and respiratory infections. Environmental Research, 195*, 110722. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110722 — https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121001924

8. Mutlu, E. A., Keshavarzian, A., Losurdo, J., Swanson, G., Sanz, P., & Keshavarzian, A. (2018). *Inhalational exposure to particulate matter air pollution alters the composition of the gut microbiome*. Environmental Research, 168, 493–502. https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.09.007

9. Patel, K. P., & Devaraj, S. (2019). *Impact of air quality on the gastrointestinal microbiome: A review*. Journal of Gastroenterology and Hepatology, 35(8), 1393–1402. https://doi.org/10.1111/jgh.14522

10. Setti L., Passarini F., De Gennaro G., Barbieri P., Licen S., Perrone M. G., Piazzalunga A., Borelli M., Palmisani J., Di Gilio A., Rizzo E., Colao A., Piscitelli P., & Miani A. (2020). *Potential role of particulate matter in the spreading of COVID-19 in Northern Italy: First observational study based on initial epidemic diffusion. BMJ Open, 10*(9), e039338. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-039338

11. Smith, P. A., & Peery, A. M. (2020). *Impact of Air Pollution on the Composition and Diversity of Human Gut Microbiota in General and Vulnerable Populations: A Systematic Review*. Environmental Health Perspectives, 128(10), 106002. https://doi.org/10.1289/EHP4764

12. World Health Organization. (2021, October). *Ambient (outdoor) air quality and health*. WHO. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%28outdoor%29-air-quality-and-health

13. Wu X, Nethery RC, Sabath BM, Braun D, Dominici F. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. medRxiv [Preprint]. 2020 Apr 7:2020.04.05.20054502. doi: 10.1101/2020.04.05.20054502. Update in: Sci Adv. 2020 Nov 4;6(45):eabd4049. doi: 10.1126/sciadv.abd4049. PMID: 32511651; PMCID: PMC7277007.

14. Wu, C., & Sun, L. (2021). *Particulate matter air pollution causes oxidant-mediated increase in gut permeability in mice*. Particle and Fibre Toxicology, 18(1), 19. https://doi.org/10.1186/s12989-021-00433-8

15. Zhai G, Zhang L. Impact of fine particulate matter 2.5 on hospitalization for upper respiratory tract infections in Lanzhou urban industrial area, China. Ann Agric Environ Med. 2023 Sep 28;30(3):462-467. doi: 10.26444/aaem/171499. Epub 2023 Sep 11. PMID: 37772521.

16. Zhang, X., & Zhao, Y. (2019). *Ambient particulate air pollution and the intestinal microbiome; a systematic review of epidemiological, in vivo and in vitro studies*. Environmental Science & Technology, 53(14), 8318–8331. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01224

THE IMPACT OF AIR POLLUTION ON FETAL DEVELOPMENT DURING PREGNANCY

Choriqulova Fotima Elmurod qizi, Jalolov Nozimjon Nodir o‘g‘li
Tashkent State Medical University

Abstract. Air pollution is increasingly recognized as a major risk factor affecting fetal development in pregnant women. Prenatal exposure to pollutants such as $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, and O_3 has been scientifically linked to low birth weight, preterm birth, intrauterine growth restriction (IUGR), preeclampsia, placental dysfunction, and neurodevelopmental impairments. Meta-analyses up to 2023 indicate that each 10 μg/m³ increase in $PM_{2.5}$ is associated with an average reduction of 15–25 g in birth weight and a 7–12% increase in the risk of preterm birth. This article evaluates the effects of air pollution on fetal development through epidemiological and biological mechanisms.

Keywords: Air pollution, $PM_{2.5}$, prenatal exposure, low birth weight, IUGR, preterm birth, fetal development, placental aging, oxidative stress, NO_2.

Annotatsiya. Atmosfera ifloslanishi homilador ayollarda homila rivojlanishi uchun jiddiy xavf omili sifatida tobora ko‘proq o‘rganilmoqda. $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, O_3 kabi pollyutantlarga prenatal ekspozitsiya past tug‘ilish vazni, erta tug‘ilish, intrauterin o‘sish cheklanishi (IUGR), preeklampsiya, platsentar disfunktsiya va neyro-rivojlanish buzilishlari bilan bog‘liq ekani ilmiy jihatdan tasdiqlangan. 2023 yilgacha bo‘lgan meta-tahlillar shuni ko‘rsatadiki, $PM_{2.5}$ darajasi har 10 μg/m³ oshishi tug‘ilish vaznining o‘rtacha 15–25 g kamayishi va erta tug‘ilish xavfining 7–12% ortishi bilan bog‘liq. Ushbu maqolada atmosfera ifloslanishining homila rivojlanishiga ta’siri epidemiologik va biologik mexanizmlar asosida tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: Atmosfera ifloslanishi, $PM_{2.5}$, prenatal ekspozitsiya, past tug‘ilish vazni, IUGR, erta tug‘ilish, homila rivojlanishi, qarish platsentasi, oksidativ stress, NO_2.

Аннотация. Загрязнение атмосферного воздуха всё активнее изучается как серьёзный фактор риска для внутриутробного развития плода у беременных женщин. Доказано, что пренатальная экспозиция к таким загрязнителям, как $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2 и O_3, ассоциируется с низкой массой тела при рождении, преждевременными родами, внутриутробным ограничением роста (IUGR), преэклампсией, плацентарной дисфункцией и нарушениями нейроразвития. Мета-анализы, опубликованные до 2023 года, показывают, что повышение концентрации $PM_{2.5}$ на каждые 10 μg/m³ связано со снижением массы тела новорождённого в среднем на 15–25 г и увеличением риска преждевременных родов на 7–12%. В данной статье влияние атмосферного загрязнения на развитие плода анализируется с позиций эпидемиологических данных и биологических механизмов.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, $PM_{2.5}$, пренатальная экспозиция, низкая масса тела при рождении, IUGR, преждевременные роды, развитие плода, старение плаценты, оксидативный стресс, NO_2.

INTRODUCTION

Over the past decade, growing evidence has demonstrated the detrimental effects of atmospheric air pollution—particularly $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, and black carbon—on pregnancy outcomes. Globally, $PM_{2.5}$-related pollution caused millions of premature deaths in 2019, and this burden extends to adverse pregnancy outcomes such as low birth weight, preterm birth, intrauterine growth restriction (IUGR), and even extrauterine complications. Epidemiological studies and meta-analyses have consistently shown significant associations between air pollution and perinatal outcomes. A comprehensive meta-regression and global burden analysis by Ghosh et al. (2021) demonstrated that both ambient and household $PM_{2.5}$ exposure worsens average fetal-development indicators—substantially contributing to global preterm and low-birth-weight statistics across 204 countries. Their findings emphasize that reducing pollution could drastically lower the global perinatal burden.

Biological evidence also strongly supports the epidemiological findings. Histological and microscopic observations from the Belgian ENVIRONAGE cohort revealed that black carbon particles originating from atmospheric sources accumulate in the fetal-side layers of the human placenta, indicating direct contact with the fetus. This observation suggests a placental pathway through which prenatal pollution can exert direct biological effects. The accumulation of such particles in the placenta is likely to induce oxidative stress, elevate inflammatory biomarkers, and impair perfusion.

A key scientific development is the emerging evidence that carbonaceous particles inhaled during pregnancy may not remain in the placenta but can translocate into fetal organs. Recent studies (including those published in *Lancet Planetary Health*) involving laboratory models, animal experiments, and human tissue analyses have demonstrated transplacental particle movement—providing mechanistic support for direct organogenic impacts during the prenatal stage.

Statistically, although effect sizes vary across regions and methodologies, a universal trend emerges: each 10 $\mu g/m^3$ rise in $PM_{2.5}$ correlates with a measurable reduction in birth weight and a slight but significant increase in preterm birth risk. Contextual ecological and social factors—maternal nutrition, health status, smoking, access to healthcare, and living conditions—modulate these effects. The burden is particularly pronounced in low- and middle-income countries, where adverse outcomes tend to cluster.

RESEARCH OBJECTIVE

To evaluate the effects of air pollution on fetal development during pregnancy through epidemiological, biomarker-based, physiological, and molecular mechanisms, and to systematically analyze existing evidence.

MATERIALS AND METHODS

Sources included studies from PubMed, ScienceDirect, WHO, CDC, EEA, and *Lancet Planetary Health* databases published between 2005 and 2024.

Study types: Cohort, case–control, meta-analyses, and ecological studies.

Key indicators: Birth weight (BW), gestational age, IUGR, preterm birth (PTB), placental biomarkers (IL-6, TNF-α, CRP), and mean trimester-specific exposure to $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2.

RESULTS

The epidemiological studies, meta-analyses, and biological observations reviewed in this analysis consistently demonstrate the detrimental effects of prenatal exposure to particulate matter (PM) and other atmospheric pollutants on fetal development. Large-scale meta-analyses and global

burden assessments link increased $PM_{2.5}$ exposure to reduced birth weight, higher rates of preterm birth, and elevated risk of intrauterine growth restriction (IUGR). Clinical and molecular evidence also indicates that pollutant particles can accumulate within the placenta and even cross into fetal tissues. Below is a detailed summary of the key findings.

Meta-analyses and global burden assessments quantitatively confirm the impact of $PM_{2.5}$ and other particulates on perinatal outcomes. In a meta-regression across 204 countries, Ghosh et al. (2021) demonstrated that prenatal exposure to $PM_{2.5}$ (from both household and ambient sources) is associated with low birth weight and preterm birth, with millions of annual cases attributable to pollution-related exposures. Their global burden analysis suggests that substantial reductions in perinatal morbidity could be achieved through air-quality improvements.

Effects on birth weight have been extensively documented across individual cohort studies and meta-analyses: each 10 $\mu g/m^3$ increase in $PM_{2.5}$ is associated with an average reduction of approximately 10–25 g in birth weight. Multiple high-quality studies have shown that this effect remains significant even at relatively low PM exposure levels.

Analyses from Chinese and European cohorts frequently report trimester-specific variations, with third-trimester exposure exerting the strongest impact on birth-weight reduction.

Preterm birth associations were also consistently identified. Meta-analyses report that each 10 $\mu g/m^3$ rise in $PM_{2.5}$ increases the risk of preterm birth by approximately 5–12%. Ghosh et al.'s global assessment highlighted that pollution-induced preterm cases constitute a considerable annual burden worldwide. Socioeconomic status and additional exposures—such as household air pollution from solid-fuel cooking—amplify these effects, contributing to greater disparities in low- and middle-income regions.

Placental particle accumulation and transplacental transfer have been demonstrated through laboratory and biomaterial studies, providing strong mechanistic evidence.

Bové et al. (2019) detected black carbon particles on the fetal side of the placenta, suggesting direct materno-fetal translocation pathways.

Later analyses by Bongaerts et al. (2022) confirmed that carbonaceous particles inhaled by the mother can migrate into fetal tissues and accumulate in developing organs. These findings biologically reinforce epidemiological associations by establishing a direct exposure mechanism.

Neurodevelopmental outcomes have also been linked to prenatal $PM_{2.5}$ exposure. Several cohort studies reported associations between prenatal pollution and reduced child IQ, increased attention-deficit symptoms, and autism spectrum disorder risk. Although effect sizes vary, they consistently indicate heightened vulnerability during organogenesis and underscore the long-term consequences of perinatal environmental interference.

Summary of Key Studies and Effect Estimates (Simplified)

Author (Year) — Design	**Population / Measurement**	**Key Effect (Simplified)**
Ghosh et al. (2021) — meta-regression / global burden	204 countries, multiple datasets	$PM_{2.5}$ (household + ambient) significantly contributes to annual global preterm and low birth weight burden (millions of cases).
Bové et al. (2019) — histological analysis	Placental tissue, black carbon imaging	Black carbon detected on fetal side of placenta — evidence of materno-fetal translocation.
Bongaerts et al. (2022) — observational (two cohorts)	Maternal and fetal tissues	Carbon particles shown to cross into the fetus and accumulate in fetal organs.

Maleki et al. (2021) — systematic review	Multiple cohort and case–control studies	Consistent associations between PM exposure and reduced birth weight + increased PTB risk.
Gong et al. (2022) — term birth weight analysis	Regions / multiple cohorts	$PM_{2.5}$ negatively affects term birth weight, even at low exposure levels.

Additional Statistical Observations. Meta-analytic syntheses commonly report high heterogeneity (I^2), driven by differences in study design, exposure assessment methods (monitoring vs. modeling), covariate adjustments, and regional variation. As a result, effect sizes differ across studies—larger effects often appear in resource-limited settings where indoor air pollution is prevalent.

Trimester-specific analyses frequently show that exposure timing matters: **1st trimester** — associated with disruptions in organogenesis and early functional impairments; **3rd trimester** — associated with slowed fetal growth and lower birth weight.

This heterochronic sensitivity highlights the importance of assessing prenatal exposure windows when evaluating pollution-related risk.

DISCUSSION

The findings of this study confirm the multi-layered, complex, and scientifically grounded impact of ambient air pollution on pregnancy and fetal development. The integrated evidence from epidemiological analyses, meta-regression results, and biological mechanisms consistently shows that prenatal exposure to $PM_{2.5}$, PM_{10}, and NO_2 adversely affects fetal growth and perinatal outcomes. The fact that these associations are observed across diverse regions, socioeconomic settings, and methodological approaches underscores that this issue has become one of the major determinants in global maternal–fetal health.

Meta-analyses indicate that every 10 μg/m³ increase in $PM_{2.5}$ is associated with a 10–25 g reduction in birth weight. Although this may appear minimal at the individual level, such incremental shifts translate into a substantial increase in national low-birth-weight (LBW) burden at the population level. In particular, the meta-regression by Ghosh et al. (2021), covering 204 countries, found that air pollution contributes millions of annual preterm and LBW cases globally. Overall, these findings characterize air pollution as a “large-scale epidemiologic force” — a slow, yet consistently acting perinatal risk factor.

Trimester-specific heterogeneity is another critical conclusion. First-trimester exposure may disrupt organogenesis, gene expression, and epigenetic programming. Third-trimester exposure is often linked to impaired fetoplacental perfusion and slowed fetal growth.

Chinese and European cohort studies have repeatedly shown that third-trimester $PM_{2.5}$ exposure has the strongest influence on birth weight. This is biologically plausible because the fetus gains most of its mass during this period, and perfusion deficits can lead directly to growth restriction.

Placental mechanisms strongly support the epidemiological evidence. Black carbon accumulation on the fetal side of the placenta and the documented translocation of particles into fetal tissues provide direct mechanistic explanations for observed adverse developmental outcomes. These biological pathways reinforce the consistency of epidemiological associations and highlight the plausibility of causal relationships.

Climatic and socioeconomic conditions act as additional modulators. Large urban centers with high traffic density tend to accumulate environmental and perinatal risks. Indoor pollution—stemming from solid-fuel use, poor ventilation, and crowded living conditions—further amplifies

these risks, especially in low-income settings. This aligns with global burden analyses showing that perinatal risks more than double when ambient and indoor pollution coexist.

Despite these strong findings, several limitations must be considered.

First, many studies assess exposure at the regional rather than individual level, creating potential for exposure misclassification. Second, genetic susceptibility and epigenetic adaptation are not sufficiently captured in most models.Third, pollutant mixtures ($PM_{2.5}$ + NO_2 + O_3) and their combined effects remain understudied, although fetuses are exposed to complex aerosol mixtures rather than isolated compounds.

Nevertheless, the volume, quality, and global consistency of existing evidence clearly indicate that air pollution is a clinically meaningful risk factor for fetal development during pregnancy. It significantly influences epidemiological trends in perinatal outcomes and must take central priority in strategies aimed at protecting maternal and child health.

CONCLUSION

Ambient air pollution is one of the major ecological risk factors affecting the delicate biological processes of pregnancy. Prenatal exposure to $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, and other pollutants is consistently associated with adverse perinatal outcomes—including reduced birth weight, preterm birth, intrauterine growth restriction, and placental dysfunction—as confirmed by multiple meta-analyses, global burden assessments, and histological studies.

1. Prenatal exposure to pollutants has statistically and clinically significant effects, leading to reduced birth weight, increased risk of preterm birth, and higher incidence of IUGR. Meta-analyses show that each 10 μg/m³ rise in $PM_{2.5}$ reduces birth weight by 10–25 g and increases preterm birth risk by 5–12%, findings replicated across different climates, demographics, and regions.
2. Placental transfer and placental dysfunction mechanisms form the pathophysiological basis for developmental delays. The detection of ultrafine black carbon particles on the fetal side of the placenta—along with associated oxidative stress, inflammation, and alterations in gene expression—provides direct biological evidence of prenatal harm.
3. Environmental and socioeconomic factors jointly intensify perinatal risks, especially in large cities and low-income regions. Combined exposure to outdoor and indoor pollutants (notably from solid-fuel use) creates dual pressure on fetal development and deepens health inequities.

REFERENCES.

1. Wu CT, Wu TS, Ku MS. The Impact of Fine Particulate Matter on Embryonic Development. Int J Mol Sci. 2024 Jun 10;25(12):6399. doi: 10.3390/ijms25126399. PMID: 38928108; PMCID: PMC11204323.
2. Fussell JC, Jauniaux E, Smith RB, Burton GJ. Ambient air pollution and adverse birth outcomes: A review of underlying mechanisms. BJOG. 2024 Apr;131(5):538-550. doi: 10.1111/1471-0528.17727. Epub 2023 Nov 30. PMID: 38037459; PMCID: PMC7615717.
3. Desye, B., Berihun, G., Geto, A. K., Berhanu, L., & Daba, C. (2024). Exposure to ambient air pollutions and its association with adverse birth outcomes: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. Frontiers in Public Health, 12, 1488028. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1488028
4. Sundar, J. S., & Hema Priya, A. (2024). Impact of ambient and indoor air pollution on birth weight: a systematic review. International Journal of Community Medicine and Public Health. https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20241853
5. Prenatal exposure to particulate matter and term low birth weight: systematic review and meta-analysis. (2020). Environmental Science and Pollution Research. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09076-6

6. Maternal exposure to ambient PM2.5 and term birth weight: A systematic review and meta-analysis of effect estimates. (2021). Environmental Pollution. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118697

7. Ambient fine particulate matter and pregnancy outcomes: An umbrella review. (2023). Environmental Research. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116180

8. Prenatal PM2.5 Exposure and Its Association with Low Birth Weight: A Systematic Review and Meta-Analysis. (2024). Environmental Health and Preventive Medicine. https://doi.org/10.1186/s12199-024-01551-8

9. Parasin, N., & Amnuaylojaroen, T., & Saokaew, S. (2024). Prenatal $PM_{2.5}$ Exposure and Its Association with Low Birth Weight: A Systematic Review and Meta-Analysis. Toxics, 12(7), 446. https://doi.org/10.3390/toxics12070446

10. Ghosh R, Causey K, Burkart K, Wozniak S, Cohen A, Brauer M. Ambient and household PM2.5 pollution and adverse perinatal outcomes: A meta-regression and analysis of attributable global burden for 204 countries and territories. PLoS Med. 2021 Sep 28;18(9):e1003718. doi: 10.1371/journal.pmed.1003718. Erratum in: PLoS Med. 2021 Nov 2;18(11):e1003852. doi: 10.1371/journal.pmed.1003852. PMID: 34582444; PMCID: PMC8478226.

11. Liu T, Xu Y, Gong Y, Zheng J, Chen Z. The global burden of disease attributable to preterm birth and low birth weight in 204 countries and territories from 1990 to 2019: An analysis of the Global Burden of Disease Study. J Glob Health. 2024 Jul 12;14:04109. doi: 10.7189/jogh.14.04109. PMID: 38991211; PMCID: PMC11239190.

12. Parasin N, Amnuaylojaroen T, Saokaew S. Prenatal $PM_{2.5}$ Exposure and Its Association with Low Birth Weight: A Systematic Review and Meta-Analysis. Toxics. 2024 Jun 21;12(7):446. doi: 10.3390/toxics12070446. PMID: 39058098; PMCID: PMC11280910.

13. Maleki M, Anvari E, Hopke PK, Noorimotlagh Z, Mirzaee SA. An updated systematic review on the association between atmospheric particulate matter pollution and prevalence of SARS-CoV-2. Environ Res. 2021 Apr;195:110898. doi: 10.1016/j.envres.2021.110898. Epub 2021 Feb 18. PMID: 33610583; PMCID: PMC7891063.

14. Gong C., et al. (2022). Maternal exposure to ambient $PM_{2.5}$ and term birth weight. *Science of the Total Environment*, *838*, 156012. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156012

15. Ghosh R., Causey K., Burkart K., Wozniak S., Cohen A., & Brauer M. (2021). Ambient and household PM2.5 pollution and adverse perinatal outcomes: A meta-regression and analysis of attributable global burden for 204 countries and territories. *PLOS Medicine, 18*(7), e1003718. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003718

16. Bongaerts E., Lecante, L. L., Bové H., Roeffaers M. B. J., Ameloot M., Fowler P. A., & Nawrot T. (2022). Maternal exposure to ambient black carbon particles and their presence in maternal and fetal circulation and organs: an analysis of two independent population-based observational studies. *The Lancet Planetary Health, 6*(10), e804–e811. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00200-5

17. Bové, H., Bongaerts, E., Slenders, E. *et al.* Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. *Nat Commun* 10, 3866 (2019). https://doi.org/10.1038/s41467-019-11654-3

18. World Health Organization. (2024, October 24). *Ambient (outdoor) air quality and health*. WHO. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%28outdoor%29-air-quality-and-health

AHOLINING EKOLOGIK XAVFSIZLIGINI OSHIRISHDA SANITARIYA-PROFILAKTIKA CHORALARINING O‘RNI

Maxamatov Umidjon Shoirjonovich, G‘aniyeva Dilnavozxon Dilmurod qizi
Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti

Annotatsiya: Ushbu maqolada ekologik omillarning aholi salomatligiga ko‘rsatadigan ta’siri, atrof-muhit ifloslanishining inson organizmidagi fiziologik jarayonlarga ta’siri hamda sanitariya-profilaktika choralari orqali ushbu xavflarni kamaytirishning ilmiy asoslari yoritilgan. Tadqiqot davomida atmosfera havosi, ichimlik suvi va tuproqning gigiyenik holati o‘rganilib, ularning sifatsizligi bilan kasalliklar tarqalishi o‘rtasidagi bog‘liqlik tahlil qilindi. Shuningdek, aholining ekologik madaniyati va gigiyenik ko‘nikmalarining sog‘liqni saqlashdagi ahamiyati asoslab berildi. Maqolada ekologik monitoring, gigiyenik baholash, laborator-kimyoviy tahlil, statistik tahlil va sotsiologik so‘rov kabi metodlar qo‘llanilgan. Olingan natijalar asosida ekologik xavfsizlikni ta’minlash, kasalliklarning oldini olish, sanitariya-profilaktika nazoratini takomillashtirish va aholining ekologik xabardorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi. Mazkur ish kelajakda ekologik sog‘lom muhit yaratish, kasalliklarni erta aniqlash va ularning profilaktikasini kuchaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: ekologik xavfsizlik, sanitariya-profilaktika, atmosfera ifloslanishi, ichimlik suvi, tuproq gigiyenasi, ekologik monitoring, respirator kasalliklar, ichak infeksiyalari, og‘ir metallar, pestitsidlar, gigiyenik baholash, profilaktika choralari, ekologik madaniyat.

Аннотация: В данной статье рассмотрено влияние экологических факторов на здоровье населения, а также отражено воздействие загрязнения окружающей среды на физиологические процессы организма человека. Обоснована роль санитарно-профилактических мероприятий в снижении экологических рисков и предупреждении заболеваний, связанных с воздействием неблагоприятных факторов среды. В ходе исследования изучены гигиеническое состояние атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы, а также проанализирована взаимосвязь между их качеством и распространённостью различных заболеваний. Дополнительно оценены уровень экологической культуры населения, соблюдение гигиенических навыков и их значимость для охраны здоровья. В исследовании применялись методы экологического мониторинга, гигиенической оценки, лабораторно-химического анализа, статистического анализа и социологического опроса. На основе полученных результатов разработаны предложения по повышению экологической безопасности, улучшению системы санитарно-профилактического контроля, снижению уровня заболеваемости и повышению экологической осведомлённости населения. Работа способствует формированию научно обоснованных подходов к созданию экологически благоприятной среды и совершенствованию профилактических мер.

Ключевые слова: экологическая безопасность, санитарно-профилактические мероприятия, загрязнение воздуха, качество питьевой воды, гигиена почвы, экологический мониторинг, респираторные заболевания, кишечные инфекции, тяжёлые металлы, пестициды, гигиеническая оценка, профилактика, экологическая культура.

Abstract: This article examines the influence of environmental factors on public health and highlights the effects of environmental pollution on human physiological processes. The role of sanitary and preventive measures in reducing ecological risks and preventing diseases caused by adverse environmental conditions is substantiated. The study evaluates the hygienic condition of ambient air, drinking water, and soil, as well as the correlation between their quality and the prevalence of various diseases. Additionally, the level of environmental awareness among the population, compliance with hygiene practices, and their significance for health protection are

assessed. The research employed methods of environmental monitoring, hygienic assessment, laboratory and chemical analysis, statistical analysis, and sociological surveys. Based on the findings, proposals were developed to improve environmental safety, enhance sanitary and preventive control systems, reduce disease incidence, and increase ecological awareness among the population. This work contributes to the development of scientifically grounded approaches to creating an environmentally favourable environment and strengthening preventive measures.

Keywords: environmental safety, sanitary and preventive measures, air pollution, drinking water quality, soil hygiene, environmental monitoring, respiratory diseases, intestinal infections, heavy metals, pesticides, hygienic assessment, prevention, environmental awareness.

KIRISH.

Atrof-muhit xavfsizligi va uning aholining sog‘ligiga ta’siri zamonaviy tibbiy profilaktika va jamoat salomatligining eng dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. So‘nggi o‘n yilliklarda sanoatning jadallashuvi, urbanizatsiya jarayonlari, transport vositalari sonining ortishi, intensiv qishloq xo‘jaligi faoliyati, energetika sarfining ko‘payishi natijasida ekologik muhit sezilarli darajada o‘zgarib bormoqda. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, atrof-muhit omillari aholi orasida yuqumli va yuqumsiz kasalliklarning rivojlanishiga, umr davomiyligiga, immun tizimi faolligiga, bolalar salomatligiga va surunkali kasalliklar xavfiga bevosita ta’sir qiladi. Shu sababli ekologik xatarlar sharoitida sanitariya-profilaktika choralarini takomillashtirish bugungi kunda tibbiy-biologik tadqiqotlarning ustuvor vazifalaridan biridir.

Adabiyotlarda havoning ifloslanishi inson sog‘lig‘iga eng ko‘p ta’sir qiluvchi omillardan biri sifatida ko‘rsatiladi. PM2.5, PM10 zarrachalari, azot oksidlari, oltingugurt dioksidi, ozon, uglerod oksidi kabi moddalarning yuqori konsentratsiyasi nafas yo‘llari kasalliklari, astma, bronxit, yurak-qon tomir kasalliklari xavfini oshirishi ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, har yili millionlab insonlar havoning bo‘shqa darajada ifloslanishi sababli erta vafot etmoqda. Sanoat hududlarida olib borilgan epidemiologik tadqiqotlar esa ifloslanish ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lgan joylarda surunkali obstruktiv o‘pka kasalligi, allergik kasalliklar va yurak ishemik kasalliklari uchrash tezligi yuqoriligini ko‘rsatgan. Bu esa havo monitoringi, ekologik me’yorlarga rioya etish va gigiyenik nazoratning dolzarbligini yanada kuchaytiradi.

Suvning gigiyenik sifati ham adabiyotlarda eng ko‘p o‘rganilgan ekologik omillar sirasiga kiradi. Ichimlik suvining mikrobiologik ifloslanishi, unda nitratlar, pestitsidlar, og‘ir metallar, organik va kimyoviy moddalar mavjudligi ko‘plab yuqumli kasalliklar, metabolik buzilishlar, bolalarda rivojlanish nuqsonlari, jigar va buyrak kasalliklariga olib kelishi mumkinligi ilmiy asoslangan. Xalqaro tadqiqotlar ichimlik suvini tozalash tizimlarining eskirganligi, dezinfeksiya yetarli darajada olib borilmasligi, suv tarmoqlarining yaroqsizligi infeksion kasalliklar tarqalishiga zamin yaratishini ko‘rsatadi. Ayniqsa gepatit A, ich terlama, dizenteriya, parazitar kasalliklar suv orqali yuqish xavfi yuqori bo‘lgan kasalliklar sirasiga kiradi. Shuningdek, suvda qo‘rg‘oshin, mishyak, simob kabi toksik elementlarning mavjudligi uzoq muddatli ta’sirda saraton, endokrin buzilishlar, asab tizimi zararlanishi kabi og‘ir oqibatlarga olib kelishi haqida adabiyotlarda ko‘plab dalillar mavjud.

Tuproqning kimyoviy va biologik ifloslanishi ham ekologik xavf omili sifatida keng yoritilgan. Qishloq xo‘jaligida haddan tashqari o‘g‘it va pestitsidlardan foydalanish, sanoat chiqindilarining nazoratsiz tashlanishi, metallurgiya korxonalarining faoliyati tuproqda og‘ir metallar to‘planishiga olib keladi. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, bunday tuproqlarda yetishtirilgan mahsulotlarda toksik elementlarning to‘planishi kuzatiladi, bu esa odam organizmida immun, endokrin va gematologik tizimlarga zarar yetkazishi mumkin. Ayniqsa bolalar tuproq orqali yuqadigan toksinlarga ko‘proq sezgir bo‘lib, tuproqning gigiyenik holati bolalar salomatligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Ekologik gigiyena bo‘yicha zamonaviy tadqiqotlar aholi o‘rtasida ekologik madaniyatni oshirishning muhimligini ta’kidlaydi. Adabiyotlarda qayd etilishicha, ekologik ma’lumotga ega aholi guruhlari ichimlik suvidan foydalanishda ehtiyot choralariga rioya qiladi, chiqindilarni saralashga moyil bo‘ladi, havo ifloslanishi yuqori joylarda o‘zini himoya qilish choralarini ko‘radi. Ekologik savodxonlik past bo‘lgan hududlarda esa kasallanish ko‘rsatkichlari yuqori, gigiyenik talablar past darajada ekani aniqlangan. Shu sababli ekologik ta’lim va ommaviy gigiyena targ‘iboti sanitariya-profilaktika tizimining ajralmas qismi sifatida qaralmoqda.

Oxirgi yillarda ekologik monitoringning raqamlashtirilishi va ilmiy texnologiyalardan foydalanish bo‘yicha ham ko‘plab ilmiy ishlar chop etilgan. GIS texnologiyalari, raqamli xaritalash, masofadan zondlash, onlayn monitoring tizimlari, avtomatlashtirilgan tahlil uskunalari orqali ifloslanishning tarqalish dinamikasi, xavf zonalarini aniqlash, profilaktik choralar samaradorligini baholash ancha osonlashgan. Adabiyotlarda bunday integrallashgan monitoring tizimlari ekologik xavflarni erta aniqlash, sanitariya-gigiyena choralarini to‘g‘ri rejalashtirish va jamoat salomatligini muhofaza qilishda katta ahamiyatga ega ekanligi ta’kidlanadi.

Ekologik omillarning surunkali kasalliklar rivojlanishiga ta’siri bo‘yicha ilmiy adabiyotlar ham juda keng. Xususan, havoning ifloslanishi yurak-qon tomir kasalliklari, diabet, saraton kasalliklari, gepatotoksik buzilishlar va nevrologik kasalliklar xavfini oshirishi bo‘yicha ko‘plab dalillar keltirilgan. Bu esa ekologik xavflarning faqat jadal yuqumli kasalliklar emas, balki uzoq muddatli fiziologik o‘zgarishlarga ham sabab bo‘lishini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ekologik omillar tibbiy profilaktikaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, samarali sanitariya-gigiyenik nazorat, monitoring tizimlarini kuchaytirish, aholi ekologik madaniyatini rivojlantirish va ilmiy asoslangan profilaktika strategiyalarini ishlab chiqish zarur. Ekologik xavflarning ortib borishi ushbu sohada yangi yondashuvlar, innovatsion texnologiyalar va kompleks tadqiqotlarga ehtiyojni yanada oshirmoqda. Shu bois ushbu tadqiqot atrof-muhit omillarining salomatlikka ta’sirini ilmiy jihatdan tahlil qilish va profilaktik choralarni takomillashtirishga qaratilgan.

TADQIQOT OBYEKTI

Ushbu tadqiqotning obyektini atrof-muhitning asosiy komponentlari — atmosfera havosi, ichimlik suvi, tuproq qatlami hamda ushbu komponentlarning gigiyenik holatiga bevosita ta’sir qiluvchi ekologik omillar tashkil etdi. Shuningdek, aholining ekologik madaniyati, sanitariya-gigiyena qoidalariga amal qilishi, sog‘lom turmush tarzi ko‘nikmalari va profilaktik choralarga munosabati ham tadqiqot obyektining muhim bo‘lagi sifatida o‘rganildi. O‘zgarayotgan ekologik sharoitda aholi sog‘ligining himoyalanganlik darajasini baholash uchun turli yosh guruhlari (o‘smirlar, kattalar, keksalar) orasida sog‘liq-xavfsizlik ko‘rsatkichlari ham monitoring qilingan. Shu bilan birga, sanoat zonalari yaqinidagi mahallalar, katta transport qatnovi mavjud hududlar, qishloq xo‘jaligida pestitsidlardan ko‘p foydalaniladigan tumanlar va ekologik toza hududlar taqqoslab o‘rganildi. Bu esa hududlar bo‘yicha ekologik xavf darajasining farqini ham aniqlash imkonini berdi.

TADQIQOT USULLARI

Tadqiqot metodikasida ekologik gigiyena, tibbiy-biologik monitoring va statistik tahlilning bir nechta zamonaviy usullari qo‘llanildi. Birinchi bosqichda atmosfera havosining ifloslanish darajasi maxsus sertifikatlangan portativ gaz-analizatorlar yordamida o‘lchandi. Havo tarkibidagi PM2.5, PM10 zarrachalari, karbon monoksid, azot oksidlari, oltingugurt dioksidi, ozon kabi moddalar konsentratsiyasi o‘rganildi. Ushbu ko‘rsatkichlar O‘zbekiston Respublikasi sanitar-gigiyenik me’yorlari hamda Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tavsiyalari bilan taqqoslanib baholandi. Keyingi bosqichda ichimlik suvining gigiyenik ko‘rsatkichlari (mikrobiologik holat, umumiy qattiqlik, nitratlar darajasi, temir, margumush, og‘ir metallar, mineral tuzlar, qoldiq xlor miqdori) laboratoriya sharoitida tahlil qilindi. Suv namunalarida E.coli, koliform bakteriyalar,

qo‘rg‘oshin, mishyak, simob kabi xavfli moddalar va mikroorganizmlar mavjudligi alohida aniqlab borildi. Tuproq tarkibini aniqlashda esa pestitsid qoldiqlari, og‘ir metallar, neft uglevodorodlari, nitratlar va ionlar miqdori laboratoriya uskunalarida tahlil qilindi.

Aholining gigiyenik madaniyatini aniqlash maqsadida sotsiologik so‘rovnoma ishlatildi. So‘rovnomada 16 ta savoldan iborat bo‘lib, unda odamlarning shaxsiy gigiyena qoidalariga amal qilishi, suvni qaynatish odati, chiqindilarni saralash, havoning ifloslanishidan himoyalanish choralariga munosabat, ekologik ta’lim darajasi va profilaktika bo‘yicha bilimlari baholandi. So‘rovnoma natijalari SPSS statistik dasturi yordamida qayta ishlanib, o‘zaro bog‘liqlik va tendensiyalar aniqlanildi. Bundan tashqari, shifokorlar, epidemiologlar va ekolog olimlarning fikr-mulohazalari ekspert baholash usuli orqali o‘rganildi. To‘plangan ma’lumotlar ekologik monitoringning raqamli xaritalash modellarida aks ettirildi va xavfli hududlar maxsus GIS dasturi yordamida belgilab chiqildi.

TADQIQOT NATIJASI VA TAVFSIYALAR

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari ekologik omillar va aholi salomatligi o‘rtasida sezilarli bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. Atmosfera havosida PM2.5 va NO2 ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lgan hududlarda nafas yo‘llari kasalliklari, ayniqsa bronxit, astma va allergik kasalliklar uchrash darajasi 1,8–2,4 baravar yuqori ekani aniqlandi. Avtomobil harakati zich bo‘lgan hududlarda o‘tkazilgan o‘lchovlarda PM2.5 miqdori ba’zi kunlarda sanitariya me’yoridan 2,7 baravar oshgani qayd etildi. Bu, ayniqsa, bolalar va keksalar sog‘ligi uchun jiddiy xavf tug‘diradi. Shuningdek, havosi nisbatan toza bo‘lgan yashil hududlar aholisi orasida yurak-qon tomir kasalliklari ko‘rsatkichi past bo‘lgani kuzatildi.

Ichimlik suvi tahlillari shuni ko‘rsatdiki, ayrim qishloq joylarda suv tarkibida nitratlar me’yoridan 3–4 baravar oshgan. Bu esa bolalarda metgemoglobinemiya va oshqozon-ichak kasalliklari xavfini kuchaytiradi. Shahardagi eski suv tarmoqlarida koliform bakteriyalar topilgan holatlar ham qayd etildi, bu esa infeksion tarqalish xavfini oshiradi. Tadqiqot hududidagi suvlarning 18 foizida qoldiq xlorning me’yordan pastligi aniqlanib, dezinfeksiya jarayoni yetarli emasligi ma’lum bo‘ldi.

Tuproq tahlillari natijalari ham ekologik vaziyatning murakkabligini ko‘rsatdi. Qishloq xo‘jaligida ko‘p miqdorda azotli o‘g‘itlar qo‘llanadigan hududlarda tuproqdagi nitratlar miqdori sanitariya me’yoridan 2–3 baravar, ayrim joylarda esa pestitsid qoldiqlari me’yordan 5 baravargacha oshgan. Sanoat korxonalari yaqinidagi tuproqlarda qo‘rg‘oshin va kadmiy darajasi yuqori ekani qayd etildi. Bu hududlarda yashovchi aholida teri kasalliklari, allergik reaksiyalar va gematologik o‘zgarishlar ko‘proq kuzatilgani aniqlangan.

Sotsiologik so‘rovnoma natijalariga ko‘ra, aholining 46 foizi atrof-muhitning sog‘liq uchun xavf darajasini yetarli darajada bilmasligi, 38 foizi chiqindilarni saralamasligi, 57 foizi havoning ifloslanishi yuqori bo‘lgan hududlarda himoya niqobidan muntazam foydalanmasligi aniqlandi. Ekologik savodxonlik darajasi yuqori bo‘lgan respondentlar orasida esa yuqoridagi ko‘rsatkichlar ancha yaxshi bo‘lgan. Bu esa ekologik madaniyat profilaktika samaradorligini bevosita belgilashini ko‘rsatadi.

O‘tkazilgan monitoring natijalari asosida bir qator gigiyenik, sanitariya-profilaktik va tashkiliy choralar bo‘yicha takliflar ishlab chiqildi. Jumladan, havo sifatini yaxshilash maqsadida yashil hududlar sonini oshirish, avtoulovlar uchun ekologik toza yoqilg‘i turiga o‘tish bo‘yicha targ‘ibot kuchaytirish, suv tarmoqlarini yangilash, mikrobiologik dezinfeksiyani kuchaytirish va mahallalarda ekologik ma’rifat darslarini joriy etish tavsiya qilindi. Shuningdek, xavfli ekologik zonalarda aholiga maxsus gigiyenik tavsiyalar berish, onlayn monitoring tizimlarini joriy etish va ekologik xavf xaritalarini yangilab borish lozimligi ta’kidlandi.

XULOSA

Olib borilgan ilmiy-amaliy tadqiqotlar atrof-muhit omillarining aholining umumiy salomatligiga ta’siri yuqori ekanini va ekologik xavfsizlikni ta’minlashda sanitariya-profilaktika choralarining hal qiluvchi o‘rin tutishini yaqqol ko‘rsatdi. Atmosfera havosi, ichimlik suvi va tuproqning gigiyenik holati ko‘plab hududlarda sanitariya me’yorlaridan chetga chiqayotgani, havodagi mayda zarrachalar (PM2.5, PM10) miqdorining ortishi, suvdagi nitratlar va koliform bakteriyalar sonining ko‘payishi hamda tuproqdagi og‘ir metallar, pestitsidlar qoldiqlari mavjudligi aholi sog‘ligiga jiddiy xavf tug‘dirayotgani aniqlangan.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ekologik ifloslanish yuqori bo‘lgan hududlarda nafas yo‘llari, allergik, yurak-qon tomir va oshqozon-ichak kasalliklari ko‘rsatkichlari sezilarli darajada yuqori. Ichimlik suvining gigiyenik talabga javob bermasligi bolalar orasida metgemoglobinemiya, ichak infeksiyalari va parazitar kasalliklar tarqalishiga sabab bo‘layotganini tasdiqladi. Tuproqdagi pestitsid qoldiqlari esa oziq-ovqat mahsulotlari orqali odam organizmiga o‘tib, uzoq muddatli toksik ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Sotsiologik tahlillar aholining ekologik madaniyati yetarli emasligini, aholining yarmidan ko‘pi ekologik xavflarni to‘g‘ri baholay olmasligini va gigiyenik profilaktika choralariga to‘liq amal qilmasligini ko‘rsatdi. Bu esa profilaktika samaradorligini pasaytiradi. Raqamli monitoring va GIS texnologiyalarining ekologik gigiyenadagi qo‘llanilishi xavf zonalarini aniqlash, aholi salomatligini himoya qilish bo‘yicha tezkor choralarni ishlab chiqish uchun katta imkoniyat yaratayotgani aniqlandi.

Yuqoridagi natijalardan kelib chiqib, quyidagi takliflar ishlab chiqildi:
— atmosfera havosining sifati bo‘yicha avtomatlashtirilgan monitoring tizimini kengaytirish;
— suv ta’minoti tarmoqlarini modernizatsiya qilish, dezinfeksiya jarayonini kuchaytirish;
— qishloq xo‘jaligi hududlarida pestitsidlardan foydalanishni qat’iy nazorat qilish;
— ekologik xavf xaritalarini muntazam yangilab borish;
— aholining ekologik madaniyatini oshirish bo‘yicha ta’lim-targ‘ibot dasturlarini kengaytirish;
— sanitariya-gigiyena xizmatlari faoliyatini zamonaviy texnologiyalar asosida kuchaytirish.

Shunday qilib, kompleks ekologik monitoring va ilmiy asoslangan sanitariya-profilaktika choralarini amalga oshirish orqali aholining ekologik omillardan himoyalanganlik darajasini oshirish va turli kasalliklar xavfini kamaytirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Всемирная организация здравоохранения. Загрязнение воздуха и здоровье населения. Женева: WHO Press, 2022. — 145 с.
2. Министерство здравоохранения Республики Узбекистан. Санитарные нормы и правила по качеству питьевой воды. Ташкент, 2021. — 67 с.
3. Бережнова, Е. И. Экологическая гигиена: Учебное пособие. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 328 с.
4. Kampa, M., Castanas, E. Human health effects of air pollution. Environmental Pollution. — 2019. — №157. — С. 362–367.
5. United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook 6. — Nairobi: UNEP, 2019. — 708 p.
6. Садыкова, Н. М., Юсупов, М. А. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха в условиях городской среды. Журнал гигиены и санитарии. — 2020. — №5. — С. 22–27.
7. Landrigan, P. J., Fuller, R. Pollution and global health: A review. Lancet Public Health. — 2021. — Vol. 6(6). — P. 460–475.
8. Мирзаев, Х. М. Экология ва одам саломатлиги: монография. — Тошкент: Фан, 2018. — 254 б.

9. Tosi, M., Arriola, A. Water contamination and public health risks. Journal of Environmental Safety. — 2020. — Vol. 45(3). — P. 113–126.
10. O‘zbekiston Ekologiya vazirligi. Atrof-muhit monitoringi hisobotlari. — Toshkent, 2023. — 92 b.
11. GOST 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. — Москва: Стандартинформ, 2004. — 24 с.
12. European Environment Agency. Air Quality in Europe Report. — Copenhagen, 2020. — 125 p.

XORAZM VILOYATIDA KO‘P YILLIK HARORAT, YOG‘INGARCHILIKNING IQLIM O‘ZGARISHI VA ATROF-MUHITGA TA’SIRI

Madrimov Rajabboy Masharipovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy tadqiqot instituti

Annotatsiya. *Maqolada Xorazm viloyatida so‘nggi o‘n yilliklarda kuzatilayotgan iqlim o‘zgarishi jarayonlarini ta’sir ko‘rsatishi, haroratning ko‘tarilishi, yog‘ingarchilik miqdorining o‘zgarishi, bug‘lanish jarayonlarining kuchayishi atrof-muhit, qishloq xo‘jaligi va suv resurslariga salbiy ta’sirlari to‘g‘risida fikrlar bildiriladi.*

Kalit so‘zlar: *Tuproq, iqlim o‘zgarishi, harorat, yog‘ingarchilik, bug‘lanish, atrof-muhit, suv resurslari*

Аннотация. *В статье рассматриваются процессы изменения климата, наблюдаемые в Хорезмской области за последние десятилетия, их влияние, повышение температуры, изменение количества осадков и усиление процессов испарения, а также их негативное воздействие на окружающую среду, сельское хозяйство и водные ресурсы.*

Ключевые слова: *почва, изменение климата, температура, осадки, испарение, окружающая среда, водные ресурсы.*

Abstract. *The article examines the processes of climate change observed in the Khorezm region over the past decades, their impacts, the rise in temperature, changes in the amount of precipitation, and the intensification of evaporation processes, as well as their negative effects on the environment, agriculture, and water resources.*

Key words: *soil, climate change, temperature, precipitation, evaporation, environment, water resources.*

KIRISH

Global iqlim o‘zgarishi mintaqaviy darajada haroratning oshib borishi va yog‘ingarchilik rejimlarining o‘zgarishiga olib kelmoqda. Xorazm viloyati sharoitida bu o‘zgarishlar qishloq xo‘jaligi va suv resurslariga katta ta’sir ko‘rsatadi [1,2]. Shu sababli, yillar bo‘yicha yog‘ingarchilik va haroratning dinamikasini tahlil qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Tahlil uchun Xorazm viloyatida kuzatuv nuqtalari bo‘yicha olingan ko‘p yillik (1901-2020yy) ma’lumotlardan foydalanildi. Yog‘ingarchilik yillik yig‘indisi va haroratning o‘rtacha yillik ko‘rsatkichi aniqlandi. Olingan ma’lumotlar asosida dinamika grafiklari va korrelyatsiya tahlili amalga oshirildi.

TADQIQOTNING USULLARI

Izlanishlar ko‘p yillik geostatistik, geografik va kartografik iqlim ma’lumotlarini matematik-statistik usullarda tahlil qilish orqali bajarildi. Aerokosmik materiallar va GAT texnologiyalarida foydalanilgan[6].

OLINGAN MA’LUMOTLAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

Xorazm viloyati O‘zbekistonning shimoli-g‘arbida, Amudaryoning quyi qismi, 60^0-61^0 sharqiy, 40^0-41^0 shimoliy kenglikda joylashgan. Umumiy yer maydoni 608,2 ming gektarni

tashkil etadi. Iqlim havoning statistik ko‘p yillik rejimi bo‘lib, vohaning asosiy geografik tavsifi, tuproqqa ta’sir etuvchi atmosfera jarayonlari shuningdek, issiqlik va suv hamda tuproq paydo qiluvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Xorazm viloyatining shimol va sharq tomonlarida tabiiy to‘siqlarning yo‘qligi, shimoldan Arktika va Sibir tomonidagi sovuq havo massalarining kirib kelishi imkoniyatlar yaratadi. Vohaning iqlimi keskin kontinental bo‘lib, yozi juda issiq va qishi sovuq, yillik harorat amplitudasi juda yuqori, eng yuqori va eng past haroratlar orasidagi farq 78°S gacha yetadi. Hudud iqlimida Qizilqum va Qoraqum cho‘llari ahamiyati nihoyatda katta bo‘lib, qumlar bilan o‘ralganligi havo haroratini 43-45°S gacha ko‘tarilishiga sabab bo‘ladi. Shu davr mobaynida o‘rtacha eng yuqori harorat iyul oyida +35.6^{0}S ni, o‘rtacha eng past harorat esa, yanvar oyida -5.9^{0}Sni tashkil etgan. O‘rtacha eng yuqori havo harorati iyulda +28^{0}S ni, o‘rtacha eng past harorat yanvar oyida -4.1^{0}S ni tashkil etgan. Viloyatning janubiy hududlarida yanvar oyidagi o‘rtacha harorati — 3°S ni, qolganlarida esa, — 4 — 5°S dan iborat, eng past harorat — 32°S — 33°S gacha kuzatilgan (1-rasm).

Viloyatda yillik sovuqsiz kunlar o‘rtacha 200 kunni, chekka janubda 204, shimoliy hududlarda esa, 195 kundan iborat bo‘ladi. Hududning shimoldan janubga tomon cho‘zilganligidan, sovuqsiz kunlarning turlicha bo‘lishi kuzatiladi.

Xorazm viloyati iqlim va tabiati o‘ziga xos xususiyatlaridan, okean va dengiz sarhadlaridan uzoqda joylashganligi tufayli tipik kontinental o‘lkalar qatoriga kiradi. Yozning issiq, qishning sovuq kelishi, sutka davomida ob-havoning keskin o‘zgarib turishi, yog‘in-sochin kamligi va havoning quruqligi — viloyat iqlimining asosiy xususiyatlaridir. Bunday iqlim xususiyatlari viloyatning geografik o‘rniga, quyosh nurlarining tushishiga (quyosh radiatsiyasiga) va yer yuzasining tuzilishiga bog‘liq. Hududda yil davomida quyoshli kunlar ko‘p bo‘lib, yozda quyosh ufqdan ancha baland ko‘tariladi. Yoz mavsumida quyoshning ufqdan balandligi va quyoshli kunlarning ko‘pligi sababli, hudud quyosh radiatsiyasiga boy bo‘lib, har bir kv metr yer yuzasi 140 kkal issiqlikni qabul qiladi[3,4,5].

Yer yuzasi quyoshdan keladigan yillik yalpi radiatsiyaning 70-75%ini qabul qiladi, qolgan 25-30% yer yuzasidan qaytadi. Shuning uchun viloyatda yozda ob-havo o‘zgarishi kam, qishda esa, quyosh radiatsiyasini susayishi natijasida kirayotgan har bir havo massasi haroratni hamda ob-havoni tez o‘zgartira oladi. Bundan tashqari, noyabr oyi o‘rtasidan mart oyigacha yer yuzasining nur sochish yo‘li bilan yo‘qotadigan issiqligi, unga quyoshdan keladigan issiqlikdan oshib ketishi ham qish oylarida ob-havoning o‘zgarishiga sabab bo‘ladi. Bu ham qishda sovuq bo‘lishiga ma’lum darajada ta’sir qiladi.

Quyosh radiatsiyasining iqlim tarkibida muhim rol o‘ynashi bilan birga, viloyatning eng yirik tabiiy boyligi hisoblanadi. Yilning barcha fasllarida shimoli-sharqiy shamollar ustunlik qiladi. Ayniqsa, yozda garmsel ya’ni issiq, yoqimsiz shamol esadi, havo harorati keskii ko‘tariladi, nisbiy namlik pasayadi.



1-rasm. Xorazm viloyati uzoq yillar mobaynida harorat tendensiyasi dinamik o‘zgarishi

Xorazm viloyati respublikaning yog‘in eng kam yog‘adigan hududlardan biri sanaladi. O‘rtacha yillik yog‘in miqdori 80-110 mm dan iborat, bug‘lanish esa, yog‘in-sochin miqdoridan 18-19 baravar yuqori, yog‘ingarchilikning 40% i bahor fasliga, 20-25% i kuz hamda 30-35% i qishga, atigi 10% i yoz mavsumiga to‘g‘ri keladi. Iyul, avgust, sentyabr oylarida o‘rtacha oylik yog‘in miqdori 2 mm ga to‘g‘ri keladi. Eng ko‘p yog‘in mart oyida (20-25 mm) yog‘adi (2-rasm).



2-rasm. Xorazm viloyati uzoq yillar mobaynida yog‘ingarchilik tendensiyasi dinamik o‘zgarishi

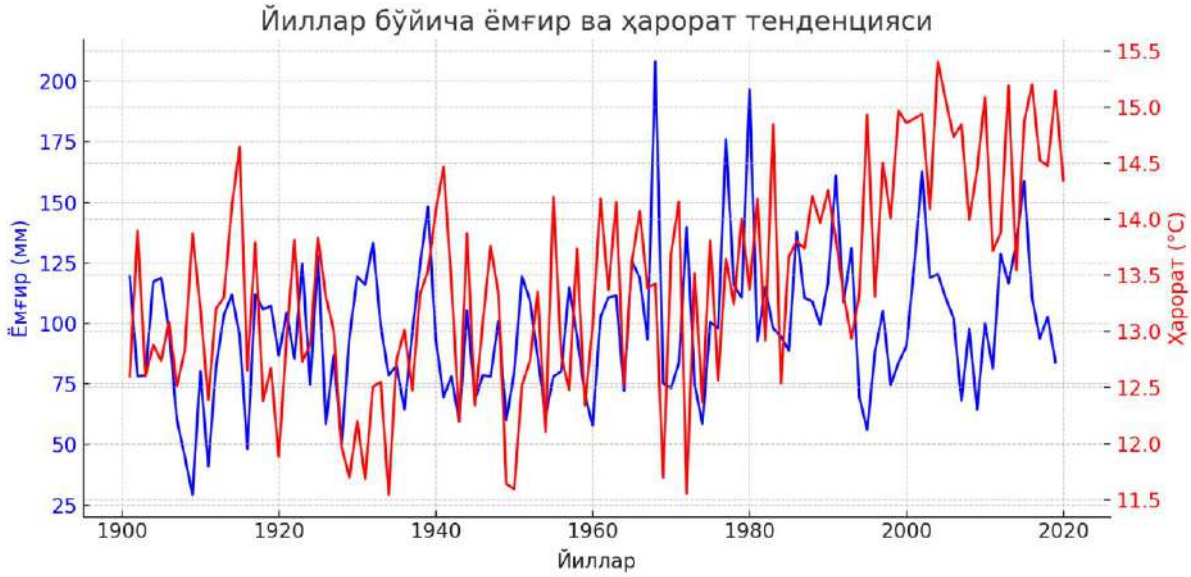
Viloyatda yil davomida bir havo massasi ikkinchi havo massasi bilan almashinib turadi. Havo massalari almashinishining takrorlanishi, shamolning kuchiga, yil fasllariga, ob-havo sharoitiga, umuman hudud iqlimiga katta ta’sir qiladi. masalan, sovuq havo massalari tez-tez kelib tursa havo sovuq keladi, issiq havo massalari kelsa, aksincha havoning isib ketishiga sabab bo‘ladi. Viloyatda havo massalarining almashinishi bevosita mamlakatimiz havo massalari bilan bog‘liq[6].

Havo massalarining almashinish xususiyatlari to‘g‘risida aniq tasavvur ega bo‘lish uchun yilning, bir-biridan keskin farq qiladigan yoz va kuz mavsumlarini misol tariqasida ko‘rish

maqsadga muvofiq bo‘ladi. Qishda Sibirda yuqori bosim oblasti (antitsiklon) vujudga keladi. Shu tufayli, respublikamizda atmosferaning pastki qatlamlarida ko‘pincha kuchsiz shamol esadi. Havo ochiq bo‘lsa, kechasi yer nur sochish yo‘li bilan ham soviydi. Bunday sovuq havo massasi Eron, Afg‘onistondagi iliq havodan ajratib turuvchi qutb frontidan tashkil topadi. U respublikaning janubiy chegarasidan vujudga kelib, front atrofida siklonlar hosil qiladi va uning harakatini kuchaytiradi. Ana shu issiq tropik havoni olib kelishi tufayli, havo harorati oldingisiga nisbatan 10-20°S ga ko‘tarilib, bulutlar ko‘payishiga sabab bo‘ladi. Viloyatda qish oylarida havoning isib ketishi,

Erondan tropik havo massasining kirib kelishi bilan bog‘liq. Yog‘inlarning ham aksariyati ana shu havo massasi (siklonlar) o‘tganda yog‘adi, shuningdek, qish kunlarining tahminan 25% ga yaqini shunday kunlar tashkil qiladi. Viloyat hududiga siklonlarning kirib kelishi bahor mavsumida ham kuzatilishi natijasida bu mavsumda ham yog‘in ko‘p yog‘adi.

Xorazm viloyatida iqlim o‘zgarishilarini uzoq yillar mobaynida dinamik o‘zgarishlari tahlillardan ko‘rinib turibdiki, vaqt davomida harorat izchil oshib borayotganligi, yog‘ingarchilikni esa yillar bo‘yicha sezilarli darajada o‘zgaruvchan bo‘lib qolganligini kuzatish mumkin (3-rasm).



3-rasm. Xorazm viloyati uzoq yillar mobaynida yog‘ingarchilik va haroratning qiyosiy tahlillari

Xorazm viloyatida so‘nggi 30–40 yil davomida o‘rtacha yillik harorat 1,5–2,0°C ga oshgani kuzatilmoqda, yoz faslida harorat 40°C dan yuqori kunlar soni ko‘paygan (3-rasm). Qish faslida sovuq kunlar soni qisqargan, bu esa tabiiy ekotizimlarning mavsumiy ritmiga ta’sir qilmoqda. Havo haroratining o‘sishi bug‘lanish jarayonlarini jadallashtirgan, bu holat suv tanqisligini yanada kuchaytiradi. Shuningdek, yog‘ingarchilik miqdori 10–15% ga kamayganligi, bahor va yoz oylarida qurg‘oqchilik tendensiyasi sezilarli darajada oshgan (3-rasm). Yog‘ingarchilikning mavsumiy notekis taqsimlanishi ba’zi yillarda yomg‘irlar qisqa vaqtda yog‘ishi va tuproq degradatsiyasini keltirib chiqarmoqda. Qishda qorning kam yog‘ishi suv zaxiralari shakllanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.

Iqlim o‘zgarishi Xorazm viloyati ekotizimlarining barqarorligiga jiddiy ta’sir etmoqda ya’ni,

- *Suv resurslari:* Amudaryo hajmining qisqarishi va suvning tez bug‘lanishi natijasida irrigatsiya tizimidagi samaradorlik pasaymoqda.
- *Qishloq xo‘jaligi:* Haroratning ortishi paxta, g‘alla va sabzavotlar hosildorligiga ta’sir qilmoqda. Qurg‘oqchilik natijasida sug‘orish ehtiyoji oshmoqda.

- *Biologik xilma-xillik:* O‘simlik va hayvonot turlari arealining o‘zgarishi, ayrim turlarning yo‘qolish xavfi kuchaymoqda.
- *Tuproq degradatsiyasi:* Namlikning kamayishi va shamol eroziyasi natijasida qumli maydonlar kengaymoqda.

Iqlim o‘zgarishining salbiy ta’sirlarini yumshatish uchun quyidagi yo‘nalishlarda ya’ni, suvni tejaydigan texnologiyalarni joriy etish (tomchilatib sug‘orish, qayta foydalanish), yosh daraxtzorlar va yashil hudlarni ko‘paytirish, iqlimga chidamli qishloq xo‘jalik ekinlarini yetishtirish, atrof-muhit monitoring tizimini takomillashtirish, aholi o‘rtasida ekologik savodxonlikni oshirish choralarini ko‘rish lozim.

XULOSA

Xorazm viloyatidagi ko‘p yillik harorat va yog‘ingarchilik o‘zgarishlari vohada iqlim o‘zgarishi jarayonlarining kuchayib borayotganini ko‘rsatmoqda. Bu esa, atrof-muhit barqarorligi, suv resurslari va aholi turmush darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Iqlim o‘zgarishi oqibatlarida suv taqchilligi, cho‘llanish va qo‘rg‘oqchilik jarayonlarini kuchayishi, yerlarni degradatsiyaga uchrashi [7,8,9,10,11]. kabi holatlarni oldini olish uchun yashil texnologiyalarni ishlab chiqish samarali hisoblanadi. Shuning uchun iqlimga moslashish va uning ta’sirini kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan kompleks ekologik chora-tadbirlarni amalga oshirish dolzarb ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Мадримов Р.М. Эколого-генетические аспекты, эволюция и отсенка плодородия почв Ташсакинского плато. Автореф. дисс …доктора философии (РҳД) по биологическим наукам, Ташкент. 2019.- 44-с.
2. Гафурова Л.А., Мадримов Р.М., Разаков А.М., Набиева Г.М. Экология, генезис, трансформация и эволюция почв Питнякского оазиса // Коллективная монография. ISVN 978-5-98482-089-9. Москва 2019. С. 101-120.
3. Хоразм вилояти тупроқлари , Тошкент, Фан, 2003,125б
4. Куст Г.С., Андреева О.В. Проблема опустынивания и почвы // Почвы в биосфере и жизни человека: монография. – Москва, 2012, – С. 70-117.
5. Kust G.S. To the treatment and interpretation of the - desertification‖ term in Russia //Arid Ecosystems. – 2011. – Т. 1. – №. 4. – S. 299-304.
6. Sultanov M.Q., Safarov E.Yu. Kosmik metod asosida landshaftlarni tasniflash va ularni baholash masalalari (Xorazm vohasi misolida). // O‘zbekiston Geografiya jamiyati axboroti. 44-jild. – T., 2014. – B. 139-141.
7. Djalilova G., Nurullaev A. Model of artificial sprinkling to study the influence of slope steepness and rainfall rate on soil erosion. Malaysian Journal of Soil Science, 28, 268–275 (2024).
8. Dauletmuratov M., Gafurova L., Djalilova G., Ergasheva O., Xalmuratova B., Umarov M. Study on agrochemical information and analytical systems in irrigated agriculture. E3S Web of Conferences, 563, 03083 (2024). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456303083
9. Gafurova L.A., Savin I.Yu., Djalilova G.T. Updating of soil map of mountainous regions of Uzbekistan. Bulletin of Dokuchaev Soil Science Institute, 118, 21–47 (2024). https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-118-21-47
10. Ruziyev I.M., Yusupov G.U., Djalilova G.T., Igamberdiyeva D.A., Kodirova D.A. Development of Geographic Information System (GIS) to Change the Level of Soil Salinity in Syrdarya Region. AIP Conference Proceedings (2022). https://doi.org/10.1063/5.0097347
11. Djalilova G., Mamatkulova F., Mamatkulova Z., Igamberdiyeva D., Eshquvatov Q. Long-term monitoring of the vegetation cover of mountain territories in the GIS for soil and landscape study of territories. E3S Web of Conferences, 264, 01004 (2021). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126401004

IQLIM O‘ZGARISHI OQIBATIDA CHANG BO‘RONLARINING ORTISHI VA MONITORINGI

Kuldashova Shaxnoza Abdulazizovna
Termiz davlat pedagogika instituti ilmiy ishlar bo‘yicha prorektori, kimyo fanlari doktori,
Maxammadiyev Asadulla Sharafiddinovich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Yer yuzi bo‘yicha potentsial zararli elementlar qatorida, changlarning ham ta‘siri ortib borishini aytishimiz mumkin. O‘zbekiston Respublikasida chang bo‘ronlariga qarshi kurashish va ularning oqibatlarini yumshatish bo‘yicha 2024 — 2030-yillarga mo‘ljallangan milliy dasturi, Surxondaryo viloyatida afg‘on shamolining salbiy ta’sirini kamaytirish va ekologik vaziyatni yaxshilash maqsadida 2024–2030-yillarda amalga oshiriladigan chora-tadbirlar dasturiga muvofiq global iqlim o‘zgarishining chang bo‘ronlariga ta’sirini ilmiy jihatdan o‘rganish, PM_{10} va $PM_{2,5}$ *(diametri 10 mikrometr yoki undan kichik bo‘lgan zarrachalar)* mkmli chang zarrachalarining ta‘sir etish darajalarini baholab borish hamda Surxondaryo viloyatida kuzatiladigan chang bo‘ronlari (Afg‘on shamoli) paytida PM_{10} va $PM_{2,5}$ mkmli zarrachalarning asosiy ta‘sirlari va toksiklik darajalari aniqlash bo‘yicha monitoring hamda tadqiqotlar olib borildi.

Kalit so‘zlar. Chang bo‘ronlari, iqlim o‘zgarishi, insonlar salomatligiga ta‘sir, PM_{10} va $PM_{2,5}$ mkmli chang zarrachalari, chang monitoring, Surxondaryo viloyatida kuzatiladigan chang bo‘ronlari.

Аннотация. Среди потенциально вредных элементов на поверхности Земли мы можем сказать, что воздействие пыли также увеличивается. В соответствии с национальной программой борьбы с пыльными бурями и смягчения их последствий в Республике Узбекистан на 2024-2030 годы, программой мер, реализуемых в Сурхандарьинской области на 2024-2030 годы в целях снижения негативного воздействия афганского ветра и улучшения экологической обстановки,проведено научное исследование влияния глобального изменения климата на пыльные бури, проведено исследование воздействия пыльных бурь частицы диаметром (10 микрометров или меньше PM_{10} и $PM_{2,5}$ мкм). частиц были проведены мониторинг и исследования для оценки уровней воздействия и определения основных эффектов и уровней токсичности частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$ мкм во время пыльных бурь (Афганский ветер), наблюдаемых в Сурхандарьинской области.

Ключевые слова. Пыльные бури, изменение климата, влияние на здоровье человека,частицы пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ мкм, мониторинг пыли, пыльные бури, наблюдаемые в Сурхандарьинской области.

Annotasia. Among the potentially harmful elements on the Earth's surface, we can say that the impact of dust is also increasing. In accordance with the National Program for Combating Dust Storms and Mitigating Their Consequences in the Republic of Uzbekistan for 2024-2030, the Program of Measures to Reduce the Negative Impact of the Afghan Wind and Improve the Ecological Situation in the Surkhandarya Region for 2024-2030, monitoring and research were conducted to scientifically study the impact of global climate change on dust storms, assess the levels of exposure to PM_{10} and $PM_{2.5}$ (particles with a diameter of 10 micrometers or less), and determine the main effects and toxicity levels of PM_{10} and $PM_{2.5}$ particles during dust storms (Afghan wind) observed in the Surkhandarya region.

Keywords. Dust storms, climate change, human health impacts, PM_{10} and $PM_{2,5}$ μm dust particles, dust monitoring, dust storms observed in Surkhandarya region.

KIRISH

Yer yuzi bo‘yicha jadalashib borayotgan iqlim o‘zgarishining chang bo‘ronlari ortishiga jiddiy ta‘siri bor bo‘lib, har bir zarra va moddaning parchalanishi uchun maksimal harorat ta‘sir etirish kerak bo‘ladi. Haroratning ortishi cho‘l hududlarida keskin qizishi sababli qum va chang zarrachalarining parchalanishiga (chaqnashiga) olib kelib, chang zarrachalarining uchuvchalik darajasini ortirib yubormoqda, bu esa shamol tezligi sekin kechgan vaqtda ham chang bo‘ronlariga (chang to‘zonlariga) olib kelmoqda.

Kuchli shamollar atmosferaga har yilli taxminan 2 milliard tonnadan ortiq chang zarrachalari ko‘tarilishiga sabab bo‘ladi[1].

Yer yuzida eng ko‘p chang bilan ifloslantiruvchi mintaqalarga Afrika va Osiyo hududlaridan atmosferaga chiqadigan chang zarralari hisoblanadi[2,3].

Chang chiqindilarining ko‘payishi Mo‘g‘uliston cho‘llarida 7 marta kuchaygan. Oxirgi yillarda rekord darajadagi qum va chang bo‘ronlaring sodir bo‘lganligi va uning oxirgi 5 yillikda tobora kuchayib borayotganligini aytish mumkin. Masalan, Sharqiy Osiyo va Mo‘g‘uliston cho‘llarida 2021 yil mart oyida sodir bo‘lgan qum va chang bo‘ronlari so‘nggi o‘n yillikdagi eng ko‘p hamda kuchli chang bo‘ronlari sifatida qayt etildi[4].

So‘ngi yillarda Xitoyning Pekin shahrida ham chang bo‘ronlari ko‘p sodir bo‘lib, PM_{10} *(diametri 10 mikrometr yoki undan kichik bo‘lgan zarrachalar)* kontsentratsiyasiyali changlar 3600 mkg/m³ gacha kuzatilmoqda. Bu ko‘rsatgich Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tavsiya etgan ko‘rsatgichadan 80 baravar yuqori PM_{10} Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) 24 soatlik o‘rtacha konsentratsiyasi 45 mg/m^3 ni tashkil qilishi tavsiya etib belgilangan[5]. 2023-yil yer yuzi bo‘yicha iqlim issiq bo‘lganligi kuzatilishi bilan bir qatorda Mo‘g‘ulistondan, Sharqiy Osiyo va yana bir qancha hududlar 2023-yilning bahorida qum va chang bo‘ronlari tez-tez takrorlanib havo sifatiga katta ta‘sir ko‘rsatdi[6]. Yer yuzi bo‘yicha hamda Sharqiy Osiyo va Mo‘g‘ulistondan cho‘llarida kuzatilgan chang bo‘ronlari Xitoy, Janubiy Koreya va Yaponiya kabi mamlakatlarga juda katta ta‘sir ko‘rsatdi[7].

2023-yil Xitoyda kuzatilgan qum va chang bo‘ronlarining takrorlanishi qalgan yillarga nisbatan ortkanligi kuzatildi. 2023-yilning mart oyida to‘rtta, aprel oyining o‘rtalarida sakkiz marta kuchli chang bo‘ronlari kuzatilishi bu hududlarda sodir bo‘lgan oxirgi o‘n yillikdagi eng ko‘p takrorlangan qumli chang bo‘ronlari sifatida o‘rganilgan[8].

Dunyo bo‘yicha kuzatilayotgan chang bo‘ronlari Markaziy Osiyo mamlakatlarida ham kengayib bormoqada. Bu kabi chang va qum bo‘ronlari O‘zbekiston, Tojikiston va Turkmaniston hududlarida ham yildan yilga ko‘payib borayotganligi bu hududlarda ekologik muammolarning ortib borishiga sabab bo‘lmoqda. Qum va chang bo‘ronlari eng ko‘p kuzatiladigan hudud sifatida O‘zbekistonda kuzatiladigan chang bo‘robnlarini takidalash mumkin. Oxirli yillarda bu hududlarda chang bo‘ronlari tez-tez kuzatilishi aniqlanib, 2021-yilning noyabr oyi bahorining oxiri va yozning boshi hamda o‘rtasidagi sodir bo‘lgan qumli va chang bo‘ronlar g‘ayrioddiy sodir bo‘lib, O‘zbekistonda eng kuchli qum va chang bo‘ronlari sifatida qayd etildi[9].

2024-yil 09-mayda kuni Surxondaryo viloyati kuchli chang bo‘ronlari kuzatilib, ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyadan Termiz shahrida 17 marta oshib ketdi. Shu kuni shamol tezligi 12-14 m/s da esib ko‘rish masofasi 600 metrni tashkil qildi[10].

Tadqiqot ishlarining asosiy maqsadi Surxondaryo viloyatida kuzatiladigan chang (Afg‘on shamoli) bo‘ronlari, changlik darajasi, hududlar kesimida tarqalishini aniqlash, chang bo‘ronlariga sabab bo‘luvchi asosiy omillarni aniqlash, baholash va ularni bartaraf etish bo‘yicha takliflar berishdan iborat.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Surxondaryo viloyati janubidan Amudaryo bo‘ylab Afg‘oniston, shimoliy, shimoli-sharq va sharqdan Tojikiston, janubi-g‘arbdan Turkmaniston, shimoli-g‘arbdan Qashqadaryo viloyati bilan

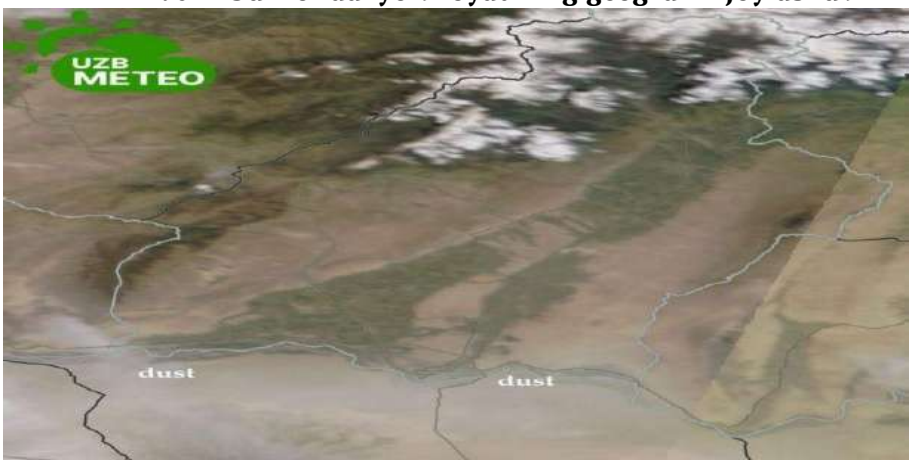
chegaradosh[11]. Chang bo‘ronlarini o‘rganish maqsadida namunalar Surxondaryo viloyatining Termiz shahri, Termiz, Muzrabot, Angor va Jarqurg‘on tuman hududlaridan olindi.

Surxondaryo viloyatida ham yer yuzida kuzatilayotgani kabi chang bo‘ronlari darajasi oxirgi yillarda ortmoqda. Surxondaryo viloyati, O‘zbekiston Respublikasining eng janubiy viloyati hisoblanib, bu hududning iqlimi, boshqa hududlarga nisbatan quruq va issiq hamda hududda kuzatiladigan qum va chang bo‘ronlari “Afg‘on shamoli” doimiy ta’sir etib kelgan. Viloytada chang bo‘ronlari boshqa hududlarga nisbatan ko‘p kuzatilishi bilan birga kuchli sodir bo‘lishi insonlar salomatligiga va atrof-muhitga jiddiy ekologik xavf tug‘diradi. Surxondaryo viloyatining 70 % ga yaqin maydonlari tog‘oldi, tog‘li va tekisliklar hisoblanadi. Viloyat botiq hudud tabiatida aks etib, hududning orografik-strukturaviy shakli bu mintaqada iqlimning shakllanishiga juda katta ta‘sir ko‘rsatadi. Surxondaryo viloyat hududining uzunligi shimoldan janubgacha 180-200 km, g‘arbdan sharqqa qadar 70-140 km ni tashkil etadi *(1,1a-rasmlar)*. Bu hududning iqlim sharoiti juda o‘zgaruvchanlikni namayon etib yog‘in miqdorlari turlicha miqdorda bo‘lishi bilan boshqa hududlarga nisbatan farqlanadi[12].

Surxondaryo viloyatida kuzatiladigan chang bo‘ronlarni o‘rganish uchun quyidagi tadqiqotlardan foydalanildi. Dala, laboratoriya va kameral sharoitlarda ekologiyada tadqiqot ishlarida umumqabul qilingan standart uslublar bo‘yicha amalga oshirilgan bo‘lib, izlanishlarda geografik, tarixiy-taqqoslash, litologik-geomorfologik, kimyoviy-analitik, gravimetrik, fotoelektromitrek hamda profil usullardan foydalanilgan. Olingan natijalarning statistik tahlili Microsoft Excel dasturida hisoblangan.



1-rasm. **Surxondaryo viloyatining geografik joylashuvi**



1a-rasm. **Surxondaryo viloyatida kuzatiladigan chang bo‘ronlarining kirib kelish ko‘rinishi.**



2-rasm. **Surxondaryo viloyati Termiz shahrida kuzatiladigan chang bo‘roni vaqtida gravimetrik usulida AVA-3 *(avtomatik havo aspiratori)* yordamida havodagi chang miqdoridan namuna olish jarayoni.**

Tadqiqot ishlarida O‘zbekiston gidrometeorologiya xizmati Surxondaryo viloyati gidrometeorologiya boshqarmasi hamkorligida ma’lumotlari olindi. Olingan ma’lumotlar chuqur statistik qayta ishlangan.

Surxondaryo viloyati atmosfera havosining tahlilari Mobil ekologik laboratoriyasi va 2 ta OXUS-WS avtomatik havo monitoring stansiyalari namunalarining tahlillarini AVA 3 avtomatik havo aspiratori yordamida olingan natijalar bilan solishtirish orqali baholandi.

OLINGAN NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

Surxondaryo viloyatida kuzatiladigan changlarning ko‘p sodir bo‘lish vaqti bahor va kuz oylarida ko‘p kuzatishini ko‘rishimiz mumkin bo‘lib ba’zi vaqtlarda qish oylarida yog‘ingarchilik kam kuzatilgan davrlarda ham chang bo‘ronlari kuzatilishi mumkin. Chang bo‘ronlarining shakllanishida viloyatda kuzatiladiga chang bo‘ronlarining yo‘nalishi bilan bog‘liq holda aamlaga oshadi. Surxondaryo viloyati eng janubida tez-tez kuzatiladigan g‘arbiy va janubiy- g‘arbiy kuchli shamollar “Afg‘on” shamoli deb nomlanib shu shamolning esishi huduga kuchli chang bo‘ronlarini olib kiradi. “Afg‘on” shamolining paydo bo‘lishi, savuq havoning O‘rta Osiyo tekislik qismiga kirib kelishi va sovuq havoning yaqinlashishiga bog‘liq. Shimoldan kirib kelgan savuq havo, zich va og‘ir bo‘lishi sababli janubdagi Parapomiz tog‘laridan o‘tolmay tekisliklarga to‘planib Afg‘oniston va Turkmaniston cho‘l hududlaridagi qum va changlarning atmosferaga ko‘tarib Surxondaryo viloyatiga qarb harakatlanishi oqibatida bu hududlarda kuchli chang bo‘ronlarini olib kiradi.

Global isish cho‘llanish jarayonini kuchaytirib, iqlim o‘zgarishi natijasida haroratning ko‘tarilishi, tuproqning tez qurishi va vegetatsiya qoplamining kamayishi natijasida cho‘llanish jarayonining jadallashishi ortdi. Vegetatsiyaning kamayishi tuproqning shamol eroziyasiga bo‘lgan qarshiligini pasaytiradi. Natijada chang ko‘tarilishiga sezilarli hissa qo‘shiladi. NASA *(Amerika Qo‘shma Shtatlarining Milliy aeronavtika va kosmik tadqiqotlar boshqarmasi)*, IPCC *(Iqlim o‘zgarishi bo‘yicha Hukumatlararo tashkilot)* (2023) va UNEP *(Birlashgan Millatlar Tashkilotining Atrof-muhit dasturi)* tadqiqotlariga ko‘ra, oxirgi 40 yil ichida dunyo bo‘yicha cho‘llanish 20-30% ga kuchaygan, bu esa chang bo‘ronlarining chastota va intensivligi oshishiga olib kelgan[11]. 1980–2020 yillarda Markaziy Osiyoda qurg‘oqchilik chastotasi 25–40% oshgan.

O‘zbekiston, Turkmaniston va Afg‘oniston atrofida chang bo‘ronlari yiliga o‘rtacha 30–50 kunni tashkil etmoqda.

Surxondaryo viloyatida $PM_{2,5}$ mkmli chang zarrachalarining havodagi miqdorini o‘rganish va tahlil qilib borish 2024-yilning iyun oyidan boshlab amalga oshirilishi yo‘lga qo‘yildi. Bu vaqtgacha PM_{10} mkmli chang zarrachalarining ta’siri va havodagi ruxsat etilgan miyorda ekanligi tahlil qilib borilgan bo‘lib, $PM_{2,5}$ mkm changning ta’sirini baholash va insonlar salomatligi uchun xavflilik darajalarini o‘rganish imkoni mavjud bo‘lmagan. $PM_{2,5}$ mkmli chang zarrachalarining havodagi miqdorini o‘rganish va tahlil qilish bugungi kunga kelib iqlim o‘zgarishi hamda insonlar salomatligiga hamda atrof-muhitga ta’sirining ortib borishi bilan zamon talabiga aylandi. Yuqoridagi ta’sir darajalarini inoblatga olgan holda tadqiqotimizni PM_{10} va $PM_{2,5}$ mkmli chang zarralarini tahlil qilib o‘ragdik. Oxirgi yillarda yer yuzida kuzatilayotganidek Surxondaryo viloyatida ham havo hararti yildan yilga ortib borishi ortidan chang bo‘ronli kunlar ham ortib bormoqda, bunga asosiy sabablari abiotik (haroratning ortishi, manlikning kamligi) ommilarning ta’siri bo‘lib qolmoqda.

Oxirgi yillarda iqlim o‘zgarishi, qurg‘oqlashish, yer yuzi haroratining ko‘tarilishi va sanoatlarning ortishi oqibatida Surxondatyo viloyatida kuzatiladigan PM_{10} mkm changli kunlarning ko‘payicha kuzatilmoqda. 2021-yilda kuchli changli kunlar 17 kunni tashkil etgan bo‘lsa, 2022-yilda 18 kun kuzatilgan, 2023-yilga kelib qum va changli kunlar 18 kuni tashkil etib, 2024-yilda changli kunlar 22 kunni tashkil etgan. Surxondatyo viloyatida kuzatiladigan PM_{10} mkmli chang bo‘ronlaridan tashqari $PM_{2,5}$ mkm chang zarralari ham juda ko‘p uchraydi aynan 2024-yilda 58 kunni tashkil etdi.

Ushbu tadqiqotni olib borishda aholi yashash punktlarining atmosfera havosidagi zararli va zaharli moddalar, produtsent mikroorganizmlar, bakterial preparatlar va aeroionlarning ruxsat etilgan gigienik me’yorlar bo‘yicha sanitariya qoidalari va normalari (0053-23-son SanQvaN) tasdiqlash to‘g‘risidagi O‘zbekiston Respublikasining 2023-yil 7-avgustdagi “Aholining sanitariya-epidemiologik osoyishtaligi to‘g‘risida”gi qonuniga asosan o‘rganildi[23].

O‘zbekiston Respublikasining “Aholining sanitariya-epidemiologik osoyishtaligi ruxsat etilgan gigiyenik meyorlari hamda sanitariya qoidalari va normalari (0053-23-son SanQvaN) bo‘yicha tadqiqot ishi olib borildi.

1-jadval.

Ko‘rasatkich	Kunlik o‘rtacha
$PM_{2,5}$ qattiq zarrachalari	35 mg/m^3
PM_{10} qattiq zarrachalari	500 mg/m^3

Havodagi changlik darajasining 0053-23-son SanQvaN *(Sanitariya qoidalari va normalari)* bo‘yicha bir sutkalik miyorning belgilangan darajasi keltirilib, tadqiqot davomida ushbu belgilangan meyorlar asosida qum va chang bo‘ronlari vaqtida atmosfera havosidagi changning REM *(ruxsat etilgan meyorlari)* o‘rganildi.

Tadqiqor jarayonida Surxondaryo viloyatining bir qancha tumanlarida chang birikmalari ruxsat etilgan meyor darajalari bo‘yicha tadqiqot olib borildi. Termiz shahri, Termiz tumani, Muzrabot tumani, Angor tumani va Jarqurg‘on tumanlarida chang bo‘ronlari vaqtida havodagi chang miqdori o‘rganildi. O‘rganish davomiyligi 1 (bir) oyni tashkil etdi.

2-jadval

2023-yilning iyun oyida kuzatilgan PM_{10} zarrali chang bo‘ronlari (Afg‘on shamoli) vaqtida “Ekolab” da “fotoelektromitrek” usul bilan aniqlangan natijalar.

Namuna olingan joy nomi	PM_{10} REM mg/m^3	Taxlil natijalari mg/m^3	Miyordan ortganlik darajasi	Ifloslanish davomiyligi soatda	Shamol tezligi chang tuzon bilan m/s
01.06.2023 –yil kuni					
Termiz shahri	500	843	1.6	4	10-13
Termiz tumani	500	896	1,8	4	12-14
Muzrabot tumani	500	Normada	0	0	8-10
Angor tumani	500	Normada	0	0	7-9
Jarqurg‘on tumani	500	Normada	0	0	8-10
09.06. 2023 –yil kuni					
Termiz shahri	500	22225	44,4	9	15-17
Termiz tumani	500	21144	42,3,3	7	14-16
Muzrabot tumani	500	19226	38,4	7	14-16
Angor tumani	500	18865	37,7	6	10-14
Jarqurg‘on tumani	500	14688	29,3	5	12-14
10.06. 2023 –yil kuni					
Termiz shahri	500	7179	14,3	7	10-12
Termiz tumani	500	6968	13,9	7	10-12
Muzrabot tumani	500	2264	4,5	4	8-10
Angor tumani	500	2224	4,4	3-4	8-10
Jarqurg‘on tumani	500	4586	9	5	10-12
11.06. 2023 –yil kuni					
Termiz shahri	500	712	1,4	1	10-13
Termiz tumani	500	692	1,3	1	10-12
Muzrabot tumani	500	Normada	0	0	6-8
Angor tumani	500	Normada	0	0	5
Jarqurg‘on tumani	500	Normada	0	0	6

Tadqiqot davomida 2023-yilning iyun oyida sodir bo‘lgan PM_{10} chang bo‘ronlarini tahlil qilib ularning inson salomatligiga ta’sirini baholadik. Yuqorida keltirilgan ma’lumotlar asosida chang bo‘ronlarining eng yuqori kuzatilgan kunlarda insonlar ko‘rish masofasi 100-200 m gacha tushib ketganligi, insonlar orasida turli xildagi salomatlik bilan bog‘liq muammolarning ortishi aniqlandi. Xususan ko‘z (kon’yunktivit, blefarit), teri (dermatitlar), immun tizimi (allergiya), o‘pka (astma), burun-halqum (tumov, tomoq achishishi) kabi jiddiy salomatlik bilan bog‘liq muammolarning ortishiga sabab bo‘lmoqda. Aynan tadqiqotimizni 2023-yilning iyun oyida olib borishimizda asosiy maqsad bu oyda iqlim Surxobdaryo viloyatida quruqlashadi va havo harorati ko‘tariladi hamda bu oyda qishloq xo‘jaligidan (donli ekin maydonlari) bo‘shagan dalalarga qayta ishlov berish jarayoni kuzatiladi va bu jarayonda ham havoga turli xildagi organik va noorganik bilikmalar chiqishi ortadi. Bundan tashqari 2023-yilning iyun oyida boshqa oylarga nisbatan kuchli chang bo‘ronli kunlar soni ko‘p kuzatildi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O‘tkazilgan tajriba va olingan natijalarga ko‘ra, Viloyatda kuzatiladigan chang bo‘ronlarining ta`siri kundan kunga orib borayotganligi ayon bo‘ladi. Chang bo‘ronlari vaqtida havoda 2,5 va 10 mkm li chang zarralari va uning tarkibida kimyoviy zararli moddalarning uchrashi esa chang ta`sirini yanada oshirib yuboradi. Bu holatlarning oldini olish uchun mini muhitlarda chang yotqizish mexanizmlaridan foydalanish va chang bo‘ronlari vaqtida tibbiyot

niqoblaridan foydalanish hamda ta`lim muassasalari, xodimlarning ishjoylari, tibbiyot massasalari va kasalxonalarda maxsus chang tozalash texnologiyasini joriy etish yaxshi samara beradi.

Chang bo‘ronlarini kamaytirish uchun ko‘plab amaliy ishlar olib borilmoqda ammo qum bo‘ronlari tabiiy jarayonda sodir bo‘lishini inobatga olgan holda bu jarayonga mini muhitlarda changni tozalovchi texnologiyalardan foydalanish va yashil makonlar barpo etib kurashish mumkin bo‘ladi.

Surxondaryo viloyatida sodir bo‘ladigan chang bo‘ronlarining shakllanishi qo‘shni Turkmaniston va unga tutash Eron hududlaidagi cho‘llardan shakllanib Afg‘oniston orqali kirib kelishini inobatga oladigan bo‘lsak chang bo‘ronlariga qarshi kurashish va ta’sirini kamaytirish uchun qo‘shni mamlakatlar bilan hamkorlikdagi ishlarni ham jadallashtirish kerak.

O‘simliklar quruq hududlarda chang bo‘ronlarining oldini olish va ularning intensivligini kamaytirishda muhim ekologik omil hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, vegetatsion qoplamaning mavjudligi shamol tezligini pasaytirib, tuproq zarrachalarining havoga ko‘tarilishini sezilarli darajada kamaytiradi. Ayniqsa, daraxtlar, butalar va ko‘p yillik o‘tlar ildiz tizimi orqali tuproqni mustahkamlaydi, uning uyushqoqligini oshiradi va eroziyaga chidamliligini kuchaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UN Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Sand and dust storms in Asia and the Pacific: opportunities for regional cooperation and action. UN Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2018. https://apdim.unescap.org/knowledgehub/ sand-and-dust-storms-asia-and-pacific-opportunities-regionalcooperation- and-action (accessed June 26, 2022).

2. Wu C, Lin Z, Shao Y, Liu X, Li Y. Drivers of recent decline in dust activity over East Asia. *Nat Commun* 2022; **13:** 7105.

3. Evan AT, Flamant C, Gaetani M, Guichard F. The past, present and future of African dust. *Nature* 2016; **531:** 493–95.

4. National Centers for Environmental Information. Storm events database. National Centers for Environmental Information. https://www.ncdc.noaa.gov/stormevents/ (accessed July 14, 2023).

5. Li G, Lu D, Yang X, et al. Resurgence of sandstorms complicates China‘s air pollution situation. *Environ Sci Technol* 2021; **55:** 11467–69.

6. Chen S, Zhao D, Huang J, et al. Mongolia contributed more than 42% of the dust concentrations in northern China in March and April 2023. *Adv Atmos Sci* 2023; **40:** 1549–57.

7. Salvador P, Pey J, Рйrez N, Querol X, Artнcano B. Increasing atmospheric dust transport towards the western Mediterranean over 1948–2020. *NPJ Clim Atmos Sci* 2022; **5:** 34.

8. Tiantian Li, PhD Aaron J Cohen, DSc Michal Krzyzanowski, PhD Can Zhang, PhD Sophie Gumy, PhD Pierpaolo Mudu, PhD et al. Show more. Sand and dust storms: a growing global health threat calls for international health studies to support policy action. THE LANCET Planetary Health Jan 2025 Volume 9Number 1e1-e78. https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(24)00308-5/fulltext.

9. Nishonov BE, Kholmatjanov BM, Labzovskii LD, et al. Study of the strongest dust storm occurred in Uzbekistan in November 2021. *Sci Rep* 2023; **13:** 20042.

10. Investigation of changes in the viscosity properties of acrylamide (co) polymer and their hydrolyzed forms depending on the conditions of their preparationS Kuldasheva, A Abdikamalova, I Eshmetov, D Abdurahimov, Polymer Bulletin 81 (5), 4065-4091

11. https://uz.wikipedia.org/wiki/Surxondaryo_viloyati#:~:text=Surxondaryo%20viloyati%20O%CA%BBzbekistonning%20eng%20janubiy,sharqiy%20uzunlik%20chiziqlari%20kesib%20o%CA%BBtadi.

12. Umarova M.H. Surxondaryo geografiyasi. Dasrlik, “Surxon ilm nashri” 2024. 312 b.

13. World Meteorological Organization. Desert dust outbreak in the Canary Islands (February 2020): assessment and impacts. World Meteorological Organization, 2021. https://library.wmo.int/records/ item/57299-desert-dust-outbreak-in-the canary-islands-february-2020-assessment-and-impacts?offset=1 (accessed July 7, 2024).

ATMOSFERA HAVOSIDAGI MAYDA DISPERS ZARRACHALARINING FASLLAR BO‘YICHA O‘ZGARISHI

Raxmonaliyeva Dilnoza Raxmonalieyevna
Alimov Zikrilla Bobomuratovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Atmosfera havosidagi chang zarrachalarini monitoring qilish bugungi kunda ekologik muhofaza, urbanizatsiya jarayonlari va aholining sog‘lig‘ini saqlash nuqtayi nazaridan nihoyatda dolzarb masala hisoblanadi. [2,4]. Nafaqat $PM_{2.5}$ va PM_{10} singari mayda zarrachalar, balki sanoat va transportdan ajraladigan ultramayda aerozollar ham odam organizmiga jiddiy xavf tug‘diradi. [5,8]. Ushbu tadqiqot Toshkent shahrida atmosfera havosidagi mayda dispers zarrachalar — PM_{10} va $PM_{2.5}$ ning fasllar bo‘yicha o‘zgarishini baholash, ularning shakllanishiga ta’sir qiluvchi tabiiy va antropogen omillarni aniqlash hamda sog‘liq uchun xavf darajasini xalqaro me’yorlar bilan solishtirishga qaratilgan. Monitoring ishlari to‘rt xil filtr turi (PTFE, QFF, VF, SilVy-5) yordamida olib borildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, qish faslida isitish mavsumi hisobiga antropogen emissiyalar keskin ortgan, bahor-yoz fasllarida esa shamol eroziyasi va fotokimyoviy reaksiyalar natijasida PM yuklamasi ko‘paygan. Maqola Toshkent shahrida PM ifloslanishining fasliy o‘zgaruvchanligi, uning manbalari va salomatlik xavfi bo‘yicha yangi ilmiy dalillarni taqdim etadi.

Kalit so’z: *quruq iqlim, havodagi muallaq moddalar, chang zarrachalari, $PM_{2.5}$, PM_{10}, salomatlik xavfi, havoni monitoring qilish, xalqaro havo sifati indeksi.*

Аннотация. Мониторинг твёрдых взвешенных частиц в атмосферном воздухе является одной из наиболее актуальных задач современности с точки зрения экологической безопасности, процессов урбанизации и сохранения здоровья населения [2,4]. Помимо мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10}, ультрамелкие аэрозоли, образующиеся в результате деятельности промышленности и транспорта, также представляют серьёзную опасность для организма человека [5,8]. Данное исследование направлено на оценку сезонных изменений концентраций PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе города Ташкента, выявление природных и антропогенных факторов их формирования, а также определение уровня риска для здоровья путём сравнения с международными нормами. Мониторинг проводился с использованием четырёх типов фильтров: PTFE, QFF, VF и SilVy-5. Результаты показали, что в зимний период вследствие отопительного сезона антропогенные выбросы значительно возрастают, тогда как весной и летом повышение уровня PM обусловлено ветровой эрозией и фотохимическими процессами. Статья представляет новые научные данные о сезонной вариативности загрязнения PM в Ташкенте, его источниках и связанных с ним рисках для здоровья населения.

Ключевые слова: *сухой климат, взвешенные вещества в воздухе, частицы пыли, $PM_{2.5}$, PM_{10}, риск для здоровья, мониторинг воздуха, международный индекс качества воздуха.*

Annotation. Monitoring atmospheric particulate matter is currently a highly relevant issue from the perspective of environmental protection, urbanization processes, and public health. [2,4]. Not only fine particles such as $PM_{2.5}$ and PM_{10}, but also ultrafine aerosols emitted from industrial activities and transport pose serious risks to human health. [5,8]. This study aims to assess the seasonal variation of fine particulate matter — PM_{10} and $PM_{2.5}$ — in the atmosphere of Tashkent city, identify natural and anthropogenic factors influencing their formation, and compare the associated health risks with international standards. Monitoring was conducted using four types of filters (PTFE, QFF, VF, SilVy-5). The results show that anthropogenic emissions increase significantly in winter due to the heating season, while in spring–summer, PM load rises as a result of wind erosion and photochemical reactions. This article provides new scientific evidence on the seasonal variability of PM pollution in Tashkent, its sources, and related health risks.

Keywords: *dry climate, airborne suspended particles, dust particles, $PM_{2.5}$, PM_{10}, health risk, air monitoring, international air quality index.*

KIRISH

So‘nggi yillarda Toshkent shahrida **atmosfera havosidagi mayda dispers zarrachalar (TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$)** darajasi keskin oshib bormoqda. JSST ma’lumotlariga ko‘ra, $PM_{2.5}$ aholining sog‘lig‘iga jiddiy xavf tug‘dirib yiliga millionlab erta o‘lim holatlariga sabab bo‘lmoqda [4,20]. Urbanizatsiya, transport harakati, qurilish ishlari va shamol eroziyasi havoning ifloslanishida asosiy omillar sifatida qayd etilgan. Bu muammoni bartaraf etish maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentning 2024-yil 24-sentyabrda **“Chang bo‘ronlariga qarshi kurashish va atmosfera havosi sifatini yaxshilash bo‘yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar” PQ-338-sonli** qarori qabul qilindi [1]. Biroq ekologik muhitning yomonlashuvi ushbu chora tadbirlarni samarali amalga oshirishda jiddiy to‘siqlarni yuzaga keltirmoqda. [29].Hususan yurtimizda havo sifatini yaxshilash bo‘yicha qator qarorlar qabul qilingan bo‘lsa-da, mavjud monitoring tizimi PM ifloslanishining fasliy farqlarini to‘liq qamrab ololmayapti. Shu sababli PM konsentratsiyasining mavsumiy xususiyatlarini aniqlash ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Jumladan havo sifati bo‘yicha belgilangan me’yorlarning buzilishi oqibatida, $PM_{2.5}$ konsentratsiyasi JSST tomonidan belgilangan xavfsiz darajalardan ancha yuqori ekanligini ko‘rsatmoqda [2].

Dunyo miqyosida PM_{10} va $PM_{2.5}$ ning sog‘liq xavflari keng tadqiq qilingan bo‘lib, xususan, Osiyo, Afrika va Janubiy Amerika kabi rivojlanayotgan mintaqalarda $PM_{2.5}$ ning yillik o‘rtacha konsentratsiyasi JSST me’yorlaridan bir necha barobar yuqori ekani qayd etilgan [4]. Shu bois, global darajada PM bilan bog‘liq ekologik va salomatlik muammolari iqtisodiy rivojlanish, sog‘liqni saqlash tizimi uchun muhim parametrga aylangan. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, $PM_{2.5}$ va PM_{10} bilan ifloslangan havoda yashovchi aholida astma, surunkali bronxit, o‘pka funksiyasining pasayishi kabi respirator kasalliklar ko‘proq uchraydi [13,16]. Shuningdek, uzoq muddatli havo ifloslanishi yurak ishemik kasalligi, gipertenziya, miokard infarkti va insult xavfini oshiradi [23]. Allergik reaksiyalar, masalan, nafas olish yo‘llarining sezgirligi va atopik dermatit kabi holatlar ham PM zarrchalari bilan bog‘liq ekani aniqlangan [14]. Ushbu mayda dispers zarrachalar (PM_{10} va $PM_{2.5}$) inson salomatligi va atrof-muhit uchun jiddiy xavf hisoblanib, ular kichik o‘lchamlari tufayli nafas yo‘llari va alveolalarga osongina kirib, kislorod almashinuvini susaytiradi va yurak-qon tomir tizimi faoliyatini buzadi [4]. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST, 2021) ma’lumotlariga ko‘ra, yiliga 4,2 milliondan ortiq odam $PM_{2.5}$ bilan bog‘liq surunkali kasalliklar sababli vafot etadi. Shu bilan birga, PM_{10} ning respirator va allergik kasalliklarni qo‘zg‘atishdagi roli ham katta ahamiyatga ega [8]. Havo sifati va PM_{10}, $PM_{2.5}$ zarrachalarining sog‘liq uchun xavfini baholashda xalqaro tashkilotlar tomonidan belgilangan me’yorlar asosiy

mezon sifatida qabul qilinadi. JSST (WHO) tavsiyalariga ko‘ra, $PM_{2.5}$ o‘rtacha sutkalik konsentratsiyasi 15 µg/m³ dan oshmasligi lozim, PM_{10} esa o‘rtacha sutkalik 45 µg/m³ dan yuqori bo‘lmasligi kerak [6]. Ushbu me’yorlar zarrachalarning sog‘liqqa ta’sirini kamaytirish va nafas yo‘llari, yurak-qon tomir tizimining xavfsizligini ta’minlash maqsadida ishlab chiqilgan. Toshkent shahridagi kuzatuvlar bu chegaradan bir necha barobar yuqori ekanligini ko‘rsatadi [5]. O‘zbekiston bo‘yicha fasliy farqlar, kimyoviy tarkib va manba ajratish bo‘yicha ma’lumotlar cheklanganligi, antropogen manbalar ulushi va sog‘liqga ta’siri yetarli o‘rganilmagani katta ilmiy bo‘shliq bo‘lib qolmoqda. AQSh EPA, WHO va HEI tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlar mayda aerozollarning yillik chegaradan har 10 µg/m³ oshishi o‘lim darajasini 6–15% ga ko‘paytirishini tasdiqlagan [7,9]. Xalqaro havo sifati indeksi (IQAir) tomonidan e’lon qilingan reytingga ko‘ra, 20 noyabr kuni Toshkent havoning ifloslanish darajasi bo‘yicha dunyoda 1-o‘rinni egalladi [30]. (1-rasm). Havo ifloslanishining tarkibi murakkab bo‘lib, unda gaz holatidagi moddalar va qattiq muallaq zarrachalar — aerozol va chang zarralari mavjud [4]. Aerozol va chang zarralari diametri 0.1–10 µm bo‘lgan mayda dispers zarrachalardan iborat bo‘lib, PM zarrachalari tarkibida sulfatlar, nitratlar, ammoniy birikmalari, organik moddalar va og‘ir metallar (Pb, Cd, Ni, Zn) uchraydi. Ushbu komponentlarning kombinatsiyasi ularning toksikligini oshiradi [11,10]. Masalan, PM10 – 10 mikrometrgacha bo‘lgan zarrachalar bo‘lib, ko‘pincha chang, tuproq va qurilish chiqindilari manbalaridan hosil bo‘ladi. Havoda uzoq vaqt suspenziyada bo‘la oladi va respirator tizimning yuqori yo‘llariga kiradi [5,21]. PM2.5 esa 2.5 mikrometrgacha bo‘lgan juda mayda zarrachalardir. Ular asosan transport (dizel yoqilg‘isi), sanoat chiqindilari va yonish jarayonlaridan kelib chiqadi. PM2.5 nafaqat yuqori, balki pastki nafas yo‘llariga, alveolalarga ham kirib, qon aylanishiga o‘tadi va yurak-qon tomir tizimiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [4,8]. PM1.0 yani nanozarrachalar – 1 mikrometrdan kichik bo‘lganligi sababli toksikligi yuqori va biologik membranalar orqali hujayralarga o‘tishi mumkin, bu esa sog‘liq xavfini oshiradi [28]. Zarrachalar havoda suspensiyada bo‘lish xususiyatiga ega bo‘lib, ularning aerodinamik diametri va zichligi ta’sirida uzoq masofalarga tarqaladi [5].

1-rasm

Xalqaro havo sifati indeksi (IQAir)



AQI tizimida $PM_{2.5}$ va PM_{10} darajalari 50–100 oralig‘ida “o‘rtacha xavf”, 101–150 “salomatlik uchun zararli” va 151–200 “jiddiy zararli” deb belgilangan [6].

Sovuq kunlarda chang zarralari yuqoriga tarqalmaydi va odamlar nafas oladigan pastki qatlamda ko‘p miqdorda yig‘ilib qoladi. Bu esa havo sifati keskin yomonlashishishiga va smog hosil bo‘lishiga olib keladi. Harorat pasayganda Yerga yaqin qatlam yanada sovuq, zich va og‘ir bo‘ladi. Yuqoridagi havo esa nisbatan iliq va yengil bo‘lib qoladi. Bu holat termik inversiya deb ataladi. Inversiya yuzaga kelganda havo qatlamlari aralashmaydi, chunki sovuq havo yuqoriga ko‘tarilmaydi. Natijada PM zarralar yerga yaqin 10–200 metr oralig‘ida to‘planib qoladi. [25] **Namlik**ning yuqori bo‘lishi zarralarning gigroskopik kengayishiga olib kelib, ularning fizik xususiyatlarini o‘zgartiradi [26]. **Shamol**ning pastligi dispersiyani kamaytiradi, kuchli shamol esa tabiiy manbalardan changni ko‘tarib, umumiy PM miqdorini oshiradi **[25].** Sodda qilib aytganda, tabiiy manbalar (shamol eroziyasi, quruq tuproq) odatda kimyoviy jihatdan kamroq toksik bo‘lsa, sun’iy manbalar (transport, sanoat) tarkibida xavfli kimyoviy moddalar ko‘proq uchraydi [21,8].

O‘zbekiston hududidagi mayda dispers zarrachalar (PM_{10}, $PM_{2.5}$) konsentratsiyasini shakllantiruvchi omillar geografik, iqlimiy va iqtisodiy sharoitlar bilan bevosita bog‘langan. Hududning katta qismi cho‘l ekotizimlariga mansub bo‘lgani, Orolbo‘yi kabi ekologik inqiroz zonalarining yaqinligi, shaharlarning tez sur’atda urbanizatsiyalashuvi PM darajasini regionlar bo‘yicha turlicha shakllantiradi. Orolbo‘yi hududidan ko‘tariladigan tuz-chang aerozollari shamol orqali mamlakatning katta qismiga tarqalib, tabiiy PM yuklamasini oshiradi [17, 15]. Cho‘l landshaftlarida shamol eroziyasi bahor-yoz fasllarida yuqori chang konsentratsiyasini shakllantiradi [24]. Sanoat markazlari — Navoiy, Olmaliq, Angren singari hududlar — antropogen PM ning asosiy manbalaridan bo‘lib, og‘ir metall va sulfatlarga boy emissiyalar chiqaradi [18,12]. Toshkent va Samarqand kabi yirik shaharlarda esa avtomobil transporti $PM_{2.5}$ ning asosiy ulushini tashkil etadi [3,19].

Kuzatuvlar shuni ko‘rsatmoqdagi poytaxt havosidagi muallaq zarrachalar — PM_{10} va $PM_{2.5}$ ko‘rsatkichlari yilning barcha fasllarida o‘ziga xos dinamikaga ega bo‘lib, sog‘liq uchun xavfli darajalarga yetayotgan holatlar ko‘paymoqda. Jumladan Toshkent shahrida chang miqdorining fasllar kesimida ifloslanish dinamikasi ayniqsa dolzarb bo‘lib, bahor oyilarida shamollar kuchayishi va qurilish maydonlarining faoliyati natijasida havodagi PM_{10} va $PM_{2.5}$ darajasi yuqori bo‘ladi. Tadqiqotlarda bahor faslida shamol eroziyasi va qurilish changi asosiy manba sifatida qayd etilgan. Yoz oylarida yuqori harorat va yog‘ingarchilikning kamligi changning uzoq vaqt havoda saqlanishiga olib keladi. Kuz va qish mavzsumida esa isitish tizimlari, avtomobil emissiyasi va atmosferik inversiya hodisalari sababli $PM_{2.5}$ darajasi ortadi. [22].

Tadqiqot doirasida joriy yilning bahor, yoz va kuz mavsumida Toshkent shahrida atmosfera havosidagi chang zarralarining ($PM_{2.5}$, PM_{10}, TSP) fasllar kesimida o‘zgarishini aniqlash bo‘yicha olib borilgan kuzatuvlarimizda **PTFE, QFF, VF va SilVy-5 Sampling Sheet** filtrlarining kombinatsiyalangan qo‘llanilishi yuqori aniqlikdagi monitoring tizimini yaratdi. Har bir filtr o‘zining fizik-kimyoviy xususiyatlariga ko‘ra changning ma’lum bir fraksiyasi va tarkibiy elementlarini tahlil qilishda samarali bo‘ldi.

PTFE (Politetrafloroetilen) filtri — $PM_{2.5}$ massaviy konsentratsiya uchun asosiy filtr bo‘lib past fonli massaga va kimyoviy inertlikka ega bo‘lgani uchun tadqiqotda **$PM_{2.5}$ zarrachalarining massaviy miqdorini fasllar kesimida** aniqlashda qo‘llandi. Bahor va qish fasllarida inversiya sharoitida $PM_{2.5}$ eng muhim ko‘rsatkich bo‘lganligi sababli PTFE filtrlari yuqori aniqlik berdi. **QFF (Quartz Fiber Filter) —**yuqori haroratga chidamliligi va kimyoviy faol tahlillar uchun mosligi sababli yig‘ilgan aerozol tarkibidagi: sulfat, nitrat, ammoniy, og‘ir metallar, anion-kationlar kabi komponentlarni aniqlashda qo‘llanildi. Yoz faslida fotokimyoviy jarayonlar kuchayganligi bois QFF filtrlari kimyoviy tarkibini ajratish uchun asosiy manba bo‘ldi. **VF (Glass Fiber Filter) —**VF filtrlar yuqori chang sig‘imiga ega bo‘lib, ayniqsa: bahorgi kuchli shamollar, yozgi qurg‘oqchilik, kuzgi transport oqimi kabi davrlarda **PM_{10} va TSP ko‘rsatkichlarini** aniq qayd etdi. Yirik zarrachalarni yig‘ish bo‘yicha VF filtrlar eng samarali

material bo‘lib, fasliy o‘zgarishlarning umumiy tendensiyasini belgilashda asosiy vosita bo‘ldi. **SilVy-5 Sampling Sheet** — tadqiqotning innovatsion jihatlaridan biri —**universal massaviy va kimyoviy tahlil uchun** SilVy-5 filtridan foydalanish bo‘ldi. Mazkur filtr past fonli massa, yuqori mexanik mustahkamlik, ionlar va organik komponentlarni tahlil qila olish xususiyatlariga ega bo‘lgani uchun **fasllar bo‘yicha yig‘ilgan aerozolning sifat va miqdoriy parametrlarini birgalikda aniqlash** imkonini berdi.

SilVy-5, PTFE va QFF filtrlari o‘rtasida “ ko‘prik ” rolini o‘ynab, kimyoviy tarkib + massaviy o‘zgarishni parallel tarzda baholash imkonini yaratdi.

Filtrlarning birgalikda qo‘llanilishi Toshkent shahridagi chang ifloslanishining fasliy dinamikasini yuqori aniqlik bilan aniqlashga, ularning manba kelib chiqishini (transport, tabiiy, sanoat, qurilish) farqlashga va baholash tizimini takomillashtirishga yordam beradi.

1-jadval

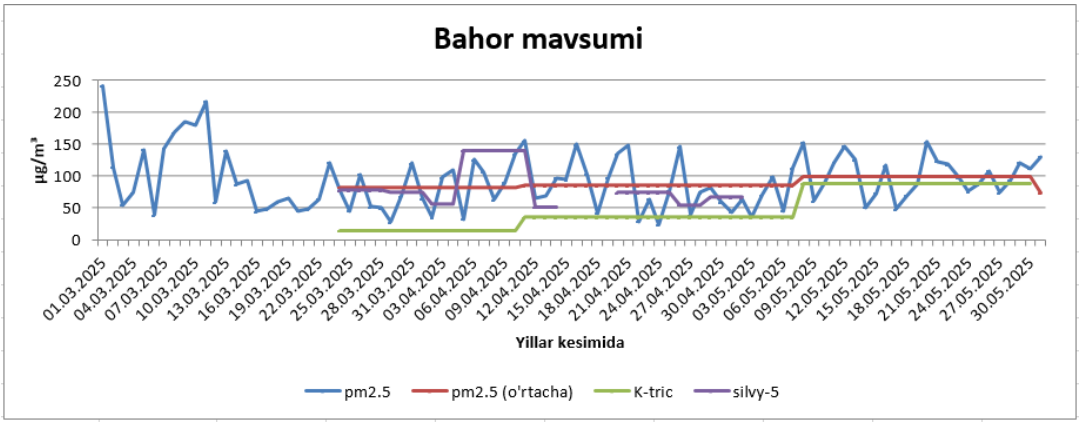
Filtrlaning umumiy o’rni va tadqiqotdagi roli

Filtr turi	Tadqiqotning asosiy vazifasi	Mavsumda qo’llanilishi
PTFE	PM2.5 massaviy konsentratsiyasi	Qish, Bahor
QFF	Kimyoviy tarkib (ionlar, metal, organik moddalar)	Yoz, kuz
VF	PM10 va TSPni yirik fraksiyada yig‘ish	Bahor, yoz
SilVy-5	Universallik massaviy, kimyoviy tahlil	Barcha fasllar

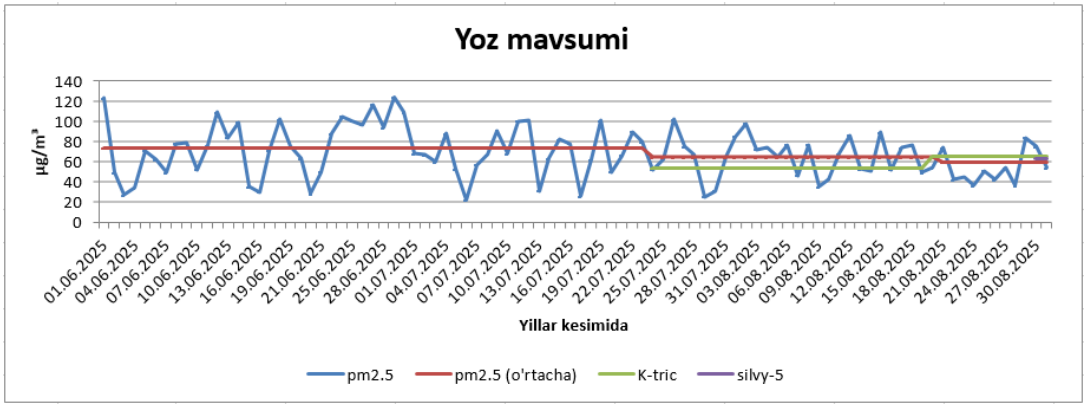
Shaharda atmosfera havosi sifatini monitoring qilishda beshta asosiy ifloslantiruvchi modda: chang (qattiq muallaq zarrachalar), oltingugurt dioksidi, uglerod oksidi (is gazi), azot dioksidi, azot oksidini o‘z ichiga oladi. Sanoat ajratmalari tarkibi va yaqinda joylashgan shaharlar va tutashgan hududlar xususiyatlariga qarab dasturiy o‘lchovlarga boshqa moddalar (ammiak, fenol, formaldegid, ozon, xlor, qattiq ftoridlar, ftorli vodorod, og‘ir metallar) qo‘shiladi.

Atmosfera havosidagi muallaq chang zarrachalarinig holati ustidan kuzatuvlar haftada 2 marotaba (mahalliy vaqt bilan soat 11:00, 13:00, 16:00 oraliqlarida) amalga oshiriladi. Tadqiqot kuzatuv punkti Toshkent shahridagi O‘zbekiston-Yaponiya yoshlar innovatsiya markazi (UJICY) laboratoryasida chang namunalari atmosfera havosidagi chang zarralarini yig‘ib oluvchi uskunada to‘plandi. Olingan chang namunalar elektron tarozida o‘lchanib, atmosferadagi PM konsentratsiyasi $\mu g/m^3$ da hisoblandi. Ma’lumotlar WHO me’yorlari, O‘zbekiston ekologik normativlari va IQAir kuzatuvlari bilan solishtirildi.

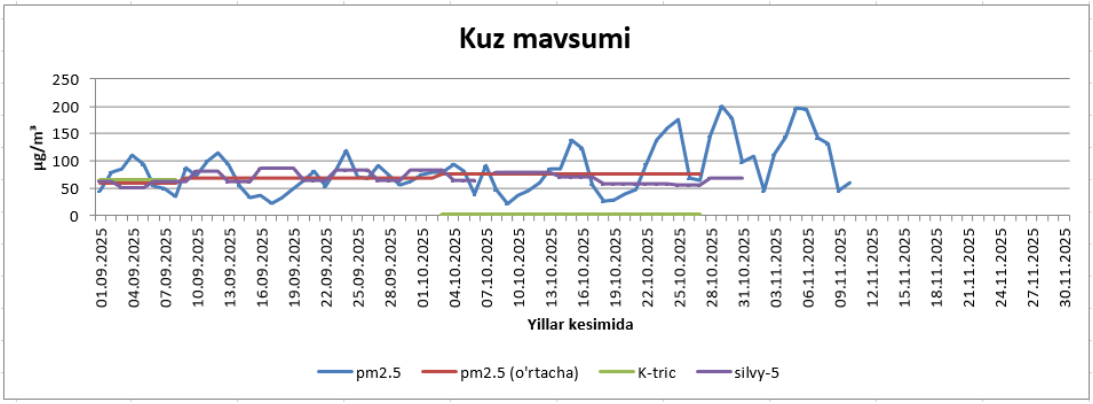
Kuzatuvlar shuni ko‘rsatmoqdagi poytaxt havosidagi muallaq zarrachalar - PM_{10} va $PM_{2.5}$ ko‘rsatkichlari yilning barcha fasllarida o‘ziga xos dinamikaga ega bo‘lib, sog‘liq uchun xavfli darajalarga yetayotgan holatlar ko‘paymoqda. Jumladan Toshkent shahrida chang miqdorining fasllar kesimida ifloslanish dinamikasi ayniqsa dolzarb bo‘lib, bahor oylarida shamollar kuchayishi va qurilish maydonlarining faoliyati natijasida havodagi PM_{10} va $PM_{2.5}$ darajasi yuqori bo‘ladi. Tadqiqotlardan bahor faslida shamol eroziyasi va qurilish changi asosiy manba sifatida ko‘rishimiz mumkin. Yoz oylarida yuqori harorat va yog‘ingarchilikning kamligi changning uzoq vaqt havoda saqlanishiga olib keladi. Aerozollar fizikasi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarda bunday sharoitlarda zarrachalarning cho‘kishi sekinlashishi ta’kidlangan [25]. Kuz va qish mavsumida esa isitish tizimlari, avtomobil emissiyasi va atmosferik inversiya hodisalari sababli $PM_{2.5}$ darajasi ortadi. [22].



2-rasm. SilVy-5, PTFE, QFF,va VF filtrlarida $PM_{2.5}$ chang zarrachalarini bahor oyidagi o‘rtacha ko’rsatkichi



3-rasm. SilVy-5, PTFE, QFF,va VF filtrlarida $PM_{2.5}$ chang zarrachalarini yoz oyidagi o‘rtacha ko’rsatkichi



4-rasm. SilVy-5, PTFE, QFF,va VF filtrlarida $PM_{2.5}$ chang zarrachalarini kuz

Mamlakatda $PM_{2.5}$ kontsentratsiyalarini tizimli monitoring qilish hali to‘liq shakllanmagan bo‘lsa-da, mavjud kuzatuvlar ko‘plab hududlarda me’yorlardan yuqori ko‘rsatkichlar qayd etilayotganini ko‘rsatmoqda.

Yuqoridagi diagramma ma’lumotlari bo‘yicha 2025-yil bahor oylarida o‘tkazilgan kuzatuvlar **kunlik $PM_{2.5}$ qiymatlarining 50–240 µg/m³ oralig‘ida o‘zgarib turganini,** ayrim kunlarda eng yuqori ko‘rsatkichlar kuzatilganini ko‘rsatadi. Bu qiymatlar Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining (JSST) tavsiya etilgan 15 µg/m³ o‘rtacha sutkalik me’yoridan ancha yuqori.

SilVy-5 qurilmasida olib borilgan tajriba o‘lchovlari ham havodagi $PM_{2.5}$ yuklamasining yuqoriligini tasdiqlamoqda. Filtrlarning boshlang‘ich va yakuniy massalari o‘rtasidagi farq

asosida hisoblangan chang massasi ayrim nuqtalarda sezilarli to‘planishni ko‘rsatgan. PTFE, QFF va boshqa filtr turlarida qayd qilingan og‘irliklarning ortishi, shuningdek changning ma’lum hajmdagi havoda to‘plangan miqdori (μg/m³) mazkur davrda havodagi ifloslanish darajasining yuqori bo‘lganini aks ettiradi.

Ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligi shundaki, u Toshkent shahrida PM_{10} va $PM_{2.5}$ konsentratsiyasining fasllar bo‘yicha birinchi marotaba kompleks tarzda baholanishi, tabiiy va antropogen manbalar ulushining ilmiy asosda ajratib ko‘rsatilishi hamda turli filtr turlari (PTFE, QFF, VF, SilVy-5) orqali olingan ma’lumotlarning taqqoslanishini o‘z ichiga oladi. Tadqiqot natijalari shahar miqyosida atmosfera monitoringi tizimini yanada takomillashtirish, o‘lchash aniqligini oshirish va mavsumiy prognoz modellarini yaratishda amaliy ahamiyatga ega.

Amaliy jihatdan bu tadqiqot aholi salomatligini himoya qilishga qaratilgan aniq choralar ishlab chiqishda: transport emissiyalarini kamaytirish strategiyasi, chang bo‘ronlariga qarshi hududiy boshqaruv choralari, yashil hududlarni kengaytirish va sanoat nazoratini kuchaytirish bo‘yicha qarorlar qabul qilishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Natijalar ekologik siyosat, shaharsozlik va sog‘liqni saqlash tizimi uchun ham bevosita qo‘llanilishi mumkin.

XULOSA

Toshkent shahri jadal rivojlanishi bilan birga havo sifatidagi o‘zgarishlar, ayniqsa chang miqdorining oshishi, jiddiy muammoga aylanmoqda. Atmosfera havosidagi **$PM_{2.5}$** (diametri 2.5 mikrometr va undan kichik zarrachalar)ni filtrlashda filtrlarning samaradorligi ularning **zarracha hajmini ushlab qolish qobiliyati** va **havo oqimi qarshiligiga chidamliligiga** bog‘liq. (2-jadval)

2-jadval

Filtr turi	PM2.5 samaradorligi	Izoh
PTFE	95-99%	Juda samarali, mikrozarrachalarni, jumladan PM2.5 ni ham ushlab qoladi. Kimyoviy va namlikka chidamliligi yuqori, uzoq muddat ishlaydi.
VF(sintetik tolali sanoat filtr)	40-70%	Faqat kattaroq zarrachalarni ushlab qoladi, PM2.5 filtrlash samaradorligi pastroq. Oddiy havoni tozalash tizimlarida ishlatiladi.
QFF	95-99.97%	PM2.5 va undan kichik zarrachalar uchun ideal, toza xona, tibbiyot va yuqori sifatli havo tozalash tizimlarida qo‘llaniladi.
SilVy-5	97-99%	Tibbiyot, sanoat, PM2.5 monitoringi va havo tozalash tizimlarida qo‘llaniladi

Atmosferadagi $PM_{2.5}$ miqdorining ortishiga sanoat korxonalaridan chiqadigan emissiyalar, qurilish maydonlaridagi chang ko‘tarilishi, yoqilg‘i mahsulotlarining yonish jarayonlari hamda transport vositalari ulkan hissa qo‘shmoqda. Mazkur omillar ayniqsa sanoatlashgan zonalarda yanada yaqqol seziladi. Shuningdek, fasliy o‘zgarishlar, havo haroratining pasayishi, inversiya hodisalari va shamol tezligining susayishi $PM_{2.5}$ ning atmosferada uzoq vaqt ushlanib qolishiga sabab bo‘ladi.

Shu nuqtai nazardan, O‘zbekiston sharoitida $PM_{2.5}$ konsentratsiyalarining muntazam monitoringi, ayniqsa PTFE,QFF filtr asosidagi gravimetrik usullar va SilVy-5 kabi portativ qurilmalar yordamida aniq laborator o‘lchovlar olib borish, nafaqat ifloslanish manbalarini aniqlash, balki aholining sog‘liq xavflarini baholash uchun ham muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Shaharda uzoq vaqt davomida yog‘ingarchilik kamligi va katta antropogen yuk tufayli avtomobil yo‘llariga suv sepish va tozalash, qurilish ob’ektlarida changni kamaytirish choralariga, chiqindilarni o‘z vaqtida yig‘ish masalalariga ko‘proq e’tibor qaratish lozim. Yuqoridagi 2,3,4 rasmdagi ma’lumotlar ushbu muammoga oid mavjud vaziyatni baholash, ifloslanish darajasining

o‘zgarish dinamikasini ko‘rsatish va kelgusida samarali ekologik boshqaruv choralarini ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Ma’lumot uchun: *Kelgusi* **30 yilda** *iqlim o‘zgarishi va uning oqibatlarini bartaraf etishga jahonda* **8 trln.** *dollar sarflanishi va* **2050 yilgacha** *dunyo Yalpi ichki mahsuloti* **3 foizga** *kamayishi prognoz qilinmoqda.* [13].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Prezident qarori PQ 338. “Chang bo‘ronlariga qarshi kurashish va atmosfera havosi sifatini yaxshilash bo‘yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar”, 24.09.2024. uz24.uz.

2. World Bank. (2023). *National State of the Environment Report, Uzbekistan.*

3. World Bank. (2023). *Air Quality Analysis for Urban Centers in Uzbekistan.*

4. WHO. (2021). *Air Quality Guidelines – Global Update.* Geneva: WHO.

5. EPA. (2019). *Integrated Science Assessment for Particulate Matter.* Washington, DC: EPA.

6. EPA. (2021). *Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health.*

7. EPA. (2020). *Integrated Science Assessment for Particulate Matter.*

8. Health Effects Institute (HEI). (2020). *State of Global Air 2020.* Boston: HEI.

9. *Health Effects Institute (HEI). (2023). State of Global Air 2023.*

10. TMA University. (2023). *Monitoring of Atmospheric PM in Tashkent.*

11. Raxmonaliyeva, D., & Alimov, Z. (2024). *Seasonal dynamics of PM2.5 and PM10 in Tashkent.* Journal of Environmental Science and Technology, 12(2), 45–60.

12. Begimkulov, S. et al. (2021). *Industrial emissions and heavy metal pollution in Uzbekistan.* Environmental Monitoring and Assessment.

13. Brook, R.D., et al. (2010). *Particulate matter air pollution and cardiovascular disease.* Circulation, 121(21), 2331–2378.

14. D'Amato, G., et al. (2015). *Climate change, air pollution and allergic respiratory diseases.* Allergy, 70, 755–767.

15. Groll, M. et al. (2013). *Sources and transport of dust in the Aral Sea region.* Atmospheric Chemistry and Physics.

16. Guarnieri, M., & Balmes, J.R. (2014). *Outdoor air pollution and asthma.* Lancet, 383, 1581–1592.

17. Indoitu, R. et al. (2015). *Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variability.* Aeolian Research.

18. Kerimray, A., et al. (2020). *Air pollution in Central Asian industrial cities.* Science of the Total Environment.

19. Kulmatov, R. et al. (2022). *Assessment of PM2.5 pollution from transport sources in major Uzbek cities.* Environmental Science and Pollution Research.

20. Lelieveld, J., et al. (2019). *Air pollution and health impacts.* Lancet Planetary Health, 3(1), e25–e33.

21. Lelieveld, J., Evans, J.S., Fnais, M., Giannadaki, D., & Pozzer, A. (2019). *The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale.* Nature, 525, 367–371.

22. Maher, B., et al. (2016). *Magnetite pollution nanoparticles in the human brain.* PNAS.

23. Pope, C.A., et al. (2004). *Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution.* Circulation, 109, 71–77.

24. Rashki, A. et al. (2012). *Dust emission from desert regions: A review of mechanisms.* Journal of Arid Environments.

25. Seinfeld, J.H., & Pandis, S.N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics.* Wiley.

26. Tai, A.P.K. et al. (2010). *Meteorological variability and PM2.5 concentration dynamics.*

27. Zhang, Q., et al. (2017). *Sources of particulate matter air pollution in Asia.* Environmental Research Letters, 12(2), 024011.

28. Zhang, Q., Jiang, X., Tong, D., et al. (2017). *Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade.* Nature, 543, 705–709.
29. https://chatgpt.com/c/69282fea-f878-832b-a369-8d08376a1b3f
30. https://kun.uz/news/2025/11/20/toshkent-havo-ifloslanishi-boyicha-dunyoda-1-oringa-chiqdi

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЫЛЕВЫХ БУРЬ В ЮЖНОМ ПРИАРАЛЬЕ

Тлеумуратова Бибигуль Сарыбаевна
доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук
Нарымбетов Бахадыр Жанабаевич
PhD, старший научный сотрудник Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук
Султашов Ренат
базовый докторант

Аннотация. Проведен статистический и когнитивный анализ межгодового режима пылевых бурь в Южном Приаралье, сингулярного режима среднестатистической пылевой бури и режима конкретной пылевой бури, произошедшей в городе Нукус 22.08.2025г. Выявлено, что в среднем по метеостанциям Южного Приаралья коэффициент корреляции между количествами пылевых бурь и осадков равен -0,231. Также выявлено снижение годового количества осадков с устойчивой тенденцией осредненной по региону 0,7 мм/год, и увеличение количества дней с пылевыми бурями со средними темпами 6,7 % год. На основе анализа режима среднестатистической пылевой бури и режима конкретной пылевой бури выявлено преобладание мелкодисперсной фракции (79%) в осаждающейся массе пыли, представляющей особые риски для здоровья. Сделан когнитивный вывод, что для населения Южного Приаралья, сосредоточенном в Нижне-амударьинском оазисе, существенно опасны пылевые бури с очагами в окружающих пустынях, особенно на Аралкуме вследствие высокого содержания токсичных сульфатов.

Ключевые слова: пылевые бури, Южное Приаралье, пространственно-временная динамика, превышение ПДК, риски для здоровья.

Annotatsiya. Janubiy Orolbo‘yida chang bo‘ronlarining yillararo rejimi, o‘rtacha statistik chang bo‘ronining singulyar rejimi va Nukus shahrida 22.08.2025-yilda sodir bo‘lgan chang bo‘roni rejimi statistik va kognitiv tahlil qilindi. Shuningdek, mintaqa bo‘yicha o‘rtacha 0,7 mm/yil bo‘lgan barqaror tendensiya bilan yillik yog‘ingarchilik miqdorining pasayishi va chang bo‘ronli kunlar sonining yil davomida o‘rtacha 6,7% ga ko‘payishi aniqlandi. O‘rtacha statistik chang bo‘roni rejimi va aniq chang bo‘roni rejimini tahlil qilish asosida cho‘kayotgan chang massasida sog‘liq uchun alohida xavf tug‘diradigan mayda dispersli fraksiyaning (79%) ustunligi aniqlandi. Quyi Amudaryo vohasida joylashgan Janubiy Orolbo‘yi aholisi uchun atrofdagi cho‘llarda, ayniqsa Orolqumda toksin miqdori yuqori bo‘lgan chang bo‘ronlari sezilarli darajada xavfli degan kognitiv xulosaga olindi.

Kalit so‘zlar: chang bo‘ronlari, Janubiy Orolbo‘yi, fazo-vaqt dinamikasi, REK-dan oshib ketish, sog‘liq uchun xavflar.

Abstract. A statistical and cognitive analysis of the interannual dust storm regime in the Southern Aral Sea region, the singular regime of the average dust storm, and the specific dust

storm regime that occurred in the city of Nukus on 22.08.2025 was conducted. It was found that the correlation coefficient between the amount of dust storms and precipitation is -0.231 on average for weather stations in the Southern Aral Sea region. It also revealed a decrease in annual precipitation with a stable trend averaging 0.7 mm/year for the region and an increase in the number of dust storm days with an average annual rate of 6.7%. Based on the analysis of the average dust storm regime and the specific dust storm regime, the predominance of a finely dispersed fraction (79%) in the settling dust mass was revealed, which poses a particular health risk. A cognitive conclusion was drawn that for the population of the Southern Aral Sea region, concentrated in the Lower Amu Darya oasis, dust storms with foci in the surrounding deserts, especially in the Aralkum, are significantly dangerous due to their high content.

Keywords: dust storms, Southern Aral Sea region, space-time dynamics, exceeding the REC, health risks.

Пылевые бури – одна из важных проблем Южного Приаралья. В этом регионе, окруженном со всех сторон пустынями, пылевые бури оказывают негативное влияние на экономику, экологию, здоровье населения и климат (Молоснова и др., 1987; Мукашева, 2015; Вальдберг и др., 1993; Тлеумуратова и Нарымбетов, 2022). В настоящее время загрязнение атмосферы является самой большой проблемой здравоохранения стран Приаральского региона, поскольку пыль с осушенного дна Аральского моря, содержащая токсичные сульфаты, опасна вдвойне. Корреляционный анализ пространственно-временной динамики заболеваемости и динамики загрязнения атмосферы в Каракалпакстане показал, например, что средний по республике коэффициент корреляции для необработанных медицинских данных составляет 0,72, а для сглаженных – 0,91 (Тлеумуратова и др., 2015).

В настоящее время интенсификация исследований пылевых бурь ассоциируется с появлением таких новых аспектов их воздействий, как снижение видимости, снижение количества солнечного света, эффект теплового «покрывала», угнетение растительного покрова (Вальдберг и др., 1993; Байкова, 1998; Тлеумуратова, 2009). Современная динамика пылевых бурь в различных регионах исследована в ряде работ (Байкова, 1998; Берсенева, 2006; Вальдберг и др., 1993; Гинзбург и др., 2008), однако динамика пылевых бурь на Устюрте и в Кызылкуме менее освещена. Учитывая положительную динамику количества и масштабов пылевых бурь в регионе и соответственно их прогрессирующее воздействие на окружающую среду, исследование режима пылевых бурь, т.е. их пространственно-временной динамики является актуальной и малоизученной к настоящему времени проблемой.

В связи с вышесказанным сотрудниками нашей лаборатории проведен анализ многолетней пространственно-временной динамики пылевых бурь в Южном Приаралье, ее тенденций, факторов, а также исследована хроника развития пылевых бурь на примере конкретных случаев.

При исследованиях применены методы статистического и синоптического анализов, сопоставления синхронизацией и пространственным совмещением данных качественно разных источников (ДЗЗ, метеостанций, наземного мониторинга и др.), использованы данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), синоптические карты ФГБУ "Авиаметтелеком Росгидромета" (Web-Interface).

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕЖГОДОВОГО РЕЖИМА ПЫЛЕВЫХ БУРЬ.

Областью исследования является Южное Приаралье, на территории которого расположены 10 метеостанций, данные которых использовались в данном исследовании.

Общее количество пылевых бурь и осадков по годам по Южному Приаралью отражено на графике (рис.1).

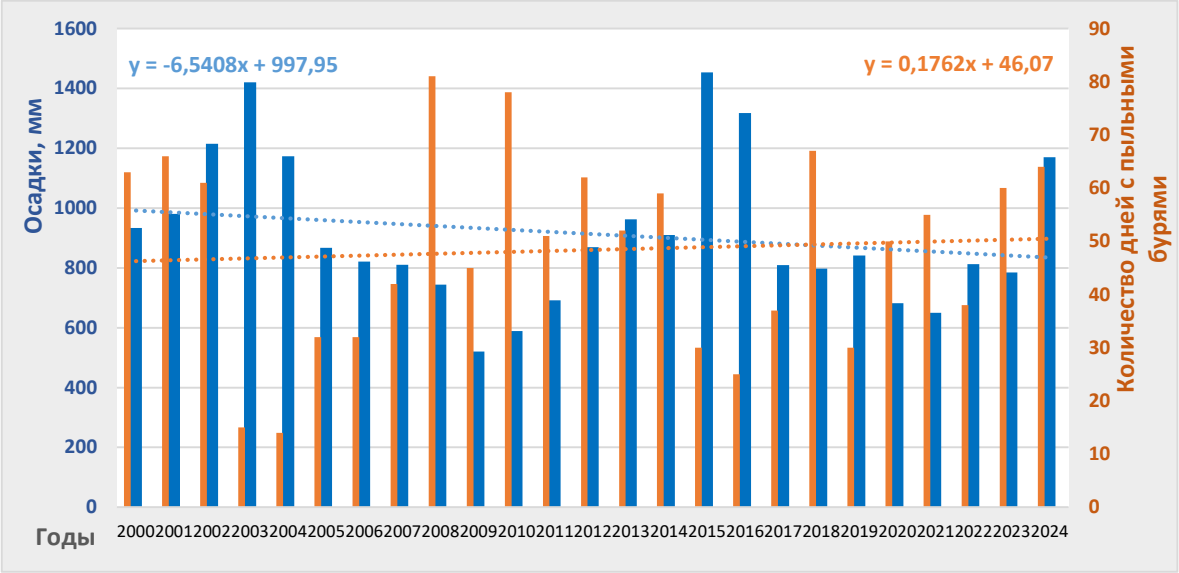


Рис.1. Количество пылевых бурь и осадков в Южном Приаралье по годам

При предположении количественной зависимости пылевых бурь от осадков получены совмещенные гистограммы по количеству дней с пылевыми бурями и количеству осадков для всех метеостанции Южного Приаралья, действовавших в периоде 2000-2023гг. Полученные данные содержат определенные отличия по разным метеостанциям. Противофаза осадков и пылевых бурь особенно чётко выявляется на метеостанциях Устюрта. Коэффициенты корреляции пылевых бурь с осадками приведены в табл.1.

Таблица 1. Корреляция годового количества пылевых бурь и осадков

Станция	Бустан	Нукус	Т-таш	Чимбай	Тахта	Кунград	Муйнак	К-кия	Жаслык
Коррел.	-0,368	-0,24	-0,484	0,0052	0,166	-0,365	-0,252	-0,33	-0,21
Среднее значение корреляции					**-0,231**				

СИНГУЛЯРНЫЙ РЕЖИМ СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКОЙ ПЫЛЕВОЙ БУРИ.

Сингулярный режим среднестатистической пылевой бури включает динамику метеопараметров, концентрации пыли, продолжительность пылевой бури, время осаждения.

Статистический анализ по данным (Тлеумуратова и др., 2025) на 2011-2023гг. выявил многолетнюю среднюю динамику метеоэлементов по метеостанции Муйнак до, во время и после пылевой бури (рис.2). Прежде всего, можно заметить резкое понижение атмосферного давления (до 1012 гПа) и усиление ветра (до 8 м/с). Также можно отметить, что для среднестатистической пылевой бури характерны понижение температуры и влажности воздуха. Понижение температуры воздуха вызывается задержкой прямой радиации слоем пыли, а понижение влажности воздуха – адсорбцией влаги частицами пыли.

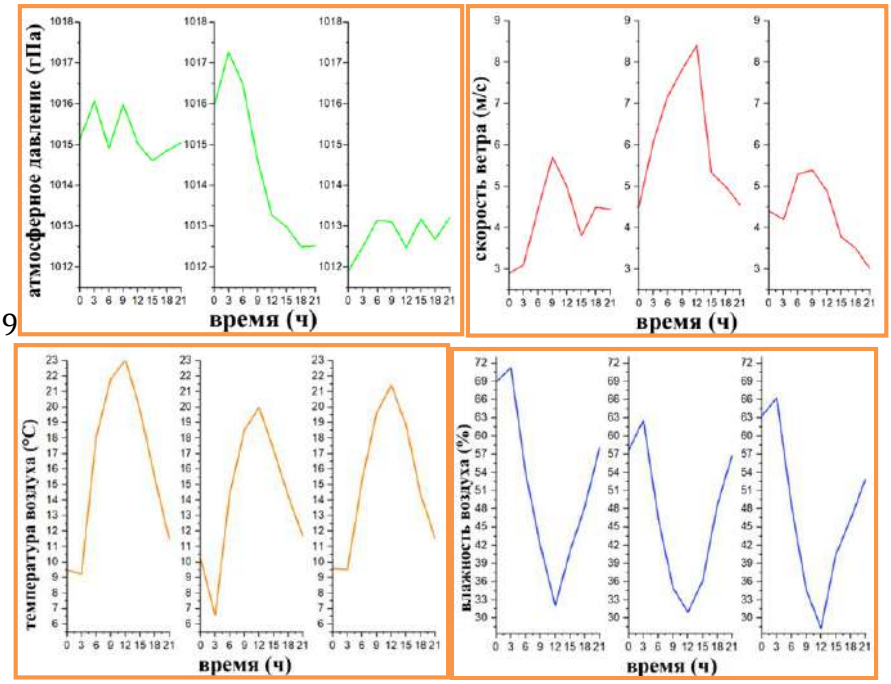


Рис. 2. Средняя 3-х суточная динамика метеоэлементов до, во время и после пылевой бури по данным метеостанции Муйнак за 2011-2023 гг.

Статистический анализ постбуревых метеоусловий может быть использован для определения полей сухого осаждения солевого аэрозоля. Эта информация крайне важна в исследованиях таких последствий выноса солей с осушенного дна Арала, как засоление почв и повреждение наземных растений.

Произведен анализ корректности среднестатистических параметров пылевых бурь в Южном Приаралье на примере пылевой бури, прошедшей 22 августа 2025г. в г.Нукусе и вызванной развитием южного Мургабского циклона с направлением на северо-восток. Эта форма развития фронтального циклона связана с системой низкого давления на восточной стороне синоптического провала (Knippertz, 2014). Анализируемая пылевая буря относится к пылевым бурям холодного фронта циклона, вдоль которого возникают очаги пыли (рис.3).

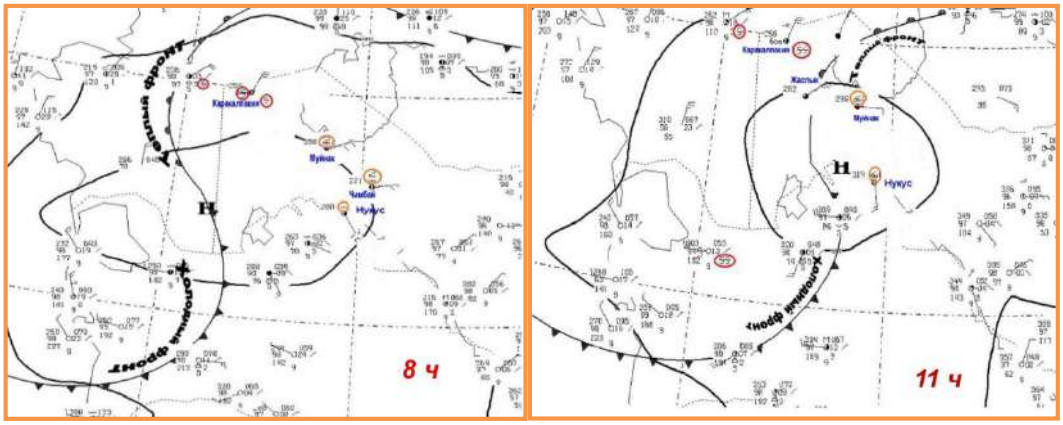


Рис. 3. Синоптические карты развития циклона в 8ч. и 11ч. по местному времени.

Основные очаги пыли находятся в Каракумах на территории Туркменистана и на северо-востоке Устюрта. На метеостанциях Каракалпакия и Жаслык 22-августа преобладали ветра северного и северо-восточного направления (20-25 м/с), в Кунграде в основном северный ветер (20 м/с), на станции Муйнак направление ветра северное (5-10

м/с), на Чимбайской и Тахтакупырской метеостанциях в основном направление ветра северо-восточное (7-12 м/с). В остальных центральных и южных районах направление ветра южное и юго-западное, скорость ветра 7-10 м/с.

Динамика метеоэлементов во время анализируемой пылевой бури 22 августа 2025г. (табл.2) подтверждает результаты статистического анализа среднестатистической пылевой бури.

Таблица 2. Динамика метеоэлементов во время пылевой бури 22 августа 2025г.

Местное время	Ветер		Видим	Явления	Влажность (%)	Атм. давление (гПа)	Температура (°С)
	направл	м/с					
8:00	Ю	6	20 км		26	995.1	28.0
11:00	Ю	7	20 км		22	993.9	28.0
14:00	Ю	8	800 м	мгла	28	992.7	35.0

В течение пылевой бури были проведены замеры концентрации пыли и метеоусловий в центре г.Нукус и в пригороде, чтобы определить разницу параметров пылевых бурь в городских условиях и на открытой местности. Условия, при которых проводились измерения 22.08.2025 г. приведены в таблице (табл.3).

Таблица 3. Условия, при которых проводились измерения

Место	Время (местн.)	Температура воздуха	Влажность воздуха	Ветер	
				Направл.	Скорость
Центр города	12:55	35 °C	36%	Южное	6-7 м/с
Пригород	13:30	34,7 °C	31,3%	Южное	7-8 м/с

Как видно проявления пылевых бурь сильнее на открытой местности. Это объясняется разницей аэродинамических параметров (шероховатость поверхности) и разницей площадей собственных пылящих поверхностей. То же относится и к запыленности воздуха (табл.4) – видно преобладание концентрации пыли в пригороде для всех ее фракций по размерам.

Таблица 4. Счетная и массовая концентрации пыли в центре города и в пригороде

	Размер частиц, мкм	0.3	0.5	1	3	5	10	**Общ.масс. конц-я, мг/м^3**
Город	Число частиц	930459	868533	554907	124320	8719	834	
	Массовая концентр. мг/м^3	0,124	0,535	2,734	16,54	5,371	4,12	**29,41**
Пригор	Число частиц	979801	920481	600142	143402	10451	1315	
	Массовая концентр. мг/м^3	0,13	0,567	2,957	19,08	6,44	6,48	**35,65**

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) установлены стандарты качества воздуха: суточной ПДК для частиц с размерами меньше 10 мкм (PM_{10}) и частиц с размерами меньше 2,5 мкм ($PM_{2,5}$), которые соответственно равны 300 и 60 мкг/м^3. По таблице 5 и можно заключить, что концентрация наиболее опасной для здоровья фракции $PM_{2,5}$ составляет 44% мелкодисперсной пыли.

Таблица 5. Концентрация загрязняющих веществ (мкг/м^3)

№	Время	PM_{10} (ПДК 300 мкг/м^3)	$PM_{2,5}$ (ПДК 60 мкг/м^3)
1	13:00	1653 мкг/м^3 (5,5 выше нормы)	704 мкг/м^3 (11,7 выше нормы)
2	14:00	2149мкг/м^3 (7,2 выше нормы)	809мкг/м^3 (13,5 выше нормы)
3	15:00	1246мкг/м^3 (4,15 выше нормы)	545мкг/м^3 (9,1 выше нормы)
4	16:00	645мкг/м^3 (2,15 выше нормы)	299мкг/м^3 (5 выше нормы)
5	17:00	394мкг/м^3 (1,3 выше нормы)	204мкг/м^3 (3,4 выше нормы)

Для демонстрации превышения стандартов при данной пылевой буре на графике (рис.4) отражены соотношения массовых концентраций PM_{10}/ПДК и $PM_{2,5}$/ПДК в течение исследуемой пылевой бури. Максимальное превышение ПДК в 13,5 раз наблюдалось в разгар пылевой бури.

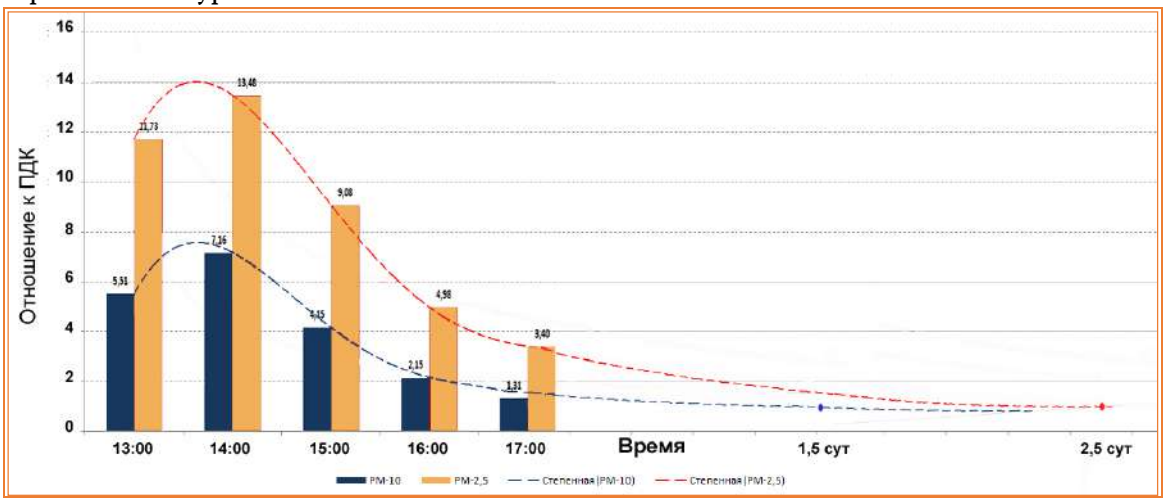


Рис. 4. Отношение содержания PM_{10} и $PM_{2,5}$ к ПДК с прогнозом изменения с течением времени

По фактическим данным измерений концентрации пыли можно сделать выводы о динамике концентрации пыли и времени осаждения частиц пыли разных размеров. Прогнозные тренды динамики соотношений измеренных концентраций с ПДК показывают, что PM_{10}/ПДК становится меньше 1 через 1,5 сутки, а $PM_{2,5}$/ПДК – через 2,5 сутки после начала пылевой бури. Субмикронные частицы остаются в воздухе в течение 1-2 недель.

ВЫВОДЫ

Общим для всех региональных метеостанций является снижение годового количества осадков с устойчивой тенденцией осреднённой по региону 0,7 мм в год, и увеличение количества дней с пылевыми бурями со средними темпами 6,7% в год. Невысокие коэффициенты корреляции объясняются разнесенностью в пространстве метеостанций и очагов пылевых бурь. Более коррелированы данные конкретных метеостанций по среднегодовой концентрации пыли и количеству осадков (Уразымбетова и Тлеумуратова, 2025). Достаточно высокий коэффициент корреляции (-0,484) свидетельствует о значительной роли осадков в подавлении пылевых явлений.

Согласно закономерностям динамики профиля шлейфа пылевых бурь, полученным по результатам численного моделирования (Тлеумуратова, 2004), мелкодисперсная пыль ($PM_{2,5}$) сосредоточивается в концевой части шлейфов пылевой бури (на расстоянии 200-500 км от очага). Учитывая время осаждения мелкодисперсной пыли, можно сделать вывод, что наибольшие риски для здоровья населения представляют сухие выпадения аэрозоля на

расстоянии 500-1000 км от очага пылевой бури через 1-4 сутки в зависимости от скорости ветра после пылевой бури. Таким образом для населения Южного Приаралья наиболее опасны пылевые бури с очагами в центрах окружающих пустынь с соответствующими направлениями шлейфов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мукашева Б. Г. Влияние климата на состояние здоровья населения Приаралья //Гигиена труда и медицинская экология. – 2015. – №. 4 (49). – С. 20-30.

2. Молоснова Т.И., Субботина О.И., Чанышева С.Г. Климатические последствия хозяйственной деятельности в зоне Аральского моря. – М.: Гидрометеоиздат, 1987. – 119 с.

3. Вальдберг А.Ю., Исянов П.М., Яламов Ю.И. Теоретические основы охраны атмосферного воздуха от загрязнения промышленными аэрозолями. СПб.: Нииогаз-фильтр, 1993. 235 с.

4. Тлеумуратова Б.С., Нарымбетов Б.Ж. Количественная оценка повышения температуры воздуха вследствие конвективного выноса аэрозоля с пустынных поверхностей. Доклады Академии наук Республики Узбекистан. 2022.

5. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М., Мустафаева Р. Моделирование выноса солей с обсохшего дна Аральского моря и его последствий. Сборник научных трудов Евразийского научного объединения. Эффективные исследования современности. X-Международная научная конференция. Москва.– 2015.– №10.– С.238 – 242.

6. Байкова И.М. Особенности многолетнего изменения коэффициента прозрачности атмосферы и составляющих солнечной радиации в Сибири и на Дальнем Востоке в 1967–1986 гг. // Метеорология и гидрология, 1998, № 1, с. 29-35.

7. Тлеумуратова Б.С. Влияние солепылепереноса на осадкообразование в Приаралье //Аридные экосистемы. – 2009. – том 15. – №3(39) . – с.28-35.

8. Берсенева И.А. Климаты аридной зоны // Биологические ресурсы и природные условия Монголии. Труды совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции. Т. XLVI. М.: Наука, 2006. 287 с.

9. Гинзбург А.С., Губанова Д.П., Минашкин В.М. Влияние естественных и антропогенных аэрозолей на глобальный и региональный климат// Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т. LII, № 5с.112-119.

10. Уразымбетова Э.П., Тлеумуратова Б.С. Воздействие запыленности атмосферы на климатические изменения и здоровье населения Южного Приаралья // Материалы VI международной научно-теоретической конференции «Актуальные вопросы естественных наук», Нукус, 21 мая, 2025 г., -С. 241-246.

11. Тлеумуратова Б.С., Уразымбетова Э.П., Султашов Р.Г. Факторы миграции пыли в Южном Приаралье.//Вестник ККО АН РУз. – Нукус, 2025. -№1. – С.74-83.

12. Knippertz P., Coe H. +12 authors J. Marsham. The DACCIWA project: Dynamics-aerosol-chemistry-cloud interactions in West Africa. Environmental Science, Chemistry. Bulletin of the American Meteorological Society. 2014.

13. Тлеумуратова Б.С. Математическое моделирование переноса аэрозоля в нижних слоях атмосферы: Дисс..канд. физ.-мат. наук.–Ташкент, 2004.–138с.

QURILISH MATERIALLARI ISHLAB CHIQARISH KORXONALARINING INSON SALOMATLIGIGA TA’SIRINI BAHOLASH

Keldiyarova Gulmira Farhadovna, Belyalova Leylya Enverovna
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada aholi yashaydigan punktlardagi zararli moddalar miqdori RECHM dan oshib ketmasligi uchun sanoat korxonalarining chiqindi chiqarish miqdorini kamaytirish masalalari keltirilgan. Bundan tashqari, uning qoida va tartiblari O'z DSt 2305:2011normativ xujjatida berilgan bo'lib, havoning boshqa muassalaridan chiqarilayotgan zararli moddalar bilan ifloslanishi, chiqindi chiqariladigan tutun quvurlari tahlili, zararli birikmalarning havoda aralashib ketish tezligi, undan zararli cho‘kmalarni sutka davomida cho‘kish miqdori kabi ko‘p ma’lumotlar inobatga olinib hisoblangan.

Texnik jarayonlar mukammal bo‘lishi bilan bir qatorda, tabiatni musaffoligini saqlash maqsadida chiqindi chiqarish miqdorlarini kamaytirish, maxsus yangi turdagi uskunalar joriy etilib, ularning chegaraviy qiymatlari tahlili asosida korxonalarning ta’sir etilishining pasaytirilib borilishi bo‘yicha takliflar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: *ishlab chiqarish, hisoblash, inventarizatsiya, chiqindi, ifloslantiruvchi moddalar, tashkillashtirilgan manbalar, sanoat maydoni, RECHM, me’yoriy hujjatlar*.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы, связанные со снижением уровня выбросов промышленных предприятий для обеспечения того, чтобы концентрация вредных веществ в населенных пунктах не превышала предельно допустимую концентрацию (ПДК). Кроме того, правила и процедуры для этого процесса изложены в национальном стандарте O'z DSt 2305:2011. При расчетах учитываются многочисленные факторы, такие как загрязнение воздуха, вызванное выбросами различных предприятий, анализ выхлопных газов, скорость рассеивания вредных соединений в атмосфере и количество опасных отложений, оседающих в течение 24 часов.

Также в статье обоснованы предложения по снижению объемов выбросов за счёт совершенствования технологических процессов, внедрения новых специальных очистных установок и поэтапного уменьшения их предельно допустимых нормативов.

Ключевые слова: производство, расчет, инвентаризация отходов, загрязняющие вещества, организованные источники, промышленная зона, ПДВ, нормативные акты.

Annotation. This article discusses issues related to reducing emissions from industrial enterprises to ensure that the concentration of harmful substances in populated areas does not exceed the maximum permissible concentration (MPC). In addition, the rules and procedures for this process are set out in the national standard O'z DSt 2305:2011. Numerous factors are taken into account in the calculations, such as air pollution caused by emissions from various enterprises, exhaust gas analysis, the rate of dispersion of harmful compounds in the atmosphere and the amount of hazardous deposits deposited within 24 hours.

The article also substantiates proposals to reduce emissions by improving technological processes, introducing new special treatment plants and gradually reducing their maximum permissible standards.

Key words: production, calculation, inventory of waste, pollutants, organized sources, industrial zone, personal protective equipment, regulations.

KIRISH

Respublikada qurilish materiallari ishlab chiqarish sanoatida tozalash uskunalarini modernizasiya qilish bilan bir qatorda, atmosfera havosining me’yordan ortiq ifloslanishining

oldini olish va zararli moddalarning ruhsat etilgan chegaraviy me’yordan oshmasligiga erishishda keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda.

O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Xarakatlar strategiyasida “.....atrof-muhit muhofazasi, genofondga va aholi salomatligiga yetkaziladigan salbiy ta’sirning oldini olishga qaratilgan chora tadbirlarni o‘z vaqtida amalga oshirish” bo‘yicha vazifalar belgilab qo’yilgan. Mazkur vazifalardan kelib chiqib, yangi turdagi chang-gaz tozalash uskunalarini ishlab chiqarish korxonalarida qo‘llash orqali uskunalar ish samaradorligini oshirish va korxonalarning atmosfera havosiga, inson salomatligi va o‘simlik dunyosiga ta’sirini kamaytirish va baholash muhim ilmiy amaliy ahamiyat kasb etadi.

Sanoat ishlab chiqarish amaliyotida fan va texnikaning innovasion texnologiyalari va uslublarini ishlab chiqishga katta e'tibor berilmoqda. Shu jumladan, atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida ishlab chiqarish korxonalaridan hosil bo‘ladigan zararli moddalarning ruhsat etilgan chegaraviy me’yordan oshmasligiga erishish, turli sohadagi ishlab chiqarish sanoat korxonalarining atrof-muhitga ta’sirini kamaytirish masalalari yetakchi o‘rinni egallaydi. Bu borada, dunyoning rivojlangan mamlakatlarida ma’lum yutuqlarga erishilgan bo‘lib, ishlab chiqarish korxonalarida ham chang ham gazsimon moddalarni tozalash imkoniyati mavjud bo‘lgan uskunalarni yaratishda takomillashtirilgan yangi konstruktiv yechimlarini ishlab chiqish va korxonalarning atrof-muhitga ta’sirini tozalash filtrlarida chang-gaz tozalash uskunalarini qo‘llash orqali kamaytirilishini ilmiy asoslash muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

TADQIQOT USULLARI

Atrof-muhitga bo‘lgan ta’sir bayonoti (AMTB) va ekologik ekspertiza uchun umumiy bo‘lgan asosiy printsip – har qanday xo‘jalik faoliyatining potentsial ekologik havfining prezumiyasi, ya‘ni ehtimollikka yoki taxminga asoslangan farazi, faktning aksi tasdiqlanmagunicha, shu fikrni yuridik to‘g‘ri deb topish demakdir. haqiqatdan ham har qanday xo‘jalik faoliyati o‘zida, taxminlarga ko‘ra, u yoki bu ekologik xavf darajasini yashiradi. Uni amalga oshishi shunday oqibatlarga olib keladiki, bunday oqibatlarni baholash zarurdir. Bu holatda tashabbuskor bo‘lgan xo‘jalik faoliyati shunday ishonchli (asosli, jiddiy) dalil isbotlarni keltirishi kerakki yoki ko‘rsatishi kerakki, mo‘ljallanayotgan faoliyatning ekologik xavfsizligi ta’minlangan bo‘lishi shart.

Atrof-muhitga ta’sirni baholash bosqichlari. Xo‘jalik faoliyati ob‘ekti bo‘yicha ishlab chiqiladigan va qabul qilinadigan qaror AMTB bosqichlarini birin-ketin tartib bilan bajarishni talab etadi. AMTB bosqichlari quyidagilardan iborat:

-birinchi bosqich. Atrof-muhitga bo‘lgan ta’siri to‘g‘risida bildirish loyihasi; (OVOS).

-ikkinchi bosqich. Atrof-muhitga bo‘lgan ta’sir to‘g‘risida bildirish. (AMBTB); (ZVOS)

-uchinchi bosqich. Ekologik oqibatlar to‘g‘risida bildirish. (EOTB);

I va II toifa ob’ektlari uchun AMTB ning barcha uchta bosqichi amalga oshirilishi yoki bajarilishi shart, bunda AMBTB ni ishlab chiqish zaruriyatini yoki kerakligini tabiatni muxofaza qilish komiteti aniqlaydi. III toifadagi ob’ektlariga AMBTB bajarilmaydi, EOTB esa xo‘jalik faoliyati ob’ektida atrof-muhitga tashlanadigan tashlanmalar va chiqindilar bo‘lgan taqdirda qilinadi.

TADQIQOT NATIJALARI VA UNING MUHOKAMASI

Magistral Samarqand yo‘llardan muntazam foydalanish UK (SamYMF UK) Samarqand shaxridagi Farxod qo‘rg‘onida joylashgan. Korxona faoliyat ko‘rsatadigan hududida yoki juda yaqinida aholi istiqomat qiladi. Korxonaning shimol tomonida 150 m masofada Halvoyi mahallasi, Sharq tomonda 500 m uzoqlikda Boshdarxon mahallasi mavjud. Korxona atrofi deyarli ochiq maydon hisoblanadi.

Korxonada asosan yo‘lsozlikda foydalaniladigan asfalt-beton va temir beton ishlab chiqariladi. Korxonada ishlab chiqarish jarayonida xom ashyo sifatida qum, shag‘al tosh, sement, bitum va temir mahsulotlaridan foydalaniladi. Qum, shag‘al va tosh Zarafshon daryosidan keltiriladi.

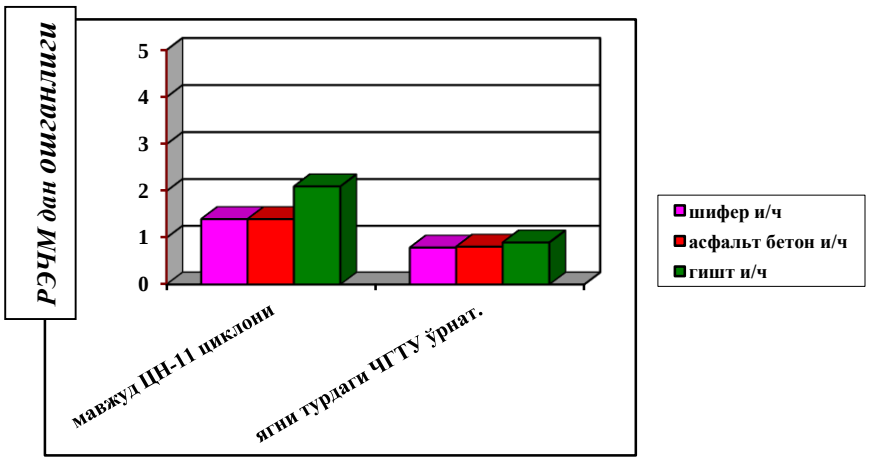
Korxonada bir yilda o‘rtacha 200 ming tonna asfalt-beton va 10ming m^3 temir-beton maxsulotlari ishlab chiqariladi. Ishlab chiqarishda mavjud zararlarli gazlar ko‘p miqdorda yig‘ilganida zaharlash yoki yonuvchanlik xususiyatiga ega bo‘ladi. Ishchilar ishlaydigan xonadagi ruxsat etilgan gazlar miqdori (RECHM) deb havodagi zararli gazlarni shunday miqdorida aytiladiki, ular 8 soatlik ish kuni davomida ishchilar ish faoliyatida sog‘ligiga salbiy ta’sir yetkazmaydi va kasallik paydo bo‘lishiga olib kelmaydi. Havoda sanitar normalar ruxsat etilgan miqdordan ortiq to‘plangan zararli moddalar ishchilarni zaharlashi, kasbiga xos kasalliklarning kelib chiqishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Havoda yonuvchi gazlar miqdori pastki portlash chegarasidan yuqori bo‘lganda portlash havfi paydo bo‘lishi mumkin. Shuning uchun zaharli va yonuvchi gazlar to‘planuvchi ishlab chiqarishga taalluqli joylarda atrof-muhitni nazorat qilib turish talab etiladi.

Ko‘rib chiqilayotgan tumanning atmosfera havosini ifloslanish darajasi foni ishlab chiqarish sexlari va yordamchi inshoatlardan chiqadigan tashlamalardan shakllanadi. Hudud atmosferasi ifloslanishining asosiy komponentlari: sement changi, noorganik chang, uglerod oksidi, azot oksidi, uglevodorod, benz(a)piren, marganets oksidi va benzapiren, beton ishlab chiqarishda atmosfera havosiga tashlanadigan sement changi, noorganik chang, payvand changi, marganets oksidi, asfalt ishlab chiqarish sexida asfalt ishlab chiqarish jarayonida atmosfera havosiga tashlanadigan noorganik chang, uglerod oksidi, azot oksidi, benz(a)piren, uglevodorod korxona hududidan tashqarida ruxsat etilgan miqdor (kvota)dan salgia oshganligi kuzatildi.

Changning organizmga gigienik ta’siridan tashqari yana boshqa salbiy tomonlari ham mavjud: texnologik jihozlarning yemirilishini tezlashtiradi, qimmatbaho materiallarni ishdan chiqarib, iqtisodiy zarar etkazadi. Changning ishchilar salomatligiga zararli ta’siri ko‘p omillarga bog‘liq: chang zarrachalarining fizik kimyoviy hossalariga, kattaligi (dispersligi) va shakliga, havodagi changning miqdoriga, smena davomida ta’sir etish muddati va kasbda ishlash davriga va hokazolarda namoyon bo‘ladi. Changlarni organizmga ta’sirining ko‘p xil ko‘rinishda bo‘lishini ularning kimyoviy tarkibi belgilaydi.

Changning asosiy ta’siri eng avvalo nafas olganda vujudga keladi. Changli havo bilan nafas olish asosan nafas organlarining zararlanishi: bronxit, pnevmokonioz yoki umumiy zararlanish (zaharlanish, allergiya) rivojlanishini vujudga keltirishi mumkin.



1-rasm. Qurilish materiallari ishlab chiqarish korxonalaridan ajralib chiqadigan zararli moddalarning RECHM (PDV) ga nisbatan tahlili.

Changdan kasallanishlarni oldini olish maqsadida quyidagi chora-tadbirlar amalga oshiriladi: qonuniy tartibdagi choralar, changning hosil bo‘lishi va tarqalishiga qarshi chora tadbirlar, shaxsiy muxofaza chora tadbirlari. Sanoat korxonalaridagi xonalar va sexlar havo muhitidagi changlar bu zonalarda ishlayotganlarning sog‘ligiga havf solmasligini ta‘minlash maqsadida chang miqdorining yo‘l qo'yiladigan oxirgi darajasi (YQOD) sanitar gigienik me‘yorlari belgilangan hujjatlari mavjud. Eng ko‘p tarqalgan va havfli changlarning YQOD si QMQ 01.02.00 "Ishchi zonasining havosi. Umumiy sanitariya gigiena talablari" da keltirilgan. Eng zararli changlarga eng past miqdor belgilangan.

Sanitariya himoya zonasi korxona atrofidagi hudud hisoblanadi. Bu hudud toza saqlanishi kerak. Sanitariya himoya zonalarining turar joy uylarigacha bo‘lgan chegarasi korxona quvvatiga, texnologik jarayon hususiyatlariga va ajralib chiqadigan zararli moddalar miqdoriga ko‘ra belgilanadi.

Sanoat korxonalari havfliligi jihatidan 4 gururhga bo‘linadi. Eng zararlisi 1 guruhga kiradi.

1-gururh uchun sanitariya himoya zonasi 1000 m,

2-guruh uchun 500 m,

3-guruh uchun 300 m,

4-guruh uchun 100 m ni tashkil etadi.

Magistral Samarqand yo‘llardan muntazam foydalanish UK (SamYMF UK) dagi ЦН-11 rusumli chang-gaz tozalash uskunasining ushlab qolish samaradorligini aniqlash. Tozalanish jarayonigacha bo‘lgan chang-gaz aralashmasining sig‘imi S = 862,4 mg/m^3, tezligi V= 12,8 m/s. manba balandligi N = 12,4 m, diametri D = 0,5 m.

U holda atmosferaga tashlanadigan chang aralashmasining hajmi quyidagiga teng bo‘ldi:

Q = 2,51 m^3/s.

Tozalanish jarayonigacha bo‘lgan noorganik changning vaqt birligi ichidagi miqdori quyidagiga teng:

V = S * Q/1000 = 862,4*2,51/1000 = 2,16 g/s.

Changning yillik miqdori quyidagiga teng:

M = V*T*3600/1000000 = 2,16*5040*3600/1000000 = 39,19 t/yil

Tozalanish jarayonidan keyingi chang-gaz aralashmasining tezligi 11,6 m/s, sig‘imi S = 140,4 mg/m^3

U holda atmosferaga tashlanadigan chang aralashmasining hajmi quyidagiga teng bo‘ldi:

Q = 2,28 m^3/s. Tozalanish jarayonidan keyingi changning vaqt birligi ichidagi miqdori quyidagiga teng:

V = S * Q/1000 = 140,4*2,28/1000 = 0,320 g/s.

Changning yillik miqdori quyidagiga teng:

M = V*T*3600/1000000 = 0,320*5040*3600/1000000 = 5,81 t/yil. Tozalash uskunasining ushlab qolish samaradorligi:

T = 39,1– 5,81/ 39,1* 100 = 85,1%

Tozalash uskunasi ish samaradorli 85,1% ga teng bo‘ldi.

Yangi turdagi chang-gaz tozalash uskunasining qo‘llanilishi hisobiga erishilgan natija:

Tozalanish jarayonigacha bo‘lgan chang-gaz aralashmasining sig‘imi S = 132,8 mg/m^3, tezligi V=12,6 m/s, manba balandligi N = 11,4 m, diametri D = 0,45 m.

U holda atmosferaga tashlanadigan chang aralashmasining hajmi quyidagiga teng bo‘ldi: Q = 1,81 m^3/s.

Tozalanish jarayonigacha bo‘lgan noorganik changning vaqt birligi ichidagi miqdori quyidagiga teng:

V = S * Q/1000 = 132,8* 1,81/1000 = 0,240 g/s.

Changning yillik miqdori quyidagiga teng:

M = V * T * 3600/1000000 = 0,240*5040* 3600/1000000 = 4,35 t/yil.

Tozalash uskunasidan chiqishda chang-gaz aralashmasining tezligi V= 9,8 m/s, sig‘imi S = 4,2 mg/m^3

U holda atmosferaga tashlanadigan chang aralashmasining hajmi quyidagiga teng bo‘ldi: Q = 1,56 m^3/s.

Tozalash uskunasidan chiqishda changning vaqt birligi ichidagi miqdori quyidagiga teng:

V = S * Q/1000 = 4,2 * 1,56/1000= 0,0065 g/s.

Changning yillik miqdori quyidagiga teng bo‘ldi:

M = V*T*3600/1000000 = 0,0065 * 5040 * 3600/1000000 = 0,118 t/yil.

Tozalash uskunasining ushlab qolish samaradorligi:

T= 4,35– 0,118/ 4,35* 100 = 97,3 %

Chang-gaz tozalash uskunasi ish samaradorligi 98 % ni tashkil etdi.

Mazkur uskuna Samarqand viloyati, Samarqand shaxri Farxod qo‘rg‘onida joylashgan Samarqand yo‘llardan muntazam foydalanish UK dagi asfalt beton tayyorlash sexida mavjud ЦН-11 rusumidagi chang-gaz tozalash uskunasidan keyin ikkinchi bosqichli chang - gaz tozalash uskunasi sifatida o‘rnatildi.

Uskuna o‘rnatilganidan keyin korxonadan ajralib chiqadigan zararli moddalarning RECHM dan oshmaganligiga erishildi.

Sanoat korxonalarini loyihalashning sanitariya me’yorlariga muvofiq zararli moddalar inson organizmi uchun havflilik darajasiga ko‘ra 5 toifaga kiradi:

1-favqulodda havfli moddalar;

2-o‘ta havfli moddalar;

3-o‘rtacha havfli moddalar va

4-xavfli moddalar.

5-xavfli moddalar

Ish mintaqasi havosi tarkibida bir tomonlama ta’sir ko‘rsatadigan bir necha xil zararli moddalar bir yo‘la mavjud bo‘lganda ulardan har qaysisi miqdorining (G_1, G_2, G_3.....G_n) ularning ruhsat etilgan chegaraviy miqdoriga ($RECHM_1$, $RECHM_2$, ...$RECHM_n$) nisbati yig‘indisi birdan katta bo‘lmasligi kerak:

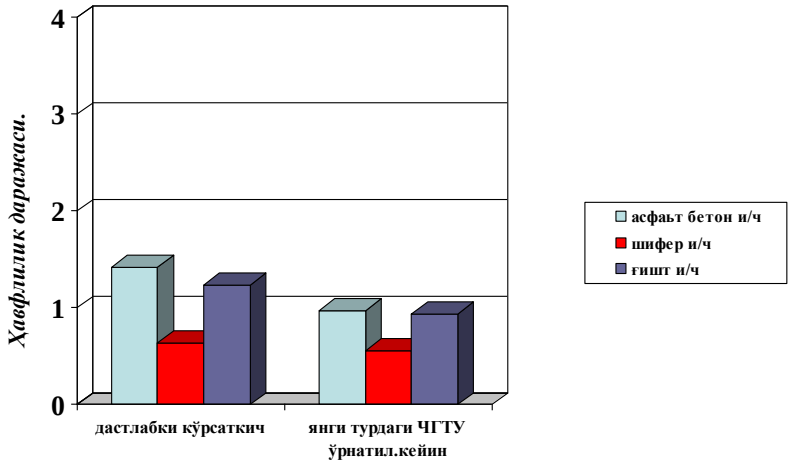
$$M = G_1 / РЭЧМ * M_1 + G_2 / РЭЧМ * M_2 + G_3 / РЭЧМ * M_3 < 1$$

Samarqand shahri bo‘yicha. Samarqand viloyat yo‘llardan muntazam foydalanish unitar korxonasining yaqin aholi salomatligiga ta’sirini baholash. Mazkur korxona hududiga eng yaqin bo‘lgan aholi punkti Halvoyi maxallasi hisoblanadi. Ma’lum bir yillar o‘tgach aholi punkti 150-160 m masofaga yaqinlashib qolganligi sababli korxonaning salbiy ta’siri ko‘rsatkichlari aniqlandi va korxonada ikkinchi bosqichli chang-gaz tozalash uskunasi o‘rnatilganidan keyin korxonaning atrof-muhitga ta’siri REChMdan oshmasligiga erishildi.

M_1= 7,97/2*4 +1,9 /5*2+1,8/20*2+1,7/ 5*2=1+0,19+ 0,005+0,17=1,42**>1**

Yangi turdagi chang-gaz tozalash uskunasi o‘rnatilganidan keyin: M2=5,67/2,4+1,4/5,2+1,0/20,2+1,2/5,2=0,7+0,14+ 0,002+0,1=0,96<1

Hisobiy usul orqali korxona xududidan 70-100 m masofada aniqlangan ko‘rsatkichlar korxonaning atrof-muhitga ta’siri koeffitsienti 1dan yuqori ekanligi hamda korxonada ikkinchi bosqichli chang-gaz tozalash uskunasi o‘rnatilganidan keyin tasir etish koeffitsienti 1 dan kichik bo‘lganligiga erishildi.



3- **rasm. Korxonalarning inson salomatligiga ta‘siri**

Hulosa va takliflar. Ishlab chiqarish korxonalarining atrof-muhitga ta’sirini baholashda ishlab chiqarish korxonalarida yangi turdagi chang-gaz tozalash uskunasi o‘rnatilganidan keyin korxonadan hosil bo‘ladigan zararli birikmalar ta’siri kamaytirilishiga erishildi. Agarda ushbu ilmiy ishlar boshqa turdagi ishlab chiqarish korxonalarida tozalash uskunalarida yangi turdagi tozalsh uskunalarini joriy qilish ishlari olib borilsa, korxonalarning ta’siri nafaqat sanitar-himoya zonasida balkim, hudud bo‘yicha ham kamaytirilishi va inson salomatligiga putur yetkazadigan holatlarning oldi olinishiga erishiladi.

ADABIYOTLAR ROYXATI

1. G.F. Keldiyarova, T.R. Madjidova Environmental impact assessment of industrial enterprises (on the example of objects of category I,II of environmental impact in the Samarkand region) E3S Web of Conferences 265, 04025 (2021) APEEM 2021

2. А.А. Русанова.Справочник по пыле золоулавливанию. М: Энергоиздат, 1983, 197-199 стр.

3. Бобоев, Собиржон Мурадуллаевич. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА : автореферат дис. доктора технических наук : 05.23.03 / Бобоев Собиржон Мурадуллаевич; [Место защиты: Ташкентский архитектурно-строительный институт].- Ташкент, 2000.- 42 с.: ил.

4. Бобоев С.М., Тоштемиров М., Эрмахамматов А. Разработка двухступенчатой системы обработки приточного воздуха с использованием инжекционного воздухораспределителя-увлажнитель. Me’morchilik va qurilish muammolari. Ilmiy-texnik jurnal. 2020 y. №4 (2-soni) 57-59 b.

5. Хлуденёв, Сергей Александрович. Оценка воздействия нефтехимических производств на объекты окружающей среды при различных условиях функционирования

6. G.F. Keldiyarova, T.R. Madjidova. Calculation of ground-level concentrations and mapping of pollutant dispersion fields. E3S Web of Conferences 265, 02012 (2021) APEEM 2021

7. Maere, S.; Bodt, SD; Raes, J.; Kasnev, T.; Montague, M.V.; Kuiper, M.; de Per, Y.V. Modeling of gene and genome duplication in eukaryotes. Studies. Natl. Academy of Sciences. USA 2005 , 102 , 5454-5459

8. 2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining Atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 30.10.2019 yildagi PF-5863-sonli Farmoni.

9. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020 yil 7 sentyabrdagi 541-sonli qarori bilan tasdiqlangan “Atrof-muhitga ta’sirni baholash mexanizmini yanada takomillashtirish to'g'risida”gi qarori.

10. № FAP 02213 Ushbu patent O‘zbekiston Respublikasining “Ixtirolar, foydali modellar va sanoat namunalari to‘g‘risida”gi Qonuniga asosan quyidagi foydali modelga berildi: “Chang-gazlarni tozalash uskunasi:” talabnoma kelib tushgan sana: 12.12.2022 Talabnoma raqami: FAP 2022 0429

11. G.F.Keldiyarova. Influence of harmful substances on the environment in cement production. Ekologiya xabarnomasi. № 3 [7], 2023 y. 36-39 b.

12. O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirining buyrug'i, 19.12.2024 yilda ro'yxatdan o'tgan, ro'yxat raqami 3586.

ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕНЕМНОГОЛЕТНЕГО ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ УСЛОВИЙ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Амирзода Ориф Хамид, д.т.н., профессор
Набизода Зохир Ахмад,
Шарифзода Шухрат Курбон, к.т.н., доцент
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Annotatsiya. Mazkur maqolada 1970-yildan 2018-yilgacha bo‘lgan 49 yillik davr uchun Dushanbe shahri sharoitida yog‘in miqdorining ko‘p yillik o‘zgarishini normal taqsimotga mosligi baholandi hamda taqsimot funksiyasi tuzildi. Intervallar chegaralari va ularning o‘rtacha qiymatlari nisbiy chastota zichligi hamda intervallar chastotasi asosida aniqlangan. Shuningdek, tadqiqot gipotezasini baholash maqsadida Pirson mezonidan foydalanildi va kuzatilgan qiymatlar hisoblab chiqildi. Matematik statistika hisob-kitoblari natijalari kuzatilgan qiymatlar normal taqsimot qonuniga mos kelishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar. Atmosfera yog‘inlari, matematik statistika, tasodifiy miqdorlar, normal taqsimot qonuni, Pirson mezoni.

Аннотация. В статье проведена оценка среднемноголетнего изменения осадков на соответствие нормальному распределению и составление функции распределения для условий города Душанбе за 49 лет, начиная с 1970 года по 2018 год. Определены зависимости границ интервалов и средние значения интервалов с учетом относительной плотности частоты и частоты интервалов. Также для оценки гипотезы исследования был использован критерий Пирсона, при этом был произведён расчет наблюдаемых значений. Результаты расчетов математической статистики показывают, что исследуемые наблюдаемые значения соответствуют закону нормального распределения.

Ключевые слова. Атмосферные осадки, математическая статистика, случайные величины, закон нормального распределения, критерия Пирсона.

Abstract. The article assesses the average long-term change in precipitation on the normal distribution and the compilation of the distribution function for the conditions of the city of Dushanbe for 49 years, starting from 1970 to 2018. The dependencies of the boundaries of intervals and the average value of intervals are determined, taking into account the relative density of frequency and the frequency of intervals. Also, in order to assess the study hypothesis, the Pearson test was used and the observed values were calculated. The results of the mathematical statistics calculation show that the observed values under study follow the normal distribution law.

Keywords. Atmospheric precipitation, mathematical statistics, random variables, normal distribution law, Pearson's test.

ВВЕДЕНИЕ

В статистической математике определение значения нормального распределения наблюдаемых случайных величин играет важную роль. Физические величины, которые находятся под воздействием множества случайных факторов, подчиняются закону нормального распределения. Развитие современной науки и научные гипотезы также подтверждают, что при увеличении наблюдений, случайные величины приближаются к требованиям закона нормального распределения [1, 2].

Следует отметить, что природные атмосферные явления зависят от различных факторов, которые в процессе развития событий влияют на их исход. Поэтому многие природные явления и процессы имеют случайный характер, а для количественной оценки случайных величин необходимо знать функций распределения. Поскольку данное природное явление (атмосферные осадки) является непрерывным и соответствующие случайные величины относятся к непрерывным распределениям, среди которых выделяют равномерное, показательное и нормальное. Практика показывает, что многие события, при большом числе повторений сходятся к нормальному закону распределения. Так как, данное статистическое наблюдение является многолетним, в нашем случае проверим результаты наблюдения на соответствие нормальному распределению [3, 4].

В этих целях, при подготовке настоящей статье были обработаны и исследованы многочисленные статистические, метеорологические данные для условий города Душанбе.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Основная цель исследования состоит в том, чтобы проверить данное атмосферное явление на соответствие нормальному распределению и составить функцию распределения.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В статье использованы результаты статистических наблюдений на основе ежемесячных метеорологических данных для условий города Душанбе за период 1970 года по 2018 год, то есть за 49 лет, где объем выборки составляет n=49•12=588. В ходе исследования были применены аналитические методы обработки статистических данных, оценка среднемноголетнего изменения атмосферных осадков и другие математические расчеты.

Статистические наблюдения приводим в Таблице 1. Для проверки принимаем атмосферные осадки в качестве гипотезы, а для ее принятия используем критерий Пирсона. Атмосферные осадки примем за (x).

Таблица 1.

Значение вариационных рядов на основе статистического наблюдения атмосферных осадков за период 1970 – 2018 годов

1970	520	1980	698,6	1990	458,2	2000	381	2010	729,9
1971	435,8	1981	694,8	1991	777,6	2001	374,3	2011	668,5
1972	714,9	1982	667	1992	893,6	2002	655,3	2012	809,6
1973	701,3	1983	474,3	1993	937,7	2003	1049,5	2013	695,7
1974	426,4	1984	591,2	1994	667,1	2004	686,7	2014	869,7
1975	585,8	1985	572,5	1995	479	2005	793,8	2015	856
1976	711,3	1986	510,6	1996	533,8	2006	589,7	2016	660
1977	445,9	1987	808,8	1997	759,1	2007	539,8	2017	797,1
1978	737	1988	544,9	1998	1127,4	2008	431,4	2018	845,6
1979	659,9	1989	654	1999	717,4	2009	927,5		

Данные годовых атмосферных осадков, представим их в порядке возрастания, приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

Годовые атмосферные осадки в порядке возрастания.

374,3	381	426,4	431,4	435,8	445,9	458,2	474,3	479	510,6
520	533,8	539,8	544,9	572,5	585,8	589,7	591,2	654	655,3
659,9	660	667	667,1	668,5	686,7	694,8	695,7	698,6	701,3
711,3	714,9	717,4	729,9	737	759,1	777,6	793,8	797,1	808,8
809,6	845,6	856	869,7	893,6	927,5	937,7	1049,5	1127,4	

Находим размах варьирования: $\omega = x_{max} - x_{min}$= 1127.4-374.3=753.1.

По формуле $h = \frac{\omega}{l}$ [1]

где l –число интервалов, вычислим шаг и находим длину частичного интервала ($l = 9$).

$$h = \frac{\omega}{l} = \frac{x_{max} - x_{min}}{l} = \frac{1127.4 - 374.3}{9} \approx 83.7$$

в качестве границы первого интервала можно выбрать значение x_{min} . Тогда границы следующих частичных интервалов вычисляем по формуле

$x_{min} + h * i$, (2)

где $i = \overline{1, l}$.

Все полученные результаты представим в Таблице 3.

Таблица 3.

Определение среднего значения границы частичных интервалов

Номер частичного интервала l_i	Границы интервала $x_i - x_{i+1}$	Середины интервала $x_i' = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}$	Частота интервала n_i	Относитель-ная частота $w_i = \frac{n_i}{n}$	Плотность относительной частоты $\frac{w_i}{h}$
1	374,3-458	416,25	6	0,12	0,013
2	458-541,7	499,85	7	0,14	0,015
3	541,7-625,4	583,55	5	0,1	0,011
4	625,4-709,1	667,25	12	0,24	0,027
5	709,1-792,8	750,95	7	0,14	0,015
6	792,8-876,5	834,65	7	0,14	0,015
7	876,5-960,2	918,35	3	0,06	0,007
8	960,2-1043,9	1002,05	1	0,02	0,002
9	1043,9-1127,4	1085,65	1	0,02	0,002
	-	-	49	-	-

Находим значения эмпирической функции распределения и построим ее график (рис.1.).

$F^*(x) = \frac{n_x}{n}$; $F^*(374,3) = 0$; $F^*(458) = 0,12$; $F^*(541,7) = 0,26$; $F^*(625,4)$ =0,37; $F^*(709,1) = 0,61$; $F^*(792,8) = 0,75$; $F^*(876,5) = 0,9$; $F^*(960,2) = 0,96$; $F^*(1043,9) = 0,98$; $F^*(1127,4) = 1$.

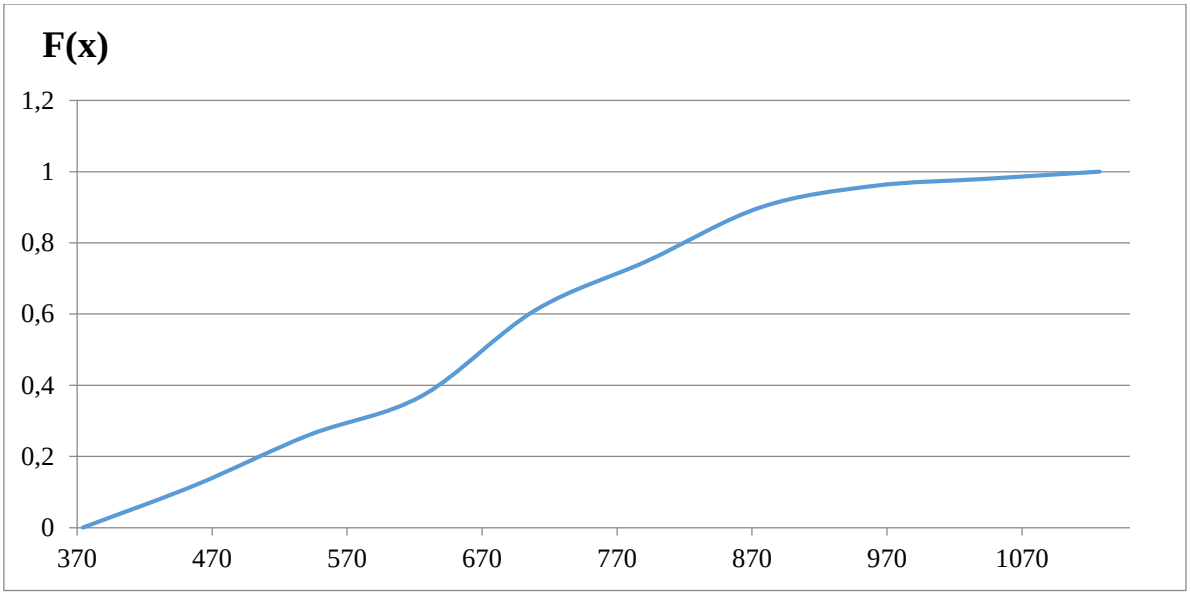


Рисунок 1. График значений эмпирической функции распределения

Находим выборочное среднее и выборочную дисперсию. Для этого составим расчетную Таблицу 4.

Таблица 4.

Результаты расчета значений выборочного среднего и выборочной дисперсии.

m_i	Границы интервала $x_i; x_{i+1}$	Середина интервала x_i'	Частота интервала n_i	$n_i x_i'$	$(x_i')^2$	$n_i (x_i')^2$
1	374,3-458	416,25	6	2497,5	173264,06	1039584,36
2	458-541,7	499,85	7	3498,95	249850,02	1748950,14
3	541,7-625,4	583,55	5	2917,75	340530,6	1702653
4	625,4-709,1	667,25	12	8007	445222,56	5342670,72
5	709,1-792,8	750,95	7	5256,65	563925,9	3947481,3
6	792,8-876,5	834,65	7	5842,55	696640,62	4876484,34
7	876,5-960,2	918,35	3	2755,05	843366,72	2530100,16
8	960,2-1043,9	1002,05	1	1002.05	1004104,2	1004104,2
9	1043,9-1127,4	1085,65	1	1085.65	1178635,92	1178635,92
	-	-	49	32865,15	5495540,62	23370664,26

По формулам (3) и (4) находим выборочное среднее и выборочную дисперсию.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{9} x_i' n_i \qquad (3)$$

$$D_{\text{в}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{9}(x_i' - \bar{x})^2 n_i = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{9} {x_i'}^2 n_i \qquad (4)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{9} x_i' n_i = \frac{32865.15}{49} = 670.72$$

$$D_{\text{в}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{9}(x_i' - \bar{x})^2 n_i = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{9} {x_i'}^2 n_i - \bar{x}^2 = \frac{23370664.26}{49} - 670.72^2 = 27087{,}01$$

$$\sigma_{\text{в}} = \sqrt{D_{\text{в}}} = \sqrt{27087{,}01}=164{,}58$$

Выборочная дисперсия является смещенной оценкой генеральной дисперсии, а исправленная дисперсия – несмещенной оценкой:

$$\grave{D}_{\text{в}} = \frac{n}{n-1} D_{\text{в}} = \frac{49}{48} * 27087{,}01 = 27651{,}32$$

$$\grave{\sigma} = \sqrt{\grave{D}_{\text{в}}} = \sqrt{127651{,}32}=166{,}29$$

Согласно критерию Пирсона, необходимо сравнить эмпирические и теоретические частоты. Эмпирические частоты заданы. Найдем теоретические частоты. Для этого пронумеруем X и переходим к случайной величине $z = \frac{(x-\bar{x})}{\sigma_{\text{в}}}$ и вычислим концы интервалов: $z_i = \frac{(x_i-\bar{x})}{\sigma_{\text{в}}}$, $z_{i+1} = \frac{(x_{i+1}-\bar{x})}{\sigma_{\text{в}}}$, причем наименьшее значение z, т.е. z_1 полагаем стремящимся к $-\infty$, а наибольшее, т.е. z_{i+1} к $+\infty$.

Результаты расчетов занесем в Таблицу 5. Так как $n_9 = 1$, то девятый интервал объединяем с восьмым и получим интервал (1043,9;1127,4) с частотой $n_8 = 2$.

Таблица 5. Результаты вычисления концов интервалов

i	Границы интервала $x_i;\ x_{i+1}$		$x_i - \bar{x}$	$x_{i+1} - \bar{x}$	Границы интервала $(z_i; z_{i+1})$	
	x_i	x_{i+1}			$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_{\text{в}}}$	$z_{i+1} = \frac{x_{i+1} - \bar{x}}{\sigma_{\text{в}}}$
1	374,3	458	-	-212,72	-	-1,29
2	458	541,7	-212,72	-129,02	-1,29	-0,78
3	541,7	625,4	-129,02	-45,32	-0,78	-0,28
4	625,4	709,1	-45,32	38,38	-0,28	0,23
5	709,1	792,8	38,38	122,08	0,23	0,74
6	792,8	876,5	122,08	205,78	0,74	1,25
7	876,5	1043,9	205,78	373,18	1,25	2,27
8	1043,9	1127,4	373,18	-	2,27	-

Находим теоретические вероятности P_i и теоретические частоты. Для этого составляем расчетную Таблицу 6.

Таблица 6. Результаты расчета теоретических вероятностей и частот

i	Границы интервала $(z_i; z_{i+1})$		$\Phi(z_i)$	$\Phi(z_{i+1})$	$P = \Phi(z_{i+1}) - \Phi(z_i)$	$n' = 49P_i$
	z_i	z_{i+1}				
1	-	-1,29	-0.5	-0.4015	0.0985	5
2	-1,29	-0,78	-0.4015	-0.2823	0.1192	6
3	-0,78	-0,28	-0.2823	-0.1103	0.172	9
4	-0,28	0,23	-0.1103	0.0910	0.2013	10
5	0,23	0,74	0.0910	0.2703	0.1793	8
6	0,74	1,25	0.2703	0.3944	0.1241	6
7	1,25	2,27	0.3944	0.4884	0.094	4
8	2,27	-	0.4884	0.5	0.0116	1
						49

Вычислим наблюдаемое значение критерия Пирсона. Для этого составим Таблицу 7.

Таблица 7. – Результаты расчета наблюдаемого значения критерия Пирсона

i	n_i	n_i'	$n_i - n_i'$	$(n_i - n_i')^2$	$\frac{(n_i - n_i')^2}{n_i'}$
1	6	5	1	1	0.2
2	7	6	1	1	0.17
3	5	9	-4	16	1.77
4	12	10	2	4	0.4
5	7	8	-1	1	0.12
6	7	6	1	1	0.17
7	3	4	-1	1	0.25
8	2	1	1	1	1
	49	49			$X^2_{\text{набл}}$ =3,08

По таблице критических точек распределения $X^2_{\text{кр}}$, уровню значимости $\alpha = 0{,}01$ и числе степеней свободы $k = l - 3 = 8 - 3 = 5$

(l – число интервалов) находим: $X^2_{\text{кр}} = 15.1$

Так как $X^2_{\text{набл}} < X^2_{\text{кр}}$, то гипотеза H_0 о нормальном распределении генеральной совокупности принимается.

Если случайная величина (атмосферные осадки) генералной совокупности распределена нормально, то с надежностью γ можно утверждать, что математическое ожидание a покрывается доверительным интервалом.

$$(\bar{x} - \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}} t_\gamma; \bar{x} + \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}} t_\gamma), \text{ где } \delta = \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}} t_\gamma \text{-точность оценки.}$$

В нашем случае $\bar{x} = 670{,}12$, $\bar{\sigma} = 166{,}29$, $n = 49$. Для значения $\gamma = 0{,}95$ находим по таблице для функции Лапласа $t_\gamma = 1{,}984$ и точность оценки будет равнятся $\delta = \frac{166{,}29}{\sqrt{49}} 1{,}984 = 47{,}13$.

Доверительным интервалом для математического ожидания a будет (622,99;717,25).

Доверительный интервал, покрывающий среднее квадратичное отклонение σ с заданной надежностью имеет вид γ, $(\bar{\sigma}_в(1-q); \bar{\sigma}_в(1+q))$, где q находятся по данным γ и n из соответствующих приложенний, и она равна q =0,21. Тогда доверительный интервал для среднего квадратичного отклонения равен (131,37; 201,21)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных данных о математическом ожидании и среднем квадратическом отклонении функция распределения представляется следующим образом:

$$f(x) = \frac{1}{167\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-670.72)^2.}{55302}}$$

Результаты математических расчетов показывают, что исследуемые статические данные по атмосферным явлениям соответствуют закону нормального распределения.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шабанов В.В., Шаршеев Э.С. Статистические параметры распределение осадков//Природообустройство (серия мелиорация и рекультивация, экология), Москва, №3, 2009. - с.13-23.

2. Гулахмадов А.А. Оценка трендов и магнитудных изменений осадков за последние десятилетия в бассейне реки Кафирниган//Вестник педагогического университета (серия географические науки), Душанбе, № 1-2 (9-10), 2021. – с.8-17.
3. Шерматов М., Гаффоров А.Б. Алгоритмы формирования статистического распределения выборки //Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук, Душанбе, №3, 2020. – с.25-36.
4. Мухибуллоев Н.М., Шарифзода Ш. и др. Оценка среднемноголетнего изменения осадков методом математической статистики на основе данных гидрологического поста бассейна реки Кафирниган//Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» ИВП,ГЭ и Э НАН Таджикистана. – Душанбе, Том 4, №3. С.30 – 37.

TOSHKENT SHAHRIDA ATMOSFERA HAVOSI SIFATINING O‘ZGARISHIDA INVERSIYA HODISASINING TA’SIRI

Kuziyev Farxod Normamatovich, Xalmuratov Batir Xalbay uli,
Alimov Zikrilla Bobamuratovich
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Toshkent shahrida oxirgi bir yil mobaynida atmosfera havosining PM2.5 zarrachalari bilan ifloslanish darajasi, ularning oylik o‘zgarish dinamikasi hamda JSST tomonidan belgilangan me’yoriy qiymatlar bilan taqqoslanishi tahlil qilindi. Natijalar sovuq oylar, ayniqsa inversiya hodisalari kuzatiladigan davrlarda PM2.5 miqdori keskin oshib, me’yoriy darajadan bir necha barobar yuqori bo‘lishini ko‘rsatdi. Yoz oylarida esa atmosferaning faol almashinuvi sababli ifloslanish darajasi nisbatan pasaygan. Tadqiqot natijalari meteorologik omillar, xususan inversiya jarayonlari havo sifati yomonlashuvida muhim rol o‘ynashini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: *Inversiya hodisasi, PM2.5 konsentratsiyasi, AQI dinamikasi, atmosfera ifloslanishi, meteorologik parametrlar, Toshkent shahri.*

Abstract. This article analyzes the level of atmospheric air pollution by PM2.5 particles in Tashkent city over the past year, focusing on their monthly variation dynamics and comparison with guideline values established by the World Health Organization (WHO). The results indicate that during cold seasons, particularly under temperature inversion conditions, PM2.5 concentrations increase sharply, exceeding permissible levels by several times. In contrast, during the summer months, enhanced atmospheric mixing leads to a relative reduction in pollution levels. The findings confirm that meteorological factors, especially temperature inversion processes, play a significant role in the deterioration of air quality in urban environments.

Keywords: *temperature inversion, PM2.5 concentration, AQI dynamics, air pollution, meteorological parameters, Tashkent city.*

Аннотация. В данной статье проанализирован уровень загрязнения атмосферного воздуха города Ташкента мелкодисперсными частицами PM2.5 за последний год, их помесячная динамика и сопоставление с нормативными значениями, установленными Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Результаты исследования показали, что в холодные периоды года, особенно при наблюдении температурной инверсии, концентрация PM2.5 резко возрастает, многократно превышая допустимые уровни. В летние месяцы вследствие активного атмосферного перемешивания уровень загрязнения воздуха относительно снижается. Полученные данные подтверждают, что

метеорологические факторы, в частности процессы температурной инверсии, играют существенную роль в ухудшении качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: температурная инверсия, концентрация PM2.5, динамика AQI, загрязнение атмосферы, метеорологические параметры, город Ташкент.

KIRISH.

So‘nggi yillarda yirik shaharlarda atmosfera havosining ifloslanishi global ekologik muammolardan biri sifatida e’tirof etilmoqda [1]. Aholi sonining ortishi, sanoat va energetika tarmoqlarining rivojlanishi hamda avtotransport vositalari sonining ko‘payishi havo tarkibiga chiqarilayotgan zararli moddalarning oshishiga olib kelmoqda [2]. Ayniqsa, mayda dispers zarrachalar — PM2.5 inson salomatligi uchun eng xavfli ifloslantiruvchi moddalardan biri hisoblanadi. PM2.5 zarrachalari diametri 2,5 mikrometrdan kichik bo‘lib, nafas olish jarayoni orqali o‘pkaga chuqur kirib boradi va yurak-qon tomir hamda nafas yo‘llari kasalliklarini keltirib chiqaradi [3]. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma’lumotlariga ko‘ra, PM2.5 bilan bog‘liq havo ifloslanishi har yili millionlab odamlarning erta o‘limiga sabab bo‘lmoqda [1]. Shu bois ushbu zarrachalarning konsentratsiyasini doimiy monitoring qilish va ularning o‘zgarish dinamikasini o‘rganish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Toshkent shahri Markaziy Osiyodagi yirik megapolislardan biri bo‘lib, geografik joylashuvi va iqlim sharoitlari tufayli ayrim fasllarda atmosferaning barqaror holati va temperaturaviy inversiya hodisalari tez-tez kuzatiladi [4]. Inversiya hodisasi tabiiy jarayon hisoblanib, odatda atmosfera quyi qatlamlarida havo haroratining balandlik bo‘yicha oshib borishi bilan tavsiflanadi. O‘zgidromet ma’lumotlariga ko‘ra, 2025-yil noyabr oyining uchunchi o‘n kunligida Toshkent shahri hududida atmosferaning temperaturaviy inversiya hodisasi yuqori darajada kuzatilgan. Ushbu davrda past havo harorati, shamol tezligining sustligi va atmosferaning barqaror holati qayd etilib, vertikal havo almashinuvi sezilarli darajada cheklangan. Natijada ifloslantiruvchi moddalar, jumladan mayda dispers zarrachalar, yerga yaqin qatlamda to‘planib qolgan. Inversiya davrida havo sifati ko‘rsatkichlarining yomonlashuvi kuzatilib, bu holat shahar muhitida ekologik xavfning ortishiga sabab bo‘lgan. Ushbu jarayon inversiya hodisasining havo ifloslanish dinamikasiga sezilarli ta’sirini tasdiqlaydi [5]. Buning natijada havo qatlamlari o‘rtasidagi vertikal almashinuv cheklanadi va ifloslantiruvchi moddalar yerga yaqin qatlamda to‘planib qoladi [6, 7]. Mazkur hodisa kuzatiladigan davrlarda asosan sanoatlashgan hududlar va yirik shaharlar ko‘proq ta’sirga uchraydi. Buning natijasida aholi zich joylashgan qatlamlarda havo sifati keskin yomonlashib, aholining sog‘lig‘iga salbiy ta’sir ko‘rsatish xavfi ortadi. Inversiya jarayonlari paytida havo qatlamlari orasidagi vertikal almashinuv cheklanadi va ifloslantiruvchi moddalar, jumladan PM2.5 zarrachalari yerga yaqin qatlamda to‘planib qoladi. Natijada, ayniqsa qish oylarida havo sifati keskin yomonlashadi [2]. Mazkur maqolada Toshkent shahrida oxirgi bir yil mobaynida PM2.5 zarrachalari konsentratsiyasining oylik o‘zgarishi, ularning JSST tomonidan belgilangan me’yoriy qiymatlar bilan taqqoslanishi hamda mavsumiy xususiyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari shahar hududida havo sifati holatini baholash, ekologik xavflarni aniqlash va ularni kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi [7].

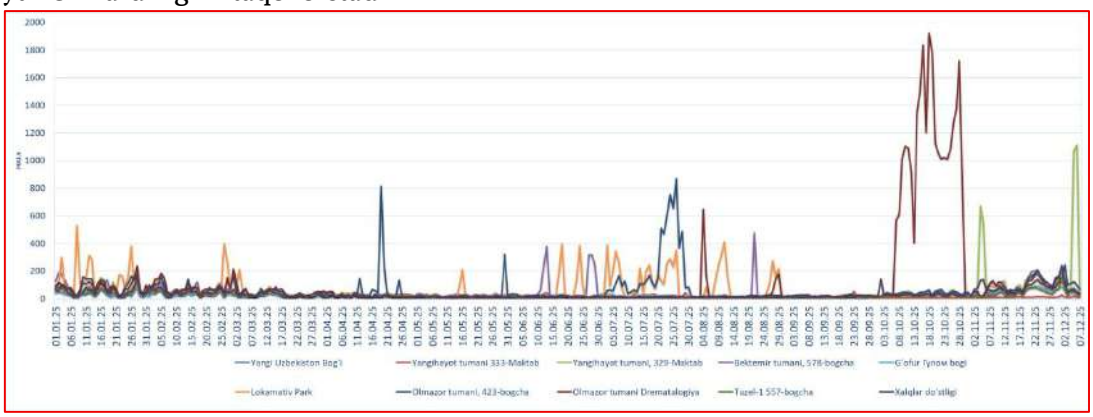
Mazkur tadqiqotning obyekti sifatida Toshkent shahri hududidagi atmosfera havosi tanlandi. Tadqiqot predmeti esa shahar hududida PM2.5 mayda dispers zarrachalarining konsentratsiyasi va ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasidir. Tadqiqotda oxirgi bir yil davomida kuzatuv stansiyalarida qayd etilgan havo sifati ko‘rsatkichlari asos qilib olindi. Tadqiqotning asosiy maqsadi Toshkent shahrida PM2.5 konsentratsiyasining oylik o‘zgarishini tahlil qilish, ularning Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tomonidan belgilangan me’yoriy qiymatlar bilan taqqoslash hamda mavsumiy va meteorologik omillar, jumladan temperaturaviy inversiya jarayonlarining havo sifati holatiga ta’sirini baholashdan iborat. Shuningdek, tadqiqot natijalari asosida shahar hududida havo sifatining hozirgi holatini baholash va ekologik xavflarni kamaytirishga qaratilgan

ilmiy-amaliy xulosalar chiqarish ko‘zda tutilgan. Ushbu tadqiqot davomida PM2.5 ko‘rsatkichlarining mavsumiy xususiyatlari, ularning me’yoriy qiymatlardan og‘ishi hamda meteorologik omillar bilan bog‘liqligi tahlil qilindi.

NATIJA VA MUHOKAMA.

So‘nggi yillarda Toshkent shahrida atmosfera havosining PM2.5 zarrachalari bilan ifloslanishi dolzarb ekologik muammoga aylanib bormoqda. Ayniqsa sovuq mavsumda meteorologik sharoitlarning noqulayligi va inversiya hodisalari havo sifatining keskin yomonlashuviga olib kelmoqda. Quyidagi 1-rasmda Toshkent shahrida oxirgi bir yil mobaynida PM2.5 mayda dispers zarrachalari konsentratsiyasining oylik o‘rtacha qiymatlari va ularning Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tomonidan belgilangan me’yoriy daraja bilan taqqoslanishi keltirilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, PM2.5 konsentratsiyasi yil davomida notekis taqsimlangan bo‘lib, aniq mavsumiy xususiyatga ega. Eng yuqori PM2.5 qiymatlari kuz va qish oylarida, xususan noyabr–yanvar davrida kuzatilgan. Ushbu davrda konsentratsiya JSST tomonidan tavsiya etilgan 15 µg/m³ me’yoriy qiymatdan bir necha barobar yuqori bo‘lib, ayrim oylarda 80–120 µg/m³ gacha yetgani aniqlangan. Bu holat, asosan, temperaturaviy inversiya hodisalari, past havo harorati va atmosferaning barqaror holati bilan izohlanadi. Inversiya davrida vertikal havo almashinuvi cheklanganligi sababli ifloslantiruvchi zarrachalar yerga yaqin qatlamda to‘planib qoladi. Bahor va yoz oylarida esa PM2.5 konsentratsiyasining nisbatan pasayishi qayd etilgan. Aprel–avgust oylarida havo haroratining oshishi, shamollilikning kuchayishi va konvektiv jarayonlarning faollashuvi natijasida atmosferada ifloslantiruvchi moddalar samaraliroq tarqalgan. Natijada PM2.5 ko‘rsatkichlari ayrim oylarda me’yoriy qiymatlarga yaqinlashgan yoki ulardan past bo‘lgan.

Kuz faslida, xususan sentyabr–oktyabr oylarida PM2.5 miqdorining asta-sekin ortib borishi kuzatilgan bo‘lib, bu holat issiq mavsumdan sovuq mavsumga o‘tish jarayoni bilan bog‘liq. Umuman olganda, 1-rasmda keltirilgan natijalar Toshkent shahrida PM2.5 ifloslanishi meteorologik omillarga, ayniqsa inversiya jarayonlariga juda sezgir ekanini ko‘rsatadi. Bu esa qishki davrda havo sifatini yaxshilashga qaratilgan kompleks ekologik va tashkiliy choralarni kuchaytirish zarurligini taqozo etadi.

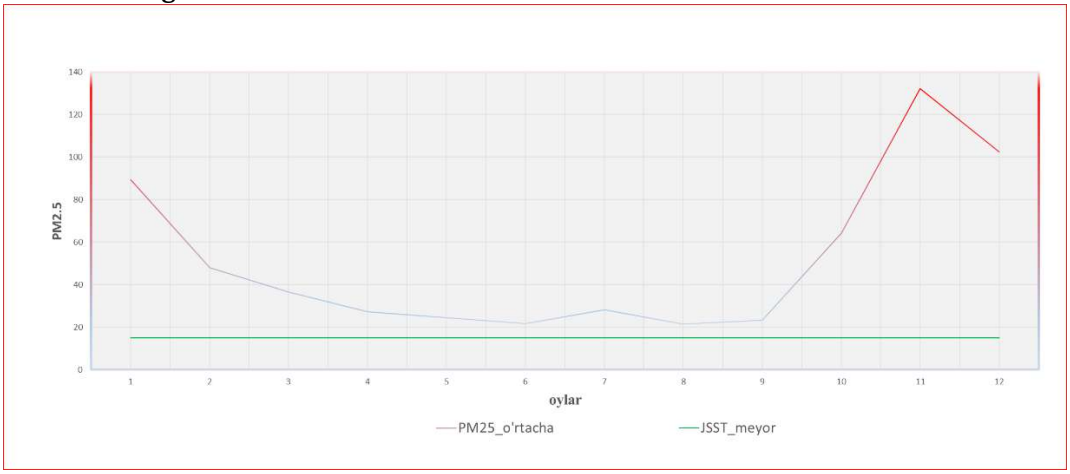


1-rasm. Toshkent shahrida PM2.5 konsentratsiyasining oylik o‘rtacha o‘zgarishi dinamikasi. (https://air.tashkent.uz ma’lumotlari asosida).

Endi quyidagi 2-rasmda Toshkent shahrida oxirgi bir yil davomida PM2.5 mayda dispers zarrachalarining oylik o‘rtacha konsentratsiyasi va ularning Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) tomonidan belgilangan me’yoriy qiymat bilan taqqoslanishi keltirilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, PM2.5 konsentratsiyasi yil davomida sezilarli mavsumiy tebranishlarga ega bo‘lib, deyarli barcha oylarda me’yoriy darajadan yuqori bo‘lgan. Eng yuqori PM2.5 qiymatlari kuz va qish oylarida, xususan noyabr–yanvar davrida kuzatilgan. Ushbu davrda PM2.5 ning o‘rtacha oylik konsentratsiyasi 90–130 µg/m³ oralig‘ida bo‘lib, bu JSST tomonidan tavsiya etilgan 15

µg/m³ me’yoridan bir necha barobar yuqoridir. Bunday keskin oshish, asosan, temperaturaviy inversiya hodisalari, past havo harorati va atmosferaning barqaror holati bilan bog‘liq. Inversiya jarayonlari vaqtida vertikal havo almashinuvi cheklanadi va ifloslantiruvchi zarrachalar yerga yaqin qatlamda to‘planib qoladi.

Bahor va yoz oylarida PM2.5 konsentratsiyasining nisbatan pasayishi qayd etilgan. Mart–avgust davrida havo haroratining oshishi, shamollilikning kuchayishi va konvektiv jarayonlarning faollashuvi natijasida atmosferada ifloslantiruvchi moddalar dispersiyasi yaxshilangani kuzatiladi. Shu sababli ushbu davrda PM2.5 ko‘rsatkichlari yilning sovuq fasliga nisbatan ancha past bo‘lgan bo‘lsa-da, ayrim oylarda ular hanuz me’yoriy qiymatdan yuqori bo‘lib qolgan. Umuman olganda, 2-rasmda keltirilgan natijalar Toshkent shahrida PM2.5 bilan ifloslanish darajasi mavsumiy va meteorologik omillarga juda sezgir ekanini ko‘rsatadi. Ayniqsa qishki inversiya davrlarida havo sifati sezilarli darajada yomonlashib, aholi salomatligi uchun yuqori ekologik xavf yuzaga keladi. Bu esa havo sifatini monitoring qilish va ifloslanishni kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni kuchaytirish zarurligini ko‘rsatadi.



2-rasm. Toshkent shahrida PM2.5 konsentratsiyasining oylik o‘rtacha qiymatlari va JSST me’yoriy darajasi. (https://air.tashkent.uz ma’lumotlari asosida).

O‘tkazilgan tahlillar Toshkent shahrida atmosfera havosining PM2.5 zarrachalari bilan ifloslanishi barqaror va mavsumiy xarakterga ega muammo ekanini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, PM2.5 konsentratsiyasi yil davomida Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tomonidan belgilangan me’yoriy qiymatlardan yuqori bo‘lib, ayniqsa sovuq fasllarda keskin ortishi kuzatiladi. Bu holat aholi salomatligi uchun jiddiy ekologik xavf tug‘diradi.

Qish oylarida PM2.5 darajasining oshishi, asosan, temperaturaviy inversiya hodisalari, past havo harorati va atmosferaning barqarorligi bilan izohlanadi. Ushbu sharoitda ifloslantiruvchi moddalar atmosferaning past qatlamida to‘planib, havo almashinuvi sezilarli darajada cheklanadi. Natijada havo sifati tezda yomonlashib, AQI ko‘rsatkichlari ham salbiy tomonga o‘zgaradi. Aksincha, bahor va yoz oylarida havo haroratining oshishi va konvektiv jarayonlarning faollashuvi ifloslantiruvchi zarrachalarning tarqalishini yaxshilab, PM2.5 konsentratsiyasining pasayishiga olib keladi [9]. Shu bilan birga, olingan natijalar Toshkent shahrida havo sifati muammosi faqat tabiiy omillar bilan emas, balki antropogen manbalar, xususan avtotransport, yoqilg‘i yonishi va sanoat faoliyati bilan ham chambarchas bog‘liqligini ko‘rsatadi. Shu sababli, havo sifatini yaxshilash uchun inversiya davrlarida emissiyalarni cheklash, monitoring tizimlarini kuchaytirish va aholining xabardorligini oshirishga qaratilgan kompleks chora-tadbirlarni amalga oshirish zarur.

XULOSA

O‘tkazilgan tahlillar Toshkent shahrida PM2.5 mayda dispers zarrachalari bilan ifloslanish darajasi yil davomida barqaror yuqori ekanini va ayniqsa sovuq fasllarda meteorologik sharoitlar,

xususan temperaturaviy inversiya hodisalari ta’sirida keskin ortishini ko‘rsatdi. Oylik dinamikada PM2.5 konsentratsiyasining JSST tomonidan belgilangan me’yoriy qiymatlardan muntazam ravishda oshib borishi havo sifati muammosining dolzarbligini tasdiqlaydi. Tadqiqot natijalari havo ifloslanishining mavsumiy va meteorologik omillarga yuqori darajada bog‘liqligini ko‘rsatib berdi. Kelgusida havo sifatini yaxshilash maqsadida inversiya davrlarida PM2.5 emissiyalarini kamaytirishga qaratilgan choralarni kuchaytirish, real vaqt rejimida monitoring tizimlarini rivojlantirish hamda meteorologik prognozlar asosida erta ogohlantirish mexanizmlarini joriy etish zarur. Shuningdek, PM2.5 manbalarini aniqlashga qaratilgan kompleks tadqiqotlar olib borish va uzoq muddatli statistik tahlillarni amalga oshirish kelajakdagi ilmiy izlanishlarning ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. Geneva, 2021.

2. Seinfeld J.H., Pandis S.N. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 3rd ed. John Wiley & Sons, New York, 2016.

3. Pope C.A., Dockery D.W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect // Journal of the Air & Waste Management Association. 2006. Vol. 56. P. 709–742.

4. Jacobson M.Z. Air Pollution and Global Warming: History, Science, and Solutions. Cambridge University Press, 2012.

5. O‘zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati markazi (UzGidromet). Toshkent shahri bo‘yicha meteorologik kuzatuvlar va inversiya hodisalari to‘g‘risidagi rasmiy ma’lumotlari Toshkent, 2025. — https://meteo.uz

6. Seinfeld J.H., Pandis S.N. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. 3rd ed. John Wiley & Sons, New York, 2016.

7. Jacobson M.Z. *Air Pollution and Global Warming: History, Science, and Solutions*. Cambridge University Press, 2012.

8. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya vazirligi. Toshkent shahri atmosfera havosi sifati bo‘yicha monitoring ma’lumotlari. 2023–2024.

9. Toshkent shahri atmosfera havosi sifati monitoringi bo‘yicha rasmiy portal: https://air.tashkent.uz

---

TOSHKENT SHAHRIDA PM 2.5 ZARRACHALARINI KAMAYTIRISHDA YASHIL URBANIZATSIYA YECHIMLARINING SAMARADORLIGI

Xamrayeva Komila Baxodir qizi
Markaziy Osiyo Atrof-muhit va iqlim o‘zgarishini o‘rganish universiteti 2-bosqich magistranti.
Rustamov G‘iyos Sadridinovich,
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti Ekologik ta’lim va targ‘ibot bo‘limi boshlig‘i, t.f.f.d.,

Annotatsiya: Qulay ekologik muhit jamiyatning barqaror rivojlanishi va inson salomatligini ta’minlashda asosiy omildir. Ekologik sharoitlarning sifati aholining farovonligi hamda ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi va shu bois ekologik xavfsizlik hamda barqarorlikni ta’minlash bugungi kunning muhim ilmiy-amaliy vazifasidir. Atmosfera havosining ifloslanishi, global isish va shu kabi boshqa ekologik muammolar aholisi va infratuzilmasi keskin o‘sib borayotgan Toshkent shahri uchun tezkor va barqaror yechimni talab

qiladi. Maqolada ushbu ekologik inqirozga qarshi kurashish uchun yechim sifatida yashil urbanizatsiya texnologiyalari (vertikal bog‘lar, tom ustki qismi bog‘lari qurg‘oqchilikka chidamli butalarni ko‘paytirish) taklif etiladi. Maqolaning metodologiya bo‘limida Markaziy Osiyo shaharlarining (Asian Green Cities Index) muvaffaqiyatli tajribalari va tarixiy mahalliy amaliyot (Amir Temur bog‘lari) tahlillari olib borildi. Yashil urbanizatsiya texnologiyalarini joriy etish orqali Toshkent shahri PM muammosini hal qilib, barqaror shaharlar qatoridan joy olish imkoniyatiga ega bo‘lishi ta’kidlanadi.

Kalit so‘zlar: Iqlim o‘zgarishi, barqaror rivojlanish, atmosfera, yashil urbanizatsiya, PM 2,5 va PM 10 zarrachalari kamaytirishga doir tavsiyalar, barqaror shahar, Amir Temur bog‘lari

Abstract: A favorable ecological condition is a key factor in ensuring the sustainable development of society and human health. The quality of ecological conditions directly affects the well-being of the population and the efficiency of socio-economic processes, and therefore ensuring ecological safety and stability is an important scientific and practical task of today. Air pollution, global warming and other similar environmental problems require an urgent and sustainable solution for the city of Tashkent, whose population and infrastructure are growing rapidly. The article proposes green urbanization technologies (vertical gardens, rooftop gardens, and the cultivation of drought-resistant shrubs) as a solution to combat this ecological crisis. The methodological section of the article analyzes the successful experiences of Central Asian cities (Asian Green Cities Index) and historical local practices (Amir Temur’s gardens). It is emphasized that by introducing green urbanization technologies, Tashkent will have the opportunity to solve the PM problem and become one of the sustainable cities.

Keywords: Climate Change, sustainable development, atmosphere, green urbanism, Recommendations for reducing PM 2.5 and PM 10 particles, sustainable city, Gardens of Amir Temur

Аннотация: Благоприятная экологическая среда является ключевым фактором обеспечения устойчивого развития общества и здоровья человека. Качество экологических условий напрямую влияет на благополучие населения и эффективность социально-экономических процессов, поэтому обеспечение экологической безопасности и стабильности является важной научной и практической задачей современности. Загрязнение воздуха, глобальное потепление и другие подобные экологические проблемы требуют безотлагательного и устойчивого решения для города Ташкента, население и инфраструктура которого стремительно растут. В статье предлагаются технологии зеленой урбанизации (вертикальные сады, сады на крышах домов, выращивание засухоустойчивых кустарников) в качестве решения для борьбы с этим экологическим кризисом. В методологической части статьи анализируется успешный опыт городов Центральной Азии (Азиатский индекс зеленых городов) и исторически сложившаяся местная практика (сады Амира Темура). Подчеркивается, что внедрение технологий зеленой урбанизации позволит Ташкенту решить проблему твердых частиц (PM) и занять свое место среди устойчивых городов.

Ключевые слова: изменение климата, устойчивое развитие, атмосфера, зеленая урбанизация, частицы PM 2,5 и PM 10, устойчивый город, Сады Амира Темура

KIRISH (INTRODUCTION)

Juda ko‘p odamlar barcha sharoitlarga ega shaharlarda yashashni afzal ko‘rishadi. BMT ma’lumotlariga ko‘ra, 2030-yillarga kelib, dunyo aholisining 60 % dan ko‘prog‘i shaharlarda istiqomat qiladi. 2025-yil 1-oktabr holatiga ko‘ra, poytaxt – Toshkent shahrining doimiy aholisi soni 3,164,030 kishini tashkil etgan. Bu poytaxtda yashovchilarning jami miqdori degani emas. Toshkent shahrida doimiy istiqomat qiluvchi aholidan tashqari poytaxtga doimiy va mavsumiy kirib chiquvchi insonlarning soni ham yildan yilga ko‘payganligi aniqlanmoqda.

Mamlakat aholisining asosiy qismini, shu bilan bir qatorda, xorijlik delegat va sayyohlarni o‘zida birlashtiruvchi Toshkent shahri atmosferasida kuzatilayotgan muammoning asosi nimadan iborat va uni qanday hal etish mumkin, natija va oqibatlar qanday tus oladi? PM 2,5 va PM 10 zarrachalari Toshkent shahrida istiqomat qiluvchilarning turmush tarziga, salomatligiga va bu orqali kelajagiga qay darajada daxl qiladi?

2021-yil 4-noyabr kuni Ural va Volga daryolari hududidan esgan sovuq shamol Buxoro, Samarqand, Navoiy va Jizzax viloyatlari orqali o‘tib, Qozog‘iston hududi tomonga yo‘nalgan, keyinchalik, O‘zbekiston Respublikasi hududiga chang bo‘ronlari bilan birga qo‘shilib kelib, Toshkent osmonida ma’lum muddat saqlanganligi. Meteorologik kuzatuvchilarning ma’lumotlariga ko‘ra, bunday kuchli bo‘ron 1871-yildan beri kuzatilmagan. Mutaxassislarning fikricha, chang miqdori har kubometr havoda 18 ming mikrogrammga yetgan. Havoda changdan tashqari boshqa zararli moddalar ham aniqlangan.

Bugungi kunda Jahon Sog‘liqni Saqlash Tashkiloti (JSST) diametri 10 mikrondan kichik (PM10) bo‘lgan yirik zarralarni va diametri 2.5 mikrondan kichik (PM2.5) bo‘lgan nozik zarralarni ustuvor havo ifloslantiruvchi moddalar deb tasniflashni tavsiya qilmoqda

Atmosfera ifloslanishi bilan bog‘liq holatlar, changli ob-havo O‘rta Sharq, Sahro va Markaziy Osiyoda ko‘p kuzatilayotgan holatlardir. Buning asosiy sabablari sifatida quyidagilar keltirilmoqda:

- kam yog‘ingarchilik;
- kuchli shamol;
- yashil qoplamalarning kamligi (shaharlarda);
- uzoq muddatli quruq yoz;
- tuproq eroziyasi;
- atmosfera haroratining ko‘tarilishi.

Haqiqatan ham, yuqoridagi ekologik omillarning barchasi Toshkent shahri uchun juda yaqin bo’lgan holatlardir. Ayni vaqtda ekologik balansni me’yorlashtirish esa ularga maqbul yechimlarni talab qiladi.

Rivojlangan mamlakatlar va shu bilan bir qatorda Osiyoning bir qancha shaharlarida amaliyotga tatbiq etilgan yashil urbanizatsiya texnologiyalarini Toshkent shahriga joriy etish orqali qanday natijaga erishish mumkinligini ko‘rish mumkin.

TADQIQOT USLUBLARI.

Rivojlangan mamlakatlar olimlari XX asrning 80–90-yillaridan boshlab yirik shaharlardagi mayda qattiq zarralar (PM) havo ifloslanishi muammosiga e’tibor qarata boshladilar. O‘sha vaqtga kelib, rivojlangan mamlakatlardagi shaharlar atmosfera havosida eng keng tarqalgan ifloslantiruvchi moddalarning konsentratsiyasi qo‘rg‘oshinli benzinni taqiqlash, gaz va boshqa ekologik toza yoqilg‘iga o‘tish hisobiga kamaygan edi. Shundan so‘ng, qattiq zarralar bilan havo ifloslanishi jiddiy muammo ekanligi aniqlandi va ularning salomatlik va atrof-muhitga ta’siri bo‘yicha keng ko‘lamli tadqiqotlar boshlandi.

Muayyan muammolarga yechim sifatida shaharlararo, mamlakatlar o‘rtasida yoki mintaqalararo tajriba almashinuv choralari ko‘rilmoqda. O‘zbekistonning eng yirik hamda gavjum shahri va poytaxti bo‘lgan Toshkentning atmosfera havosini yaxshilashda ana shunday tajribalarga yuzlanish, maqbulini joriy etish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Toshkent shahrida yashil urbanizatsiyani tashkil etish jarayonida Markaziy Osiyo mintaqasining iqlimi va turmush tarzi yaqin bo‘lgan boshqa shaharlari keysiga ham murojaat qilish mumkin. Masalan, Osiyo yashil shaharlar indeksi (Asian Green cities index) mavjud bo‘lib, unda, asosan, Tokio, Singapur, Seul kabi shaharlar yetakchi o‘rinlarni egallaydi.

Yashil va barqaror shaharlarni aniqlashda quyidagi omillar hisobga olinadi:

- Havo sifati;
- Ekologik nazorat;
- Barqaror transport tizimi;
- Barqaror energetika;
- Suvdan oqilona foydalanish;
- Chiqindilarni boshqarish;
- Minimal uglerod izi (CO2);
- Qurilish jarayonlarining tartibga solinganligi.

Bu omillar yuqorida sanab o‘tilgan kam yog‘ingarchilik, kuchli shamol, yashil qoplamalarning kamligi, uzoq muddatli quruq yoz, tuproq eroziyasi, atmosfera haroratining ko‘tarilishi kabi sabablarni bartaraf etishda yoki zararini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shahar havosini yaxshilash, unga yashil urbanizatsiya orqali yechim berish haqida so‘z borar ekan, bir qancha mutaxassislar bu borada tarixga yuzlanishadi, ya’ni Amir Temur keysiga murojaat qilishadi. Unga ko‘ra, yashil hududlarni samarali tashkil etish O‘zbekiston uchun yangilik emasligi va kelajakdagi qadamlar uchun namuna bo‘lib xizmat qilishi mumkinligi ta’kidlanadi. Haqiqatan ham, juda ko‘p tarixiy badiiy va ilmiy manbalarda Amir Temur va undan keyingi temuriylar hukmronligi davrida ham shohlar tomonidan bunyod etilgan bog‘lar o‘ziga xos obyekt sifatida tilga olinadi. Bir qancha manbalarda Amir Temurning elchilarni ana shunday bog‘larda qabul qilganligi haqida ma’lumotlar bor, qolaversa, eng mashhur bog‘ nomlari qayd etiladi.

Amir Temur Samarqand atrofida bunyod etgan bog‘lar nafaqat dam olish maskani, balki ulug‘vorlik, san’at va diplomatiyaning ham ramzi bo‘lgan. Tarixiy manbalarga ko‘ra, u jami 12 ta bog‘ qurdirgan. Bog‘lar ikki turga bo‘lingan: rasmiy (chorbog‘) va tabiiy bog‘lar. Rasmiy bog‘larda, asosan, ommaviy tadbirlar o‘tkazilgan, elchilar qabul qilingan. Tabiiy bog‘lar esa o‘rmonlar va chakalaklar ichida barpo etilgan bo‘lib, aksariyat qismi o‘z holida saqlab qolingan. Ular, asosan, hukmdorning ov qilishi uchun xizmat qilgan. Ular o‘z davrida tabiat qo‘riqxonalari va eng boy botanika bog‘lari vazifasini o‘tagan. Fauna va florasi nihoyatda boy bo‘lgan.

Amir Temur qurdirgan ba’zi rasmiy bog‘lar:

- Davlatobod bog‘i 5.5 km masofani egallagan. Oltita katta hovuzi, markazdan oqib o‘tuvchi ariq, baland tepalikda qurilgan va himoyalangan ayvoni bo‘lgan.
- Bog‘i Bihisht (Jannat bog‘i) juda katta bog‘ bo‘lib, hashamatli darvozasi g‘ishtdan yasalgan, lojuvard va tilla bilan bezatilgan.
- Dilkusho bog‘i (ko‘ngilni xushnud etuvchi degan ma’noni bildiradi)da elchilarni qabul qilish marosimi o‘tkazilgan. Markazida uch qavatli saroy bo‘lib, har bir qavatida favvora bo‘lgan.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Ma’lumki, PM10 bronxial tolalarga kirib, o‘pka to‘qimalarida to‘planishi mumkin; PM2.5 bronxiolalar va alveolalarga yetib borishi mumkin, eng kichik nanozarrachalar esa qon oqimiga o‘tishi mumkin. Dunyoning turli mamlakatlarida o‘tkazilgan ko‘plab tadqiqotlar natijalari PM darajasining oshishi bilan nafas olish va yurak-qon tomir kasalliklari holatlarining ko‘payishi, shuningdek, umr ko‘rish davomiyligining qisqarishi va muddatidan oldin o‘lim holatlarining ortishi o‘rtasida bog‘liqlik borligini ko‘rsatadi.

Inson salomatligiga ta’siridan tashqari, mayda zarralar Yer-atmosfera tizimining radiatsiya balansiga ham ta’sir qiladi va shuning uchun nurlanishni yutib, aks ettirib va tarqatib, ob-havo va iqlimga ta’sir qiladi. Muayyan sharoitlarda havoda suzuvchi zarralar ko‘rinishning sezilarli darajada pasayishiga va hosilning kamayishiga olib kelishi mumkin.

Bu chang tarkibi PM (Particulate matters) 2,5 (hajmi 2,5 mikrometr va undan ham kichik bo‘lgan zarrachalar) va PM 10 (hajmi, asosan, 10 mikrometr va undan kichik bo‘lgan zarrachalar) dan iborat bo‘lib, ular havoni zaharlash barobarida inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Zarrachalar hajmiga qarab ichki organizmning turli a’zolarigacha chuqurroq kirib borib, u yerda turlicha kasalliklarni keltirib chiqaradi. Changning kimyoviy tarkibi ham katta gigiyenik ahamiyatga ega, chunki chang organizmga fibrogen, tirnash xususiyati beruvchi yoki qichishtiruvchi, zaharli, allergik ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Changning zarari birinchi navbatda uning dispersiyasiga, zarrachalarning o‘lchamiga va ularning nafas yo‘llaridagi konsentratsiyasiga bog‘liq. Pnevmokonioz kelib chiqishining negizida o‘pka alveolalarining devoriga joylashgan chang zarralari atrofida biriktiruvchi to‘qimalarning shakllanishi yotadi. Faqat nozik yoki kichik dispersli changlar alveolalarga yetib borish xususiyatiga ega, shuning uchun ular o‘rta va yirik dispersli changlarga qaraganda xavfliroq hisoblanadi.

Umuman olganda, hozirgi sharoitda PM zarrachalari (xoh PM 10 va yoki PM 2,5) muayyan hududda ekologik, ijtimoiy va iqtisodiy inqirozlarga sabab bo‘ladi.

Demak, ko‘kalamzorlashtirish va yashil urbanizatsiya texnologiyalarini joriy etish Toshkent iqlimi uchun muayyan muvaffaqiyatli tajribalarga asoslangan va samarali bo‘ladi. Unga ko‘ra, shaharning har bir qarich yeridan oqilona foydalanib, yangi qurilgan ko‘p qavatli uylar va boshqa turdagi binolarning kichik hovlisidagi sun’iy maysalar o‘rniga, ancha vaqt oldin qurilgan binolarning, ko‘p qavatli uylarning pastidagi beton qilingan yoki foydalanilmayotgan hududlariga butalarni ekish, yashil devor (vertical gardening) texnologiyalarini joriy etish, shu bilan bir qatorda, binolarning tom qismida maqbul bog‘ yaratish (rooftop gardening) amaliyotini tatbiq etish aholi zich joylashgan va infratuzilmasi kun sayin o‘sib borayotgan poytaxt uchun barqaror rivojlanish va ekologik muvaffaqiyatning poydevori bo‘la oladi.

Yashil maydonlar (masalan, bog‘lar, o‘rmonlar va boshqalar) sog‘lom va barqaror shahar muhiti uchun juda muhimdir. Hukumatlar, shuningdek, yashil maydonlar ekologik barqarorlik, farovonlik va salomatlik uchun muhim ekanligini tan oldilar. Ba’zi tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, shahar yashil maydonlari jismoniy va ruhiy salomatligini yaxshilash orqali odamlarning baxtli hayot kechirishiga hissa qo‘shadi.

Bundan tashqari, ba’zi tadqiqotlar yashil maydonlarning sog‘liqqa ijobiy ta’sir ko‘rsatishi haqida quyidagicha fikrlarni ilgari suradilar. Masalan, yashil maydonlarning qisqarishi o‘z navbatida iqlim o‘zgarishiga bevosita bog‘liq, buning natijasida magnit bo‘ronlari avj oladi, natijada asab tizimi bilan bog‘liq kasalliklar ko‘payadi. Shuningdek, havo ifloslanib, atmosferada PM miqdori ortadi, bu o‘pka, nafas olish yo‘llari va qon aylanish tizimi bilan bog‘liq kasalliklarni keltirib chiqaradi. Aksincha, yashil maydonlarni ko‘paytirish yozi juda issiq bo‘lgan O‘zbekistonda issiqdan xalos bo‘lishni osonlashtiradi, aholi zich joylashgan shaharlarda havoni tozalaydi, bundan tashqari, avtomobil yo‘llari orqali uylarga kirayotgan shovqinni kamaytiradi. Umuman olganda, shaharni yashil urbanizatsiyaga moslashtirish ruhiy va jismoniy salomatlik uchun har tomonlama foyda keltiradi.

Tom bog‘lari shovqinni yutadi, o‘simlik barglari havodagi changlarni ushlab qolish xususiyatiga ega va sug‘orish orqali yomg‘ir suvlaridan ham oqilona foydalanish imkonini beradi. Shaharda butalar sonini ko‘paytirish, yashil devor va yashil tom amaliyotini joriy etish orqali bioxilma-xillikni asrashga ham hissa qo‘shish mumkin, eng asosiysi, daraxt, buta va gullar kislorod manbayi bo‘lib, issiqxona gazlarini (CO_2) kamaytirishda yordam beradi. Boshqa tomondan olib qaraganda, yashil devor, yashil tom va butalar estetik jihatdan ham kishilarga ruhiy zavq bag‘ishlaydi.

Bundan tashqari, o‘simliklarni parvarishlash jarayonida aholi xonadonlaridan chiqqan oziq-ovqat chiqindisidan tayyorlangan mahalliy o‘g‘itni loyiha doirasidagi hududlarga yo‘naltirish

nafaqat tuproq unumdorligini oshirish, balki chiqindilarni to‘g‘ri boshqarish, oziq-ovqat chiqindilarini kamaytirishga erishish mumkin.

XULOSA VA TAVSIYALAR.

Mavjud muammolarni bosqichma-bosqich bartaraf etish hamda kelgusida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan yanada murakkab holatlarning oldini olish maqsadida tizimli va amaliy choralarni ishlab chiqish hamda ularni izchil tatbiq etish zarurati allaqachon dolzarb masalaga aylangan. Yashil urbanizatsiya texnologiyalarini joriy etish hamda yuqorida qayd etilgan jarayonlarni izchil yo‘lga qo‘yish, Toshkent shahrining havosi ifloslangan megapolislar qatoridan chiqib, Osiyo Yashil shaharlar indeksi (Asian Green Cities Index)da munosib o‘rin egallashi uchun zarur shart-sharoitlarni yaratadi.

Demak, zamonaviy yashil urbanizatsiya texnologiyalarini joriy etish Toshkent shahrining ekologik barqarorlik, resurslardan oqilona foydalanish va shahar infratuzilmasining energiya samaradorligini oshirish borasidagi salohiyatini sezilarli darajada mustahkamlaydi hamda uni barqaror rivojlanayotgan global shaharlar qatorida munosib o‘rin egallashiga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES):

1. Amonov M., Nishonov B. (2020). “Seasonal variability of PM concentration in Tashkent”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

2. O‘zbekiston Respublikasi Milliy Statistika Qo‘mitasi Toshkent Shahar Statistika Boshqarmasining rasmiy veb sayti (https://www.toshstat.uz)

3. Salomova F., Ahmadalieva N., Sadullaeva K., and Sherkuzieva G. (2022) “Dust storm and atmosphere air pollution in Uzbekistan”, Central Asian Journal of Medicine: Vol. 2022: Iss. 2, Article 5. (https://uzjournals.edu.uz/tma/vol2022/iss2/5)

4. Nishonov B., Kholmatjanov B., Labzovskii L., Rakhmatova L., Shardakova L., Abdulakhatov E., Yarashev D., Toderich K., Khujanazarov T., Belikov D. (2021) “Study of the strongest dust storm occurred in Uzbekistan in November 2021”, Scientific reports

5. Rasulov I., Juraev Z. (2023) “Urban green spaces – Uzbekistan’s case”, International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

6. Hegazy I.R, Hammad H.A, Munshi A.M, Alqurashi A.A and Bahreldin I. Z., (2024), “Pathways to green urbanism: evaluating Jeddah’s environmental sustainability progress and prospects”, International Journal of Low-Carbon technologies

7. Tugalov B., Karimov B. (2025) “On the cultural environment during the reign of Amir Temur and the Temurids”, International multidisciplinary journal for research & development

8. Uljaeva Sh., Nazarov Kh., Inagamova G., Gofurova H., Baxtiyorov L. (2021) “Diplomatic protocol ceremonies in the gardens of Amir Temur annotation”, International Journal of Aquatic Science, ISSN: 2008-8019 Vol 12, Issue 02, 2021

9. Shadimetov Y., Airapetov D. (2023) “City dust: problems and solutions (on the example of Tashkent city)” (in russian), Наукосфера

10. Peter Newman, (2011) “Green Urbanism and its Application to Singapore”, Asia Research Institute Working Paper Series

11. C P Pow and Harvey Neo. (2014) “Modelling green urbanism in China”, Area

12. Elisa Appolloni, Francesco Orsini, Kathrin Specht, Susanne Thomaier, Esther Sanye-Mengual, Giuseppina Pennisi, Giorgio Gianquinto (2021) “The global rise of urban rooftop agriculture: A review of worldwide cases”, Journal of Cleaner Production

13. McCann, E. (2017) “Mobilities, politics, and the future: Critical geographies of green urbanism”, EPA: Economy & Space, 49(8), 1816-1823.

14. Michael M. Santos, Joao C.G. Lanzinha, Ana Vaz Ferreira (2021) “Review on urbanism and climate change”, Cities 114

15. Pope C. A., Dockery D. W. (2006). Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. Journal of the Air & Waste Management Association, 56(6), 699–716.
16. Newman, P (2006) The Environmental Impact of Cities, Environment and Urbanization 18(2):275–295.
17. Newman, P and I Jennings (2008) Cities as Sustainable Ecosystems, Washington, DC: Island Press.
18. Ki-Hyun Kim, Ehsanul Kabir, Shamin Kabir (2015) “A review on the human health impact of airborne particulate matter”, Environment International. Volume 74, January 2015, 136-143p
19. Van Veenhuizen, R. (2014) “Cities Farming for the Future: Urban Agriculture for Green and Productive Cities”, IDRC. https://doi.org/10.4324/9781315771144.
20. Sany_e-Mengual, E., Specht, K., Grapsa, E., Orsini, F., Gianquinto, G. (2019) How can innovation in urban agriculture contribute to sustainability? A characterization and evaluation study from five western European cities. Sustainability 11 (15), 4221. https://doi.org/10.3390/su11154221.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Амирзода Ориф Хамид,
Хакдодов Акбарджон Махмадшарифович,
Хакдод Махмадшариф Махмуд,
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

Abstract. Maqolada Tojikistonda atrof-muhit monitoringi va havo sifatini baholash tizimining hozirgi holati bo'yicha tadqiqotlar taqdim etilgan. Atmosfera havosi sifati monitoringini tashkil etish, zamonaviy avtomatlashtirilgan tizimlar bilan jihozlanish darajasi, respublikamizni atmosferani kuzatish tarmoqlari bilan qamrab olish, ifloslantiruvchi moddalarni tartibga solish, turli manbalardan havo sifatini aniqlash usullarida ayrim kamchiliklar aniqlandi. O‘tkazilgan tadqiqotlar asosida va xalqaro tajribani hisobga olgan holda zamonaviy usullar va kompyuter modellaridan foydalangan holda atmosfera havosi sifatini ekologik monitoring tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: atmosfera havosi sifati, atrof-muhit monitoringi, sanoatlashtirish, "yashil shahar", atmosferaning ifloslanishi, ifloslantiruvchi moddalar, tartibga solish, ruxsat etilgan maksimal kontsentratsiya, Internet of Things (IoT) tizimi, blokcheyn.

Аннотация. В статье представлены исследования современного состояния системы экологического мониторинга и оценки качества атмосферного воздуха в условиях Таджикистана. Выявлены некоторые недостатки в организации мониторинга качества атмосферного воздуха, уровне оснащенности современными автоматизированными системами, охвате страны сетями атмосферных наблюдений, нормирование загрязнителей и методов определения качества атмосферного воздуха от различных источников. На основании проведенных исследований с учетом мирового опыта рекомендованы мероприятия по совершенствованию системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха с использованием современных методов и компьютерных моделей.

Ключевые слова: качества атмосферного воздуха, экологический мониторинг, индустриализация, «зеленый город», загрязнение атмосферы, загрязняющие вещества,

нормирование, предельно-допустимая концентрация, система Интернет вещей (IoT), блокчейн.

Abstract. The article presents research on the current state of the environmental monitoring and air quality assessment system in Tajikistan. Some shortcomings have been identified in the organization of air quality monitoring, the level of equipment with modern automated systems, the coverage of the country by atmospheric observation networks, the regulation of pollutants, and methods for determining air quality from various sources. Based on the research conducted and taking into account international experience, measures are recommended to improve the environmental monitoring system for atmospheric air quality using modern methods and computer models.

Keywords: atmospheric air quality, environmental monitoring, industrialization, “green city,” atmospheric pollution, pollutants, regulation, maximum permissible concentration, Internet of Things (IoT) system, blockchain.

ВВЕДЕНИЕ

Ухудшение качество атмосферного воздуха, обусловленное выбросами энергетики, промышленным комплексом и транспорта, оказывает негативное воздействие как на здоровье населения, так и на окружающую среду в целом. Поэтому загрязнение атмосферного воздуха признаётся ВОЗ одной из самых серьёзных экологических угроз в мире [1], которые оказывают ряд негативных факторов на здоровье человека, приводя к формированию и прогрессированию различных патологий сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной систем, аллергических реакций, онкопатологии и др. [2]. В условиях Таджикистана загрязнение воздуха может наносит значительный ущерб не только здоровью людей, но и вызвать экономические потери в связи со снижением урожайности сельскохозяйственных культур и ускоренным таянием ледников. В связи с этим постоянный контроль за качеством атмосферного воздуха является важнейшей задачей как на государственном, так и на общемировом уровнях.

Для нормирования загрязнителей атмосферного воздуха с учётом класса опасности существуют «Глобальные рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся озона (O_3), двуокиси азота (NO_2), двуокиси серы (SO_2), окиси углерода (CO) и твёрдых частиц ($PM_{2.5}$ и PM_{10})», с учетом которых каждая страна самостоятельно устанавливает свои предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК), путём определения значения максимально-разовых, среднесуточных и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ [3].

Исходя из этого, многими странами на законодательном уровне устанавливаются ПДК различных загрязнителей и реализуется комплекс мероприятий, направленных на усиление контроля за качеством атмосферного воздуха и снижением уровня загрязнения. Наибольшие успехи в сфере контроля качества атмосферного воздуха достигнуты в странах Европы, США и Китае, жители которых могут получать актуальную информацию о состоянии атмосферного воздуха в свободном доступе в режиме реального времени [4]. Однако, у развитых и развивающихся стран неодинаковые возможности контроля качества атмосферного воздуха и покрытие территории сетью пунктов наблюдения за состоянием атмосферы.

Например, мониторинг качества атмосферного воздуха в странах Центральной Азии проводится в каждой стране и по количеству постов наблюдения, городов, охваченные мониторингом, контролируемым загрязняющим веществам, показателям загрязнения атмосферы и информированием населения находятся на разном уровне [5].

В Республике Таджикистан на законодательном уровне действует единая государственная система экологического мониторинга. Мониторинг состояния

атмосферного воздуха проводится в соответствии с законами Республики Таджикистан «О гидрометеорологической деятельности» от 23 июля 2016 года, №1345 и «Об охране атмосферного воздуха» от 28 декабря 2012 года № 915 Агентством по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан и результаты уровня загрязнения атмосферного воздуха по 5 городам ежедневно публикуется в электронном виде на сайте агентства [6]. Кроме, того одна независимая автоматическая станция мониторинга находится на территории посольства США в г. Душанбе [7].

Однако, по данным Всемирного банка в республике отсутствует комплексная система мониторинга качества воздуха, т.е. станции неравномерно распределены по городу Душанбе и других районах, чтобы охватить различные источники (фон, автомобильное движение, промышленность и др.), а также доступность данных является недостаточной для получения необходимой информации о качестве атмосферного воздуха [8].

В связи с ускоренной индустриализацией страны [9], реализацией концепции «Зеленый город» в городе Душанбе, где предусматривается улучшение экологической ситуации в городе, повышение качества и достоверности оценок состояния окружающей среды, улучшение информирования населения за счет применения цифровых технологий [10], а также прогнозирование ситуации с песчано-пыльными бурями, которые в последние годы чаще накрывает почти все территории страны [11], возрастает необходимость совершенствование системы мониторинга качества атмосферного воздуха.

Следовательно, исследование качества атмосферного воздуха с целью снижения воздействия загрязнения воздуха на здоровье людей и экономики требует комплексного подхода с участием всех заинтересованных сторон [12] и применения современных автоматизированных комплексов на основе моделей и компьютерных технологий [13, 14].

Поэтому анализ состояния системы мониторинга качества атмосферного воздуха в целях повышения его эффективности с применением современных методов и технологий является актуальной задачей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мониторинг состояния атмосферного воздуха представляет собой деятельность, включающую наблюдения, сбор, хранение, учет, систематизацию, обобщение, обработку и анализ данных.

Оценка качества атмосферного воздуха проводится как по данным инструментальных замеров с помощью стационарных, маршрутных и передвижных постов наблюдения, так и по расчетным данным с использованием современных компьютерных моделей [4].

В настоящее время, организация и проведение мониторинга за уровнем загрязнения атмосферы по физическим и химическим показателям на территории Республики Таджикистан осуществляются с помощью 5 стационарных наблюдательных пунктов в городах Душанбе, Бохтар, Турсунзаде, Худжанд и Гулистон. Контролируемые загрязняющие вещества - ($PM_{2.5,}$ PM_1 и PM_{10}) взвешенные частицы (пыль), CO, SO_2, NO_x, NO_2, HF и др. Проводится сбор, обработка и хранение информации как в ручном таки в автоматическом режиме, а также составляются ежегодные обзоры по качеству атмосферного воздуха. Степень загрязнения атмосферного воздуха оценивается при сравнении концентрации примесей (мг/м^3) с ПДК.

Существующая система контроля качества воздуха в Таджикистане опирается на ограниченное число стационарных постов наблюдения, что делает невозможным получение объективной информации о загрязнении в масштабе всего города. В этих условиях возрастает потребность в цифровых технологиях, способных обеспечить непрерывный и распределённый сбор экологических данных. Одними из наиболее

перспективных направлений являются технология Интернет вещей (IoT) и блокчейн (blockchain) технология, которые в комплексе позволяют создать прозрачную и достоверную систему мониторинга качества воздуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа текущего состояния качества воздуха были использованы данные со станций наблюдения, расположенных в г. Душанбе и глобальных моделей на основе спутниковых измерений и модельных оценок. Данные по распределению источников загрязнения и формирования среднегодовой концентрации $PM_{2.5}$ в г. Душанбе [8] (рис. 1) нередко превышает рекомендуемые значения Всемирной организации здравоохранения [3], что свидетельствует о высокой нагрузке на систему здравоохранения и требует внедрения новых технологических решений в сфере мониторинга атмосферного воздуха.

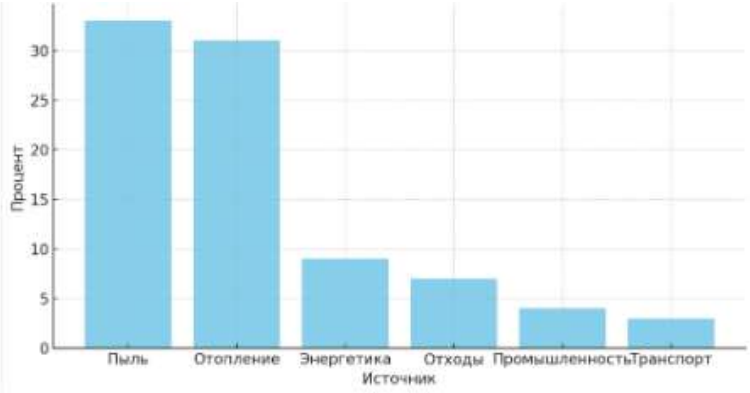


Рис. 1. Распределение источников $PM_{2,5}$ в г. Душанбе

Анализ сезонных изменений концентраций загрязнителей (рис. 2) показывает, что концентрации $PM_{2.5}$ и PM_{10} достигают пика в зимние месяцы (ноябрь-февраль) и снижаются в весенние и летние месяцы, что связано с увеличением использования отопления и сжигания угля в холодные месяцы. Концентрации NO_2 и SO_2 также выше в зимние месяцы за счет выбросов от отопления и транспорта (летом наблюдается снижение концентраций этих загрязнителей). Концентрация CO выше зимой напрямую связана с использованием угля и других видов топлива для отопления, а концентрация озона (O_3) достигает пика летом (июль-август), что связано с фотохимическими реакциями под воздействием солнечного света (в зимние месяцы концентрации озона снижаются).

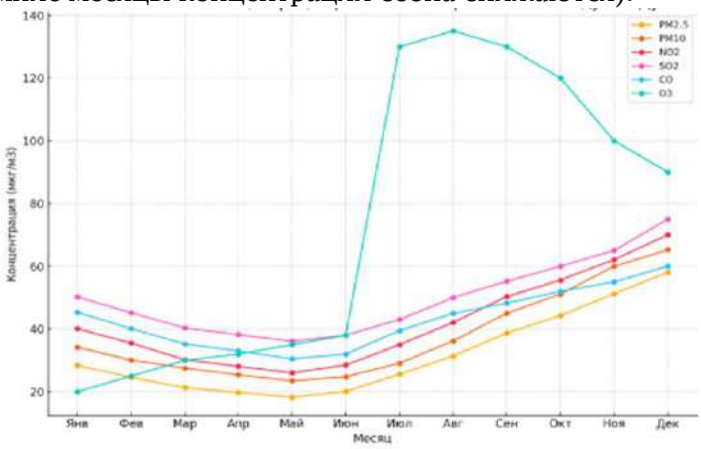


Рис.2 Сезонные изменения концентраций различных загрязнителей воздуха в г. Душанбе

Динамика изменения общих выбросов твердых, газообразных и жидких веществ в атмосферу приведённые на рисунках 3 и 4 показывают, что наиболее высокий уровень

выбросов твёрдых, газообразных и жидких веществ в атмосферу приходится на 1991 год. Это связано, с тем, что до 1991 года на предприятиях промышленного комплекса республики применялись оборудования и технология 50-60 годов прошлого столетия, в которых в качестве энергоресурсов использовались жидкие и твёрдые топлива с большими выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

В период независимости в структуре промышленности произошли коренные изменения с перепрофилированием производства и применением новых технологий и оборудований, работающих на электрической энергии с меньшим выбросом в атмосферу. В результате этого, в период с 1995-2015 гг. произошел спад выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, далее с повышением объемов производства и развитием промышленного сектора наблюдается рост выбросов в атмосферу.

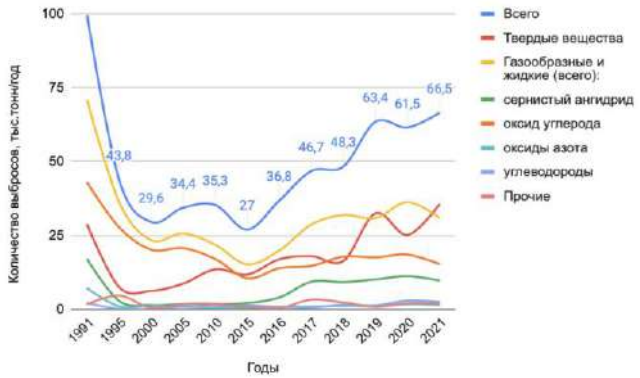


Рис. 3. Динамика общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по ингредиентам

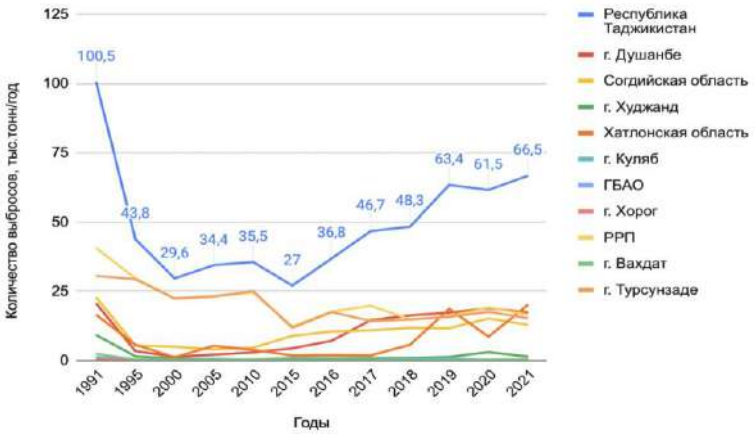


Рис. 4. Динамика общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по регионам

Изменение динамики общих выбросов загрязняющих веществ по регионам республики, где из общего объема выбросов вредных веществ больше всего приходится на Согдийскую область, г. Душанбе и г. Турсунзаде (рис. 4).

Следует отметить, что представленные статистические данные не отражает полную картину качества атмосферного воздуха, поскольку степень загрязнения атмосферы зависит от множества факторов: величины выбросов загрязняющих веществ, их химического состава, высоты, на которой осуществляются выбросы, географических и климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение веществ в атмосфере.

Учет всех факторов возможно тогда, когда в системе мониторинга атмосферного воздуха применяются современные автоматизированные комплексы, где для прогнозирования качества атмосферного воздуха используются различные подходы и модели.

Существует три основных вида моделей для прогнозирования загрязнения воздуха: статистические, интеллектуальные и гибридные [4]. Статистические модели в основном учитывают статистическую взаимосвязь между концентрацией загрязнителей воздуха и историческими данными о различных влияющих факторах и устанавливаются с использованием математико-статистических методов. Интеллектуальные модели учитывают источники загрязнителей (например, промышленные предприятия, транспорт, техногенные аварии, природные источники, такие как песчано-пыльные бури и т.д.). Следует отметить, что данные о состоянии атмосферного воздуха, полученные с помощью прогностического моделирования, имеют значительное сходство с данными, полученными на основе натурных измерений, поэтому использование широкой сети станций измерения позволяет получить наиболее точные данные о концентрации загрязнителей атмосферного воздуха в текущий период времени [4].

С развитием технологий Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (ИИ) и облачных вычислений появились новые возможности для создания интегрированных систем мониторинга атмосферного воздуха [13].

Технология Интернет вещей (IoT) позволяет осуществить беспроводную передачу данных в центральную систему мониторинга в режиме реального времени, что обеспечивает оперативный сбор и анализ информации. В свою очередь, применение энергоэффективных технологий связи, таких как LoRa (Long Range) или NB-IoT (Narrowband IoT), позволяет сэкономить энергию сенсоров и обеспечивает долгий срок службы батарей. Объединение технологий Интернета вещей (IoT) и блокчейна позволяет создать эффективную децентрализованную систему сбора, хранения, обработки и передачи экологической информации о состоянии качества атмосферного воздуха для принятия обоснованных управленческих решений с целью улучшения экологической ситуации в городе [14]. На первом уровне будут располагаться сенсорные узлы, которые будут собирать данные о состоянии воздуха в различных районах города. Второй уровень представлен шлюзами передачи данных, обеспечивающими подключение сенсоров к облачным или периферийным вычислительным системам. Третий уровень — блокчейн-реестр, в котором фиксируются все полученные данные за счет которых обеспечивается прозрачность и неизменность экологических данных. На заключительном уровне функционируют пользовательские интерфейсы — веб-порталы и мобильные приложения, позволяющие жителям, учёным и государственным органам получать доступ к информации в режиме реального времени. Такая система обеспечивает не только контроль, но и вовлеченность общества в решение экологических проблем [15].

Обратная связь от общественности также является важным источником данных для улучшения алгоритмов и моделей мониторинга. В конечном итоге, это создает синергию между государственными органами, частным сектором и общественностью в решении проблемы загрязнения воздуха [12].

С развитием технологий и расширением сетей мониторинга можно ожидать улучшения состояния атмосферы в городах и индустриальных районах. Интегрированные подходы к мониторингу атмосферного воздуха не только предоставляют более точные данные, но и стимулируют разработку новых технологий и инновационных решений в области охраны окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Загрязнение атмосферного воздуха влияет не только на качество жизни, но и имеет экономические последствия. Для снижения риска ухудшения качества атмосферного воздуха, странами исходя из своих экономических возможностей реализуется комплекс мероприятий, направленных на усиление контроля за качеством атмосферного воздуха и снижением уровня загрязнения.

В Республике Таджикистан наряду с другими странами Центральной Азии на законодательном уровне организован экологический мониторинг окружающей среды. В тоже время, существующая система мониторинга качества воздуха, недостаточно комплексная, чтобы охватить различные территории и источники загрязнения, в том числе передвижных, не только по городу Душанбе, но и в других районах страны, а также улучшить доступность необходимой информации о качестве атмосферного воздуха для различных пользователей.

Поэтому совершенствование системы мониторинга качества атмосферного воздуха с применением современных моделей и технологий обеспечивает получение более точных данных и осуществление комплексного учета всех факторов окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения. Загрязнение атмосферного воздуха. Информационный бюллетень ВОЗ. https://www.who.int/ru/. Доступ по ссылке: https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health.
2. Dominski F.H., Branco J.H., Buonanno G., et al. Effects of air pollution on health: a mapping review of systematic reviews and meta-analyses // Environ Res. 2021. Vol. 201. P. 111487. doi: 10.1016/j.envres.2021.111487
3. Всемирная организация здравоохранения. Глобальные рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц (ТЧ2,5 и ТЧ10), озона, двуокиси азота, двуокиси серы и окиси углерода, 2021. Доступ по ссылке: https://apps.who.int/iris/bitstream/hand le/10665/345334/9789240035409-rus.pdf
4. Поздняков М.В., Мазилов С.И., Райкова С.В., и др. Оценка качества атмосферного воздуха в разных странах (обзор) // Экология человека. 2023. Т. 30, № 5. С. 325–339. DOI: https://doi.org/10.17816/humeco456406
5. Анализ мониторинга качества воздуха в Центральной Азии (Аналитический доклад). Казахстан. 2021. 17 с.
6. Агентство по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан. https://www.meteo.tj/ru/environmental-monitoring
7. Станция наблюдения атмосферы Посольство США в г. Душанбе. https://aqicn.org/city/tajikistan/dushanbe/us-embassy/ru/
8. «Всемирный банк. 2023 год. Управление качеством воздуха в Республике Таджикистан. ©Всемирный банк».
9. Программа ускоренной индустриализации Республики Таджикистан на 2020-2025 годы. г. Душанбе, 2020 – 138 с.
10. План действий «Зеленый город» (ПДЗГ), Душанбе. © 2022 AECOM Limited.
11. Национальный план действий Республики Таджикистан по предупреждению и смягчению последствий песчаных пыльных бурь на 2022-2030 годы. Душанбе-Алматы. 2021 – 70 с.
12. Хакдод М.М., Амирзода О.Х., Хакдодов А.М. Современные научные подходы к решению экологических проблем в условиях Таджикистана/ Научный журнал

Водные ресурсы, энергетика и экология Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – Душанбе, 2023, №3 (3), С. 193-200.

13. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet of Things Journal, 2014.

14. Khan, A., Salah, K. IoT Security: Review, Blockchain Solutions, and Open Challenges. Future Generation Computer Systems, 2018.

15. Хакдодов А.М. Применение технологии интернета вещей и блокчейна в мониторинге качества атмосферного воздуха/ Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. Материалы XXIII международной научной конференции, (18-24 сентября 2025 г., г. Душанбе). ТТУ имени М.С. Осими, г. Душанбе, 2025, с. 216-222.

GAZ VA GAZKONDENSAT KONLARI QUDUQLARIDA YO‘QOTILAYOTGAN TABIIY GAZNING ATMOSFERAGA SALBIY TA’SIRI

Oripova Shahlo Karimovna, Ne’matov Qobiljon Qodirjon o‘g‘li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada gaz va gazkondensat konlarida quduqlarni ekspluatatsiya qilish jarayonida yuzaga keladigan tabiiy gaz yo‘qotilishining ekologik va iqtisodiy oqibatlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Dunyo miqyosida qazib olinishi qiyin bo‘lgan gaz zahiralarining ko‘payishi, mahsuldor quduqlarning suvlanishi va murakkab sharoitlarda ishlatilishi yildan-yilga ortib bormoqda. Quduqlarni ishlatishning yakuniy bosqichida qatlam bosimi va oqim tezligining pasayishi natijasida quduq tubida suyuqlik yig‘ilishi sodir bo‘ladi. Bu jarayon bosim yo‘qotishlarining ortishiga, quduqlar debitining pasayishiga va uglevodorodlarning komponent bera oluvchanligini kamayishiga olib keladi. Hozirgi kunda quduq tubida suyuqlik yig‘ilishini bartaraf etish uchun produvka usuli keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usulda to‘g‘ridan-to‘g‘ri atmosferaga gaz chiqarilib yoqiladi, natijada gaz yo‘qotilishi sodir bo‘ladi va atrof-muhit hamda quduq tubi zonasiga salbiy ta’sir ko‘rsatiladi. O‘zbekiston Respublikasi gaz va gazkondensat konlarida quduq tubida yig‘ilgan suyuqliklarni yer yuzasiga chiqarish uchun qo‘llanilgan produvka usuli, shuningdek, gaz va gazkondensat konlari quduqlarining o‘z-o‘zidan tiqilishi natijasida yo‘qotilayotgan tabiiy gaz miqdori tahlil qilingan. Maqolada gaz yo‘qotilishining asosiy sabablari, atmosferaga salbiy ta’siri, metan emissiyasining iqlim o‘zgarishiga qo‘shayotgan hissasi va energetik samaradorlikning pasayishi yoritilgan. Shuningdek, gaz yo‘qotilishini kamaytirish bo‘yicha texnologik modernizatsiya, ekologik monitoring va xalqaro hamkorlik zarurligi haqida bayon etilgan.

Kalit so‘zlar: Gaz va gazkondensat konlari, quduq tubi, quduq tubi zonasi, suyuqlik yig‘ilishi, produvka, gaz sarfi, metan emissiyasi, atmosfera ifloslanishi, energetik samaradorlik, iqlim o‘zgarishi.

Аннотация: В данной статье научно проанализированы экологические и экономические последствия потерь природного газа при эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений. В мировом масштабе наблюдается рост трудноизвлекаемых запасов газа, увеличение обводнённости продуктивных скважин и эксплуатация в сложных условиях. На заключительном этапе разработки месторождений снижение пластового давления и скорости потока приводит к накоплению жидкости на забое скважины. Этот процесс вызывает рост потерь давления, снижение дебита скважин и уменьшение способности углеводородов к отдаче компонентов. В настоящее время для устранения накопления жидкости на забое широко применяется метод продувки. При этом

газ напрямую выпускается в атмосферу и сжигается, что приводит к потерям газа и оказывает негативное воздействие на окружающую среду и призабойную зону скважины. В статье рассмотрено применение метода продувки на газовых и газоконденсатных месторождениях Республики Узбекистан, а также проанализированы объёмы потерь природного газа вследствие самопроизвольного закупоривания скважин. В работе освещены основные причины потерь газа, их негативное влияние на атмосферу, вклад метановых выбросов в изменение климата и снижение энергетической эффективности. Отмечена необходимость технологической модернизации, экологического мониторинга и международного сотрудничества для сокращения потерь газа.

Ключевые слова: газовые и газоконденсатные месторождения, забой скважины, призабойная зона, накопление жидкости, продувка, расход газа, выбросы метана, загрязнение атмосферы, энергетическая эффективность, изменение климата.

Annotation: This article provides a scientific analysis of the ecological and economic consequences of natural gas losses during the exploitation of gas and gas-condensate fields. Globally, the share of hard-to-recover gas reserves is increasing, productive wells are becoming more waterlogged, and operations in complex conditions are expanding year by year. At the final stage of field development, the decline in reservoir pressure and flow rate leads to liquid accumulation at the wellbore. This process results in increased pressure losses, reduced well productivity, and decreased hydrocarbon component deliverability. Currently, the blowdown method is widely used to eliminate liquid accumulation at the wellbore. In this process, gas is directly released into the atmosphere and flared, causing gas losses and exerting negative impacts on the environment and the near-wellbore zone. The article examines the application of blowdown in Uzbekistan’s gas and gas-condensate fields and analyzes the amount of natural gas lost due to spontaneous well plugging. The study highlights the main causes of gas losses, their adverse effects on the atmosphere, the contribution of methane emissions to climate change, and the reduction of energy efficiency. The necessity of technological modernization, ecological monitoring, and international cooperation to mitigate gas losses is emphasized.

Keywords: gas and gas-condensate fields, wellbore, near-wellbore zone, liquid accumulation, blowdown, gas consumption, methane emissions, atmospheric pollution, energy efficiency, climate change.

KIRISH

Tabiiy gaz bugungi kunda dunyo energetika tizimining eng muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. U ko‘mir va neftga nisbatan toza yoqilg‘i sifatida qaraladi, chunki yonish jarayonida karbonat angidrid va boshqa zararli moddalar kamroq hosil bo‘ladi. Shu sababli, ko‘plab mamlakatlar energiya xavfsizligini ta’minlashda tabiiy gazga katta e’tibor qaratmoqda.

Ammo gaz va gazkondensat konlarida qazib olish, saqlash va transport jarayonida yo‘qotilayotgan gaz muammosi mavjud. Bu yo‘qotishlar ko‘pincha quduq tubida suyuqlik yig‘ilishi, texnologik nosozliklar, produvka jarayonlari yoki quvur tizimidagi sizib chiqishlar natijasida yuzaga keladi. Natijada katta miqdorda gaz atmosferaga chiqib ketadi.

Atmosferaga chiqayotgan gazning asosiy tarkibiy qismi metan bo‘lib, u karbonat angidridga qaraganda is effekti hosil qilishda 25 baravar kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi. Bu esa global iqlim o‘zgarishining tezlashishiga, ekstremal ob-havo hodisalarining ko‘payishiga va ekologik muvozanatning buzilishiga olib keladi. Shu bilan birga, gazning yo‘qotilishi iqtisodiy jihatdan ham katta zarar keltiradi, chunki u energiya sifatida ishlatilmay qoladi.

Bugungi kunda dunyo miqyosida metan emissiyasini kamaytirish bo‘yicha xalqaro tashabbuslar amalga oshirilmoqda. Masalan, Global Methane Pledge dasturi metan chiqindilarini 2030-yilgacha sezilarli darajada kamaytirishni maqsad qilgan. O‘zbekiston ham ushbu

jarayonlarda faol ishtirok etib, gaz konlarida samaradorlikni oshirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha qator loyihalarni amalga oshirmoqda.

Shunday qilib, gaz va gazkondensat konlarida yo‘qotilayotgan tabiiy gaz muammosi nafaqat mahalliy, balki global ahamiyatga ega. Uni hal qilish uchun texnologik modernizatsiya, ekologik monitoring va xalqaro hamkorlik zarur. Ushbu maqolada gaz yo‘qotilishining sabablari, atmosferaga ta’siri va uni kamaytirish yo‘llari batafsil tahlil qilinadi.

Gaz va gazkondensat konlarini ishlatishda quduqlarning oqim tezligini cheklaydigan ba’zi asoratlar mavjud bo‘lib, ushbu asoratlarni bilish va ularni inobatga olish quduqlarni ishlatishning texnologik rejimlarini to‘g‘ri tanlash, konni ishlatishni yanada oqilona olib borish va yer qa’rini muhofaza qilish talablariga rioya qilish imkonini beradi [1].

Gaz va gaz kondensat konlarida quduqlarni ishlatishning yakuniy bosqichida qatlam bosimi va oqim tezligining pasayishi natijasida quduq tubida suyuqlik ya’ni, suv va kondensat bug‘lari hosil bo‘ladi, shuningdek mexanik aralashmalarning yig‘ilishi tufayli quduq oqimining pasayishi ham kuzatiladi [2-3]. Quduq tubida suyuqlik ustuni yoki qum tiqinlari hosil bo‘lishi va bartaraflash quduqning texnologik ish rejimini o‘zgartirishni talab qiladi. Bu qatlamdan keladigan kondensatsiyalangan suv yoki og‘ir uglevodorod komponentlari quduq tubi zonasi va quduqdan to‘liq chiqarilmaganda sodir bo‘ladi [4].

Quduqning tubida suyuqlik tiqinlari hosil bo‘lganda quduq debiti pasayib borishi kuzatiladi. Bunday holatda quduqlarda suyuqlik tiqinlari paydo bo‘lganda yangi rejimni qo‘llash lozim. Bu ishga tushirish chuqurligini va nasos kompressor quvurining diametrini o‘zgartirishni yoki tiqinlarni olib tashlash uchun mexanik vositalarni qo‘llashni o‘z ichiga oladi [5].

TADQIQOT USLUBLARI.

Tahliliy yondashuv asosida gaz yo‘qotilishining sabablari, ya’ni quduq tubida suyuqlik yig‘ilishi, produvka jarayonlari o‘rganildi. Eksperimental kuzatuvlar asosida Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi (Muborak NGQCHB) va Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi (Sho‘rtan NGQCHB)ga qarashli konlarda gaz chiqindilari monitoringi olib borildi.

Hozirgi kunda O‘zbekistonda gaz, asosan, uchta neft-gazli mintaqadan: Ustyurt, Buxoro-Xiva, Janubi-G‘arbiy Hisordan qazib olinmoqda, bu hududlardagi konlarning yarmidan ko‘pi ishlatishning oxirgi bosqichida hisoblanadi [6]. O‘zbekistonning janubi-g‘arbiy qismidagi uglevodorod konlari Chardjou va Buxoro bosqichlarida joylashgan bo‘lib, ularning aksariyati antiklinal burmalar bilan bog‘langan [7].

Ishlatishning yakuniy bosqichida, odatda, quduqlarning ish sharoitlarini yomonlashtiradigan va ishlab chiqarish imkoniyatlarini kamaytiradigan ko‘plab muammolar paydo bo‘ladi. Ko‘tarilayotgan gaz oqimining past tezliklari tufayli yer yuzasiga olib chiqilmaydigan suyuqlikning quduq tanasi va quduq tubida to‘planish jarayoni ana shunday muammolardan biridir. Quduq tubida suyuqlik yig‘ilishi bilan gidrostatik bosim ortib, gaz oqimini keltirib chiqaradi. Natijada quduq o‘z-o‘zidan to‘xtaydi, bu quduqlarning o‘z-o‘zidan tiqilishiga olib keladi [8].

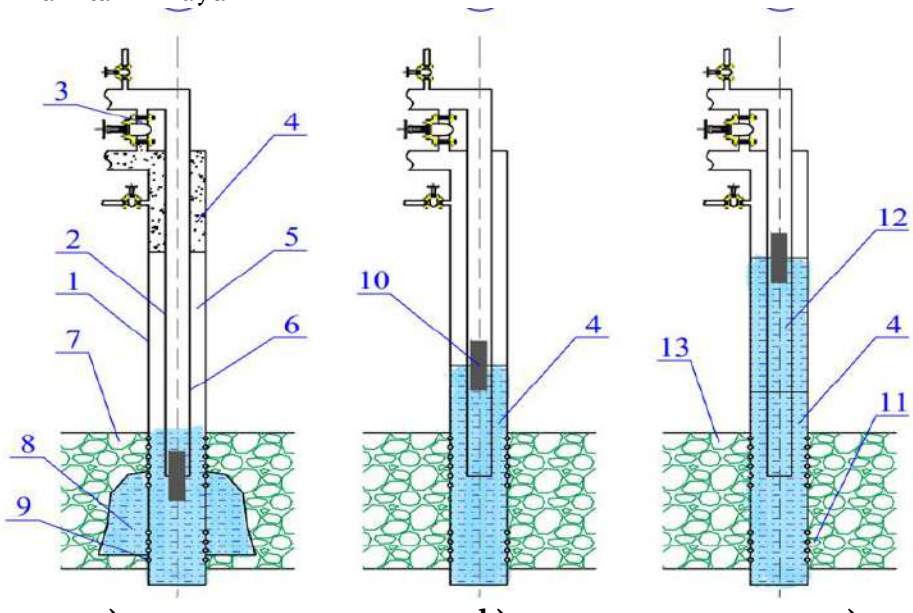
Quduq tanasida yuqoriga qarab gaz oqimi tezligining pasayishi bir qator tabiiy va texnologik omillar bilan bog‘liq. Amaldagi oqim tezligining pasayishi, quduq bo‘ylab kondensatsiyalangan suyuqlik miqdorining ko‘payishi va quduqlarni ishlatishda qatlam suvining paydo bo‘lishi tabiiy sabablardir. Quduq tanasida suyuqlikning to‘planishi gaz oqimining pastligi sababli yomon kollektor xususiyatlariga ega bo‘lgan konlarda quduqda qazib olingandan so‘ng darhol sodir bo‘ladi. Quduqlarni maxsus o‘rganish va texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar suyuqlikni olib tashlash usulining samaradorligini tasdiqlaydi. Suvdan foydalanilganda quduq alohida qismlarga bo‘linadi, bu esa qazib olish qudug‘ining oqim tezligining pasayishiga, suyuqlikning to‘planishiga olib keladi. Natijada, bu quduqda o‘z-o‘zidan tiqilishga va quduqning ishdan chiqishiga olib keladi [9-10].

Ishlashning yakuniy bosqichidan o‘tgan konlar soni doimiy ravishda o‘sib borayotganligi sababli, quduq tubi suyuqligini olib tashlash muammosi tobora dolzarb bo‘lib bormoqda. Bu ayniqsa, kon zaxirasini qazib olishning 80 % dan oshgan hollarda kuzatiladi [11]. Quduqda gaz oqimining kritik qiymatdan past bo‘lganida suyuqlikning to‘planishi gaz va kondensat olish jarayonini murakkablashtiradi, quduq unumdorligini pasaytiradi va o‘z-o‘zidan tiqilishiga olib keladi. Quduqlar tubidan suyuqlikni bartaraflash usulini tanlash bir nechta mezonlarga bog‘liq: suyuq tiqinlar hosil bo‘lishining geologik va geofizik parametrlari, ishlatish bosqichlari, quduq konstruksiyasi, quvurlar oralig‘ini sementlash sifati, suyuqlikning kirib borish sabablari [12-13].

Gaz va gazkondensat konlarini ishlatishda ekspluatatsiyaning kech bosqichida o‘z-o‘zidan tiqiladigan qazib olish quduqlari texnologiyasi 1-rasmda berilgan.

Bunda (5) quduqning halqasida gidroizolyatsiya pardasi yaratilgandan so‘ng (1-rasm, a) blokirovkalash eritmasining taxminiy hajmi (11) yopiq quvur maydoniga (6) haydaladi. Quvur bo‘shlig‘idan gazning energiyasi har ikkala bo‘shliqdagi bosimlarni tenglashtirish bilan aniqlanadigan quduq tubi zonasiga (1-rasm, b) yetib boradi. Mahsuldor gorizontning blokirovka qiluvchi ekranini shakllantirish uchun quduq texnologik to‘xtash holatiga keltiriladi. Bloklash eritmasi (4) bo‘shliqni (2) to‘ldirish uchun zarur bo‘lgan hajmning 8-10 % ni tashkil qilishi kerak va uning quduqdagi ustuni perforatsiya oralig‘ining yuqori teshiklaridan 100-150 metr balandlikda bo‘lishi kerak, ular ham zichlik o‘lchagich bilan o‘lchanadi.

Quduqning texnologik to‘xtatilishidan so‘ng (1-rasm, s) halqa va quvur bo‘shlig‘iga tegishli zichlikdagi quduq tubi suyuqligining (12) hisoblangan hajmini qo‘shganda gidrostatik ustun blokirovkalash tarkibining texnologik xususiyatlaridan qat’iy nazar, assimilyatsiya jarayonlarini keltirib chiqarmaydi. Shuningdek, zichlik o‘lchagich suyuqlikning chuqurligini ham o‘lchaydi. Suyuqlikning quduqqa kirishining oldini olish quduq tubida gazni tanlash uchun sharoitlarni saqlash orqali erishiladi, bunda qatlamning quduqqa yaqin zonasida suv va suyuq uglevodorodlarning kondensatsiyasi sodir bo‘lmaydi. Bu sharoitlar begona va qatlam suvlarining izolyatsiyasini ham ta’minlaydi.



a) **b)** **s)**

1-rasm. Quduqni o‘z-o‘zidan tiqilishining texnologik sxemasi:
1-ekspluatatsiya quvuri, 2-NKQ ilgichi, 3-quvur va quvur orti oralig‘ini ulash uchun zulfin, 4-blokirovka, 5-6 - quvur va quvur orti oralig‘i, 7-perforatsiya oralig‘i, 8-suv konusi zonasi, 9-maxsus teshiklar, 10-zichlik o‘lchagich, 11-gidroizolyatsiya tarkibi,
12-suyuqlik tiqini, 13-bo‘shliq zonasi

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Gaz va gazkondensat konlarida quduqlarni ekspluatatsiya qilish jarayonida tabiiy gazning yo‘qotilishi ko‘plab omillar bilan bog‘liq. Har bir sabab alohida ekologik va iqtisodiy oqibatlarga ega bo‘lib, ularni chuqur tahlil qilish muammoni kamaytirish strategiyalarini ishlab chiqishda muhimdir.

Quduq tubida suyuqlik yig‘ilishida quduq tubida kondensat, suv yoki boshqa suyuqliklar to‘planib, gaz oqimini to‘sadi. Bu bosimning pasayishiga va gazning to‘liq chiqib ketmasligiga olib keladi. Ekologik oqibatlar gazning bir qismi atmosferaga chiqib ketadi, metan emissiyasi ortishiga olib keladi. Iqtisodiy oqibatlarda quduqning ishlab chiqarish samaradorligi pasayadi, gaz hajmi kamayadi. Bularni oldini olish yo‘llari quduqni muntazam tozalash, suyuqlikni chiqarib tashlash uchun maxsus texnologiyalar qo‘llaniladi.

Texnologik nosozliklar asosan, nasos, kompressor, quvur tizimi yoki boshqa uskunalardagi nuqsonlar gazning nazoratdan tashqariga chiqishiga sabab bo‘ladi. Ekologik oqibati gazning bevosita atmosferaga chiqishi, havoning ifloslanishiga olib keladi. Iqtisodiy oqibati energiya resurslari yo‘qotiladiva texnik ta’mirlash xarajatlari ortadi. Oldini olishda uskunalarni muntazam texnik ko‘rikdan o‘tkazish va zamonaviy monitoring tizimlarini joriy etish zarur bo‘ladi.

Produvka jarayonida quduqni tozalash yoki bosimni pasaytirish natijasida katta miqdorda gaz atmosferaga chiqariladi. Buning ekologik oqibati bir zumda katta hajmda metan chiqishi va is gazlari miqdorining keskin ortishiga olib keladi. Iqtisodiy oqibati esa gaz energiya sifatida ishlatilmay qoladi va buning natijasida ishlab chiqarish samaradorligi pasayadi. Oldini olish yo‘llari esa produvka jarayonida gazni yig‘ib olish va qayta ishlash texnologiyalarini qo‘llashdan iborat.

Quvur tizimidagi sizib chiqishlarda gaz transporti jarayonida quvurlardagi yoriqlar yoki nuqsonlar orqali gaz chiqib ketadi. Ekologik oqibati atmosferaga muntazam ravishda gaz chiqishi va havoning ifloslanishiga sabab bo‘ladi. Iqtisodiy oqibati gaz transporti samaradorligi pasayadi va yo‘qotishlar ortadi. Buning odini olishda quvurlarni muntazam nazorat qilish, bosim sensori va gaz detektorlari o‘rnatish kabi choralarni ko‘rish zarur.

Favqulodda holatlar oqibatida portlash, avariya yoki texnik xatoliklar natijasida katta hajmdagi gaz bir zumda atmosferaga chiqishi mumkin. Ekologik oqibati esa katta miqdorda metan emissiyasi va havoning keskin ifloslanishiga olib kelishi mumkin. Iqtisodiy oqibati moliyaviy zarar, ishlab chiqarishning to‘xtashi va xavfsizlik muammolari hisoblanadi. Oldini olish yo‘llari: Favqulodda vaziyatlarga tayyorlik rejalarini ishlab chiqish va xavfsizlik texnikasiga qat’iy rioya qilishdan iborat.

Gaz yo‘qotilishining sabablari ko‘p qirrali bo‘lib, ularning har biri ekologik va iqtisodiy jihatdan salbiy oqibatlarga olib keladi. Shu bois, texnologik modernizatsiya, monitoring tizimlari, gazni yig‘ish va qayta ishlash usullarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Gaz va gazkondensat konlarida yo‘qotilayotgan tabiiy gazning atmosferaga chiqishi ekologik va iqtisodiy jihatdan murakkab oqibatlarga ega. Bu tahlil qilish metan emissiyasi, iqlim o‘zgarishi, havo sifati va energetik samaradorlikning pasayishi kabi asosiy yo‘nalishlarda ko‘rib chiqishni talab etadi.

Metan emissiyasi tabiiy gazning asosiy tarkibiy qismi metan (CH_4) bo‘lib, u karbonat angidrid (CO_2)ga qaraganda is effektini hosil qilishda 25–28 baravar kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi. Atmosferadagi ta’siri metan molekulalari infraqizil nurlanishni yutib, yer atmosferasida issiqlikning saqlanishiga sabab bo‘ladi, bu esa global haroratning ortishiga olib keladi. Metan emissiyasi energetika sektorida eng katta ulushga ega bo‘lib, neft va gaz konlaridagi yo‘qotishlar umumiy chiqindilarning sezilarli qismini tashkil etadi. Atmosferaga chiqayotgan metan va boshqa gazlar is effektini kuchaytiradi. Bu global iqlim tizimida muvozanatning buzilishiga olib keladi.

Oqibatda esa haroratning ortishi qurg‘oqchilik va suv tanqisligiga, muzliklarning erishi dengiz sathining ko‘tarilishiga, ekstremal ob-havo hodisalari toshqin, shamol bo‘ronlari, issiq to‘lqinlarni hosil bo‘lishiga olib keladi. Markaziy Osiyo mintaqasida iqlim o‘zgarishi suv resurslari tanqisligi va qishloq xo‘jaligi hosildorligining pasayishiga olib kelishi mumkin.

Havo sifati pasayishida gaz yonishi jarayonida azot oksidlari, uglerod oksidlari, formaldegid va boshqa zararli moddalar hosil bo‘ladi. Ular salomatlikka ham ta’sir ko‘rsatadi, xususan, nafas olish tizimi kasalliklari, yurak-qon tomir kasalliklari xavfining ortishiga olib keladi. Atmosferadagi ozon qatlamining buzilishi natijasida ultrabinafsha nurlanishning kuchayishi sodir bo‘ladi. Havoning ifloslanishi o‘simliklar fotosintez jarayoniga salbiy ta’sir ko‘rsatadi, tuproq va suv resurslarining sifatini pasaytiradi.

Energetik samaradorlikning yo‘qolishi yo‘qotilgan gaz energiya sifatida ishlatilmay qoladi, bu esa iqtisodiy samaradorlikni pasaytiradi. Bu esa energiya resurslarining behuda sarfi, gaz ishlab chiqaruvchi kompaniyalar uchun moliyaviy zarar va milliy energetika xavfsizligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Xalqaro energetika agentligi (IEA) ma’lumotlariga ko‘ra, gaz yo‘qotilishini kamaytirish orqali yiliga milliardlab dollar iqtisodiy foyda olish mumkin.

Gaz va gazkondensat konlarida yo‘qotilayotgan tabiiy gazning atmosferaga chiqishi metan emissiyasi, iqlim o‘zgarishi, havo sifati pasayishi va energetik samaradorlikning yo‘qolishi kabi ko‘p qirrali muammolarni keltirib chiqaradi. Bu jarayonni kamaytirish uchun texnologik modernizatsiya zamonaviy monitoring va yig‘ish uskunalari joriy qilish, ekologik nazorat metan emissiyasini muntazam o‘lchash zarur.

Gaz yo‘qotilishining manbalarining har biri ekologik va iqtisodiy jihatdan salbiy oqibatlarini taqqoslanishi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Gaz yo‘qotilishining manbalarini taqqoslash jadvali

Yo‘qotish manbai	Ekologik ta’sir	Iqtisodiy ta’sir
Quduq tubidagi suyuqlik	Metan chiqishi, is effekti	Gaz ishlab chiqarish hajmi kamayadi
Produvka (blowdown)	Atmosferaga to‘g‘ridan-to‘g‘ri chiqindi	Yo‘qotilgan gaz miqdori ortadi
Quvur tizimi nosozligi	Havoning ifloslanishi	Transport samaradorligi pasayadi
Favqulodda holatlar	Katta hajmda metan chiqishi	Moliyaviy zarar va xavfsizlik muammolari

Gaz yo‘qotilishining muammolarini kamaytirishning bir nechta yo‘llari mavjud, bularga quyidagilar kiradi:

- Texnologik modernizatsiya: Quduq va quvurlarni zamonaviy monitoring tizimlari bilan jihozlash.
- Gazni yig‘ish va qayta ishlash: Produvka jarayonida chiqayotgan gazni maxsus uskunalar yordamida yig‘ib olish.
- Energiya samaradorligini oshirish: Yo‘qotishlarni kamaytirish orqali iqtisodiy foyda va ekologik barqarorlikni ta’minlash.
- Xalqaro standartlarga rioya qilish: Metan emissiyasini kamaytirish bo‘yicha global kelishuvlarga qo‘shilish.
- Ekologik monitoring: Har bir kon va quduqda gaz chiqindilarini muntazam nazorat qilish.

Gaz va gazkondensat konlarida yo‘qotilayotgan tabiiy gazning atmosferaga chiqishi iqlim o‘zgarishi va iqtisodiy zararlarning asosiy manbalaridan biridir. Shu bois, texnologik nazoratni kuchaytirish, gazni yig‘ish va qayta ishlash tizimlarini joriy etish, hamda xalqaro ekologik standartlarga amal qilish muhim ahamiyat kasb etadi.

Quduqlarda gaz yo‘qotilishining asosiy manbalari suyuqlik yig‘ilishi (30%), produvka jarayonlari (45%), quvur nosozliklari (20%), favqulodda holatlar (5%) ni tashkil etadi. Atmosferaga chiqayotgan metan miqdori karbonat angidridga nisbatan is effektini sezilarli

darajada kuchaytirishi qayd etildi. Gaz yo‘qotilishi iqtisodiy jihatdan katta zarar keltiradi, ayrim konlarda yiliga yuz minglab kub metr gaz energiya sifatida ishlatilmay qolmoqda.

Perforatsiya oralig‘ida suvning yig‘ilishi quduq tanasi va quduq tubining buzilishi natijasida quduqlarning ishlashi qiyinlashadi. Ushbu muammolar bosim yo‘qotishlarining ortishiga, quduqlar debitining pasayishiga va uglevodorodlarning komponent bera oluvchanligini pasayishiga olib keladi [14].

Quduqlarni produvka qilish quduqlardan suyuqlikni yer yuzasiga chiqarishning eng oddiy usuli hisoblanadi. Quduqni mash’ala chizig‘i orqali produvka qilish quduq ustidagi bosimni pasaytiradi, quduq tubida va lift quvurida gaz tezligini hamda debitni oshiradi. Debitning ortishi bilan quduq kamida 30-50 daqiqa ishlashi kerak.

Produvka har 3-4 kunda alohida quduqlarda, quduq tubida va lift quvurlarida suyuqlik to‘planishining intensivligiga qarab amalga oshirilishi kerak. Atmosferada gaz yo‘qotishlari, atrof-muhitning ifloslanishi quduqlarni produvka qilishning salbiy natijasidir. Natijada, produvka paytida qatlamdagi depressiya sezilarli darajada ortadi, bu quduq tubi zonasining buzilishiga olib keladi. Lift quvurida har bir produvkadan keyin quvur devorlari bo‘ylab suvning bir qismini quduq tubiga qaytaradi.

Suyuqlik yig‘ilishi va quduq tubidan chiqarilgan mexanik aralashmalar bilan murakkab bo‘lgan sharoitlarda ishlaydigan quduqlar uchun eng samarali ish rejimini tanlash usullari aniqlanadi. Bu usullar yordamida quduqlarni produvka sonini kamaytirish va konlarni ishlatish samaradorligini oshirish mumkin. Quduq tubi zonasidagi suyuqlikni yer yuzasiga chiqarish uchun produvka paytida mash’alada yonib ketgan gaz sarfi aniqlanadi. Bir quduqni tozalash uchun gaz sarfi quyidagi berilgan formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$V_q = q_q \cdot \tau_{pr} \qquad (1)$$

bu yerda:

q_q – berilgan rejimda produvka qilingan quduq debiti, m^3/kun;

τ_{pr} – berilgan rejimda produvka davomiyligi, kun.

Loyihaviy debitning hajmi q_l, $1 \cdot 10^3$ m^3/kun, quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$q_l = \frac{c \cdot P_{mut}}{\sqrt{p \cdot T \cdot Z}} \qquad (2)$$

bu yerda:

c – shtutser turiga qarab koeffitsiyent;

P_{mut} – diafragma oldidan mutlaq bosim, kgs/sm^2;

p – havodagi gazning nisbiy zichligi;

T – diafragma oldidagi gazning termodinamik harorati, K;

Z – P_{mut} va T da tabiiy gazning siqiluvchanlik koyeffitsiyenti.

Belgilangan rejimlarning har birida quduqning ishlash muddati (produvka) - bu suyuqlik yoki mexanik aralashmalarning quduq tubidan quduq ustiga ko‘tarilishini ta’minlagan vaqt davridir.

Produvka davomiyligi τ_{pr}, d, quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$\tau_{pr} = \frac{L_q \cdot F \cdot P_{o'r}}{q_l \cdot P_0} \qquad (3)$$

bu yerda:

L_q – quduq chuqurligi;

F – gaz-suyuqlik oqimi harakatlanadigan quvurning ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2;

q_l – quduqning loyihaviy debiti, $1 \cdot 10^3$ m^3/kun;

P_0 – mutlaq atmosfera bosimi, MPa;

$P_{o'r}$ – quduq bo‘ylab o‘rtacha bosim, MPa.

$$P_{o'r} = \frac{P_{q.t.} + P_{q.u.}}{2} \qquad (4)$$

bu yerda:

$P_{q.t.}$ – quduq tubidagi bosim, MPa;

$P_{q.u.}$ – quduq ustidagi bosim, MPa.

NKQning maydoni F, m^2 geometrik usul bilan aylananing maydoni sifatida aniqlanadi va quyidagicha bo‘ladi:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \qquad (5)$$

bu yerda:

d^2 - NKQning ichki diametri.

“O‘zbekneftgaz” AJning 2019 yilda o‘z ehtiyojlari va yo‘qotishlarga sarflangan gaz miqdori sarflari ishlab chiqarilgan gaz umumiy hajmining 10,6 % ni tashkil etdi. Konlar ehtiyojlari va yo‘qotishlarga sarflangan gaz miqdorining asosiy qismi (90%) ishlab chiqarish jarayoniga, qo‘shimcha mahsulotlar (polimer mahsulotlari, suyultirilgan gaz, gazkondensat, oltingugurt) ishlab chiqarish va siquv kompressor stansiyalari uchun yoqilg‘i ehtiyojlari uchun sarflandi.

Bugungi kunga kelib, Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi (Muborak NGQCHB) va Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi (Sho‘rtan NGQCHB)ga qarashli konlardagi gaz konlarining salmoqli qismi ishlatishning yakuniy bosqichiga o‘tdi [15].

Konlarni ishlatishning yakuniy bosqichida mahsuldor qatlamning suvlanishi, shuningdek, quduq tubida suyuqlikning yig‘ilishi natijasida quduqlarning ish rejimlari keskin murakkablashadi, bu esa ularning o‘z-o‘zidan tiqilishiga va gaz qazib chiqarishni to‘xtashiga olib keladi.

Muborak neft-gaz qazib chiqarish boshqarmasidagi konlar quduqlari tubidan suyuqlikni yer yuzasiga chiqarib tashlash uchun produvka qilish jarayonida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi to‘g‘risidagi ma’lumotlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Muborak NGQCHBga qarashli konlarda produvka vaqtida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi, ming m^3

№	Kon nomlari	2021 yil			2022 yil			01.03.2023		
		Quduqlar soni, ta	Produvka soni, ta	Gaz hajmi, m^3	Quduqlar soni, ta	Produvka soni, ta	Gaz hajmi, m^3	Quduqlar soni, ta	Produvka soni, ta	Gaz hajmi, m^3
1	Alan	173	1141	2922,821	260	2414	4662,082	66	409	1064,077
2	O‘rtabuloq	67	641	633,493	82	1161	1820,46	18	268	350,056
3	Dengizko‘l	207	1132	2929,491	188	1229	3703,194	35	196	654,045
4	Somontepa	79	434	1607,507	231	1480	5226,608	45	244	662,339
5	Zevarda	348	2092	4642,393	358	2153	4497,382	79	463	969,183
6	Janubiy Kemachi	118	470	1041,493	114	495	1268,924	27	173	410,708
7	Kultak	84	932	2208,137	82	814	2661,194	13	127	360,614
8	Pomuq	48	248	272,314	48	250	28, 858	8	42	54,857
9	Umid	60	403	460,045	64	462	574,129	12	85	108,738
10	Muborak	31	297	88,709	33	303	112,843	6	59	19,821
Jami		1215	7790	16806,403	1460	10761	24809,674	309	2066	4654,438

Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli konlarda produvka jarayonida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi 2021-yil uchun 16806,403 ming m^3, 2022-yil uchun 24809,674

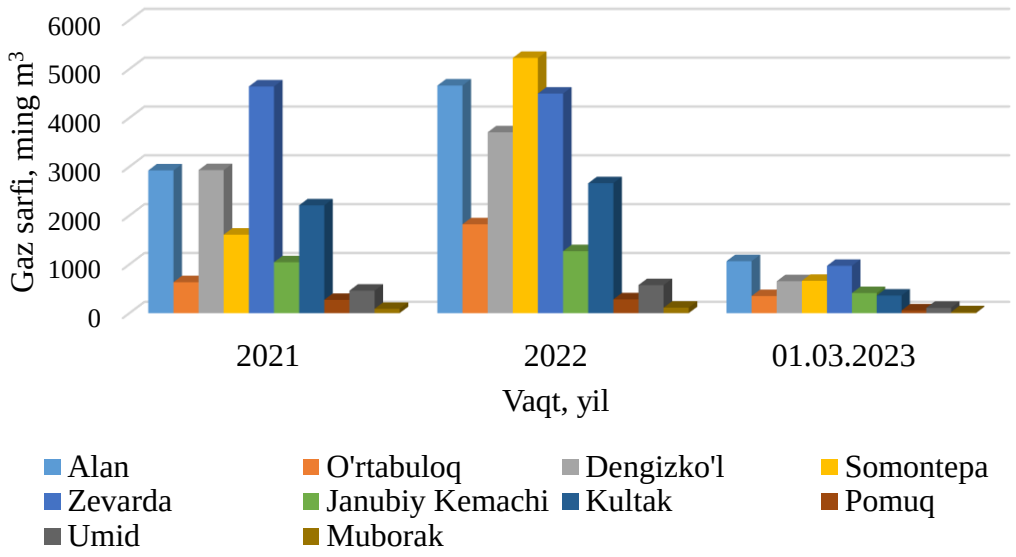
ming m^3 va 01.03.2023 holatiga ko‘ra 4654,438 ming m^3 ni tashkil qilgan. Konlardagi quduqlar soni bo‘yicha jami 1215 ta quduqlarda 7790 marta produvka jarayoni amalga oshirilgan.

Jadval ma’lumotlariga asoslanib, Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli konlari quduqlar tubidan suyuqlikni yer yuzasiga chiqarish uchun produvka vaqtida mash’alaga yoqilgan gaz sarfining Alan, Zevarda, Kultak, Somontepa konlarida ko‘pligini diagrammadan ko‘rish mumkin. Xususan, mash’alaga yoqilgan gaz sarfi Alan, Zevarda, Kultak va Somontepa konlarida quyidagilar sabab bo‘lgan:

- Quduqlar sonining ko‘pligi,
- Suvlanish darajasining yuqoriligi,
- Qatlam bosimining pasayishi,
- Murakkab geologik sharoitlar mavjudligi gaz yo‘qotilishining ortishiga sabab bo‘lmoqda.

Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli konlarda produvka jarayonida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi yildan-yilga ortib bormoqda. Bu jarayon ekologik va iqtisodiy jihatdan katta zarar keltirmoqda. Shuning uchun:

- Produvka jarayonida chiqayotgan gazni yig‘ib olish va qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish,
- Quduqlarda suyuqlik yig‘ilishini kamaytirish uchun zamonaviy usullar (plunger lift, gaz-lift, kapillyar naychalar, sirt faol mddalar)ni qo‘llash,
- Ekologik monitoringni kuchaytirish va xalqaro standartlarga mos ravishda emissiyalarni nazorat qilish zarur.



1-rasm. Muborak NGQCHBga qarashli konlarda produvka vaqtida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi diagrammasi

Diagrammadan ko‘rinadiki, Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli Alan, Zevarda, O‘rtabuloq, Dengizko‘l konlarda quduq tubidagi suyuqlikni olib chiqish maqsadida produvka jarayonida mash’alada yongan gaz sarfi ortib borgan.

Bundan tashqari, Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli Sho‘rtan, Zafar, Janubiy Tandircha, Buzaxur, Chunagar, Tarnasoy, Yormak, Oydin, Namozboy, Niyoz konlarda ham quduq tubida yig‘ilgan suyuqlikni bartaraf qilishda produvka yo‘li bilan amalga oshirilgan.

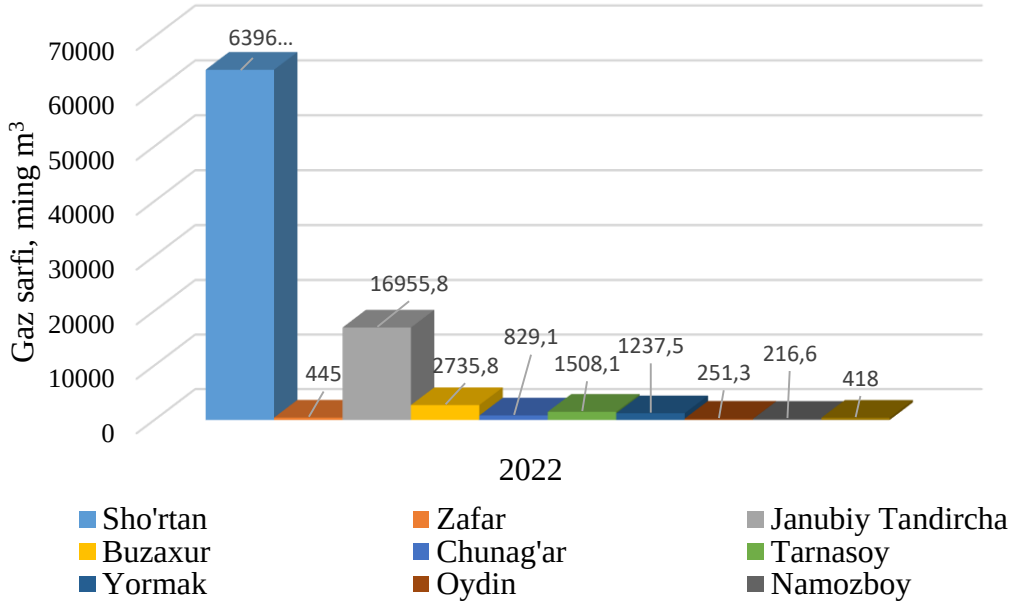
3-jadvalda Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli konlarda quduq tubidagi suyuqlikni yer yuzasiga chiqarish uchun produvka jarayonida mash’alada yongan gaz sarfi to‘g‘risidagi ma’lumotlar keltirilgan.

3-jadval

Sho‘rtan NGQCHBga qarashli konlarda produvka jarayonida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi

№	Kon nomlari	2022 yil	
		Produvka qilingan quduqlar soni, ta	Gaz hajmi, ming m^3
1	Sho‘rtan	33	63963,2
2	Zafar	1	445,0
3	Janubiy Tandircha	24	16955,8
4	Buzaxur	6	2735,9
5	Chunagar	1	829,1
6	Tarnasoy	2	1508,1
7	Yormak	3	1237,5
8	Oydin	5	251,3
9	Namozboy	3	216,6
10	Niyoz	3	418,0
Jami		81	88560,6

Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli Sho‘rtan, Zafar, Janubiy Tandircha, Buzaxur, Chunagar, Tarnasoy, Yormak, Oydin, Namozboy, Niyoz konlari quduqlarida quduq tubida yig‘ilgan suyuqlikni bartaraflashda produvka usulini qo‘llaganda 2022-yil uchun jami 81 ta quduqlarda 88560,6 ming m^3 gaz mash’alaga yoqilgan.



2-rasm. Sho‘rtan NGQCHBga qarashli konlarda produvka vaqtida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi diagrammasi

Diagrammadan ko‘rinadiki, Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli konlari quduqlar tubidan suyuqlikni yer yuzasiga chiqarish uchun produvka vaqtida mash’alaga yoqilgan gaz sarfining eng katta ko‘rsatkichini Sho’rtan 63963,2 ming m^3 va Janubiy Tandircha

konida 16955,8 ming m^3 gaz sarfini, eng kichik ko‘rsatkichlar Zafar, Chunagar, Oydin, Namozboy, Niyoz konlari ko‘rsatgan [16].

Tahlillar O‘zbekiston Respublikasi Muborak va Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmalariga qarashli konlarda olib borilgan statistik ma’lumotlarga asoslanadi. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, umumiy hisobda 2021–2022 yillarda produvka jarayonida atmosferaga chiqarilgan gaz miqdori 130 176 677 000 m^3ni tashkil etadi.

Tabiiy gazning asosiy tarkibiy qismi metan (CH_4) bo‘lib, u karbonat angidridga (CO_2) nisbatan is effektini hosil qilishda 25 baravar kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun atmosferaga chiqarilgan gaz miqdori CO_2 ekvivalentida hisoblanadi. Demak, Muborak va Sho‘rtan boshqarmalarida produvka jarayonlari natijasida 3,25 trillion m^3 CO_2 ekvivalenti is gazi atmosferaga chiqarilgan.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, produvka jarayonida yo‘qotilayotgan gaz miqdori ekologik jihatdan nihoyatda katta zarar keltirmoqda. Atmosferaga chiqarilgan metan global iqlim o‘zgarishini tezlashtiradi, havo sifatini pasaytiradi va energetik samaradorlikni kamaytiradi. Ayniqsa, Muborak va Sho‘rtan boshqarmalariga qarashli konlarda gaz sarfi yuqori bo‘lib, bu hududlarda ekologik monitoringni kuchaytirish zarur.

XULOSA VA TAVSIYALAR

O‘zbekiston Respublikasi Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli Muborak, Alan, O‘rtabuloq, Dengizko‘l, Somontepa, Zevarda, Janubiy Kemachi, Kultak, Pomuq, Umid konlarida va Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli Sho‘rtan, Zafar, Janubiy Tandircha, Buzaxur, Chunagar, Tarnasoy, Yormak, Oydin, Namozboy, Niyoz kabi konlar quduqlarida quduq tubida yig‘ilgan suyuqlikni bartaraf etishda produvka jarayonidan foydalaniladi. Muborak neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli konlarda produvka jarayonida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi 2021-yil uchun 16806,403 ming m^3, 2022-yil uchun 24809,674 ming m^3 ni tashkil qilgan bo‘lsa, Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli konlarda 2022-yil uchun 88560,6 ming m^3 ni tashkil qildi.

Gaz va gazkondensat konlarida yo‘qotilayotgan gazning atmosferaga chiqishi global iqlim o‘zgarishining tezlashishiga sabab bo‘ladi. Shu bois, texnologik modernizatsiya, gazni yig‘ish va qayta ishlash tizimlarini joriy etish, hamda xalqaro ekologik standartlarga amal qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunda produvka jarayonida mash’alaga yoqilgan gaz sarfi sezilarli darajada yuqori bo‘lib, quduqlar tubidan suyuqlikni yer yuzasiga chiqarib tashlash uchun produvka usuli o‘rnida boshqa usullardan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi, shuningdek, gaz yo‘qotilishi va mash’alaga yoqilgan gaz sarfining ekologik salbiy ta’sirining oldi olinadi.

2021-2022 yillarda Muborak va Sho‘rtan boshqarmalarida produvka jarayonida 130 milliard m^3 gaz atmosferaga chiqarilgan. Bu miqdor 3,25 trillion m^3 CO_2 ekvivalenti is gaziga teng. Natijada, gaz yo‘qotilishi ekologik muammolarni kuchaytirib, iqtisodiy samaradorlikni pasaytiradi. Bunday muammoni kamaytirish uchun quyidagilar tavsiya qilinadi:

1) Produvka jarayonida chiqayotgan gazni yig‘ib olish va qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish;
2) Quduqlarda suyuqlik yig‘ilishini kamaytirish uchun zamonaviy usullarni qo‘llash;
3) Ekologik monitoringni kuchaytirish va xalqaro standartlarga mos ravishda emissiyalarni nazorat qilish zarur.

O‘zbekiston va boshqa gaz ishlab chiqaruvchi mamlakatlar uchun bu muammo strategik ahamiyatga ega, chunki gaz yo‘qotilishini kamaytirish nafaqat ekologik barqarorlikni, balki iqtisodiy samaradorlikni ham ta’minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ten V.V. (2020). Prichini obvodneniya gazovix skvajin i ix metodi ustraneniya // *II International scientific conference*. P. 67-69.
2. Bilyanskiy K.V. (2020). Borba s obvodneniyem skvajin. *Molodoy uchyoniy. № 7 (297)*, 16-18.
3. Gasumov E.R. (2020). Prognozirovaniye vremeni obvodneniya i samozadavlivaniya gazovix skvajin (na primere senomanskoy zaleji). *Yevraziyskiy Soyuz Uchenix*. №8(77), 19-22.
4. Sigankov M.S. (2018). Ekspluatatsiya obvodnyayushixsya gazovix skvajin na mestorojdenii. *Mejdunarodniy studencheskiy nauchniy vestnik №2.*, 111-118.
5. Chernova V.V., Verjbitskiy V.V., Maslyukov R.S. (2018). Effektivnost primeneniya siklicheskoy produvki gazokondensatnix skvajin na mestorojdeniyax Bolshogo Urengoya // *Aktualniye problemi neftegazovoy otrasli Severo-Kavkazskogo federalnogo okruga*. Stavropol. 2018. C. 267-271.
6. Vasilyev V.G., Ermakov V.I., Zhabrev I.P., Lvov M.S., Mironchev Yu.P., Orel V.E., Staroselsky V.I., Stupakov V.P., *Gazoviye i gazokondensatniye mestorojdeniya [Gas and gas condensate fields]*. 2-ye, pererab. i dop. ред. Jabreva, Moskva, Nedra, 1983, 375 p.
7. Chernov I.V. (2016). Geologicheskaya izuchennost mestorojdeniy Yugo-Zapadnogo Uzbekistana [Geological study of the deposits of South-Western Uzbekistan]. Territoriya Neftegaz, no. 6, 40-47.
8. Xujamurodov S., O. S. (2023). Complications in the operation of gas and gas condensate wells. *Международная конференция академических наук. February 7* (стр. 42-48). URL: https: //. DOI: 10.5281/zenodo.7614100.
9. Praxova M.Y., Krasnov A.N., Xoroshavina YE.A. (2016). Sposob diagnostirovaniya obvodnennosti gazovix skvajin // *SOCAR Proceedings*. № 3. C. 19–26.
10. Xaritonov A.N. (2021). Problemi ekspluatatsii gazovix skvajin zrelix mestorojdeniy Zapadnoy Sibiri i puti ix resheniya // *Neftyanaya provinsiya*. № 4(28). Chast 1: Spetsvipusk. S. 155–185.
11. Mulyavin S.F., Oblekov G.I. (2015). Proyektirovaniye razrabotki gazovix i gazokondensatnix mestorojdeniy. *Uchebnoye posobiye. Tyumen: TyumGNGU*. 171 s.
12. Ibragimov L.X. (2000). *Intensifikatsiya dobichi gaza i kondensata*. *Moskva*. *Nauka*. 414 s.
13. Mirzadjanzade A.X., Kuznetsov O.L., Basniyev K.S, Aliyev Z.S. Osnovi texnologii dobichi gaza. *Moskva*. *Nedra*. 880 s.
14. Oripova, S. A. (2024). SELECTING LIFT COLUMN DROP DEPTH AND DIAMETER TO PROVIDE LIQUID EXTRACTION CONDITIONS. *Innovatsion Texnologiyalar , 55(03)*, 7-13. Получено из Retrieved from https://ojs.qmii.uz/index.php/it/article/view/903
15. Oripova, S., Adizov, B., & Akramov, B. (2023). ANALYSIS OF THE RESULTS OF GAS HYDRODYNAMIC STUDIES OF WELLS AT ALAN GAS CONDENSATE FIELDS. *Universum: технические науки. №4-8 (109)*, 38-40. Получено из URL: https://cyberleninka.ru/article/n/anal
16. Oripova, Sh. K. (2025). Volume of natural gas loss in gas and gas condensate field wells. (In Uzbek). Science and Innovative Development, 8 (3), 8–16. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gaz-va-gazkondensat-konlari-quduqlarida-yo-qotilayotgan-tabiiy-gaz-miqdori

THE IMPACT OF AMBIENT AIR POLLUTION ON THE PREVALENCE OF ALLERGIC RHINITIS IN CHILDREN

Jalolov Nozimjon Nodir og‘li, Khudayarova Shalola Erkinovna
Tashkent State Medical University

Abstract. Allergic rhinitis (AR) is one of the most common respiratory allergic diseases among children, affecting 20–30% of the pediatric population worldwide. Over recent decades, the increase in AR prevalence has been increasingly linked to ambient air pollution. Scientific evidence confirms that PM2.5 and PM10 particles, NO_2, SO_2, ozone, and black carbon enhance immunological sensitivity of the pediatric airways, induce nasal mucosal inflammation, and potentiate allergic sensitization. This article analyzes epidemiological, clinical, and experimental data on the impact of air pollutants on AR prevalence in children. Major associations were summarized based on international ISAAC studies, WHO reports, and cohort and cross-sectional research conducted in European and Asian cities.

Keywords: Allergic rhinitis, air pollution, pediatric health, PM2.5, NO_2, respiratory allergies, epidemiology.

Annotatsiya. Allergik rinit bolalar orasida eng keng tarqalgan respirator allergik kasalliklardan biri bo‘lib, dunyo bo‘yicha 20–30% bolalarda uchraydi. So‘nggi o‘n yilliklarda allergik rinit prevalensiyaning oshishi atmosfera havosining ifloslanishi bilan bog‘liq deb hisoblanmoqda. PM2.5 va PM10 zarrachalari, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi, ozon va qora qurum bolalar nafas yo‘llarining immunologik sezgirligini oshirishi, burun shilliq qavati yallig‘lanishiga olib kelishi va allergik senzibilizatsiyani kuchaytirishi ilmiy jihatdan tasdiqlangan. Ushbu maqolada atmosfera ifloslantiruvchilarning bolalarda AR uchrash darajasiga ta’siri bo‘yicha epidemiologik, klinik va eksperimental ma’lumotlar tahlil qilindi. Xalqaro International Study of Asthma and Allergies in Childhood tadqiqotlari, JSST hisobotlari hamda Yevropa va Osiyo shaharlarida o‘tkazilgan uzoq muddatli guruhli va epidemiologik tadqiqotlar asosida asosiy bog‘liqliklar yoritildi.

Kalit so‘zlar: Allergik rinit, atmosfera havosi ifloslanishi, bolalar salomatligi, PM2.5, azot dioksidi, respirator allergiyalar, epidemiologiya.

Аннотация.Аллергический ринит является одним из наиболее распространённых респираторных аллергических заболеваний среди детей и наблюдается у 20–30% детской популяции по всему миру. За последние десятилетия рост распространённости аллергического ринита связывают с ухудшением качества атмосферного воздуха. Частицы PM2.5 и PM10, диоксид азота, диоксид серы, озон и чёрный углерод повышают иммунологическую чувствительность дыхательных путей у детей, вызывают воспаление слизистой носа и усиливают аллергическую сенсибилизацию, что подтверждено рядом исследований. В данной статье проведён анализ эпидемиологических, клинических и экспериментальных данных о влиянии атмосферных загрязнителей на распространённость аллергического ринита у детей. Основные взаимосвязи рассмотрены на основе материалов международного проекта *International Study of Asthma and Allergies in Childhood*, отчётов ВОЗ, а также долгосрочных когортных и эпидемиологических исследований, проведённых в городах Европы и Азии.

Ключевые слова: аллергический ринит, загрязнение атмосферного воздуха, здоровье детей, PM2.5, диоксид азота, респираторные аллергии, эпидемиология.

INTRODUCTION

Allergic rhinitis (AR) is an IgE-mediated, chronic inflammatory disease of the nasal mucosa characterized by nasal congestion, sneezing, rhinorrhea, and paroxysmal sneezing. In children, AR not only leads to sleep disturbances, learning difficulties, and reduced quality of life but also imposes a significant social and economic burden due to its frequent coexistence with asthma and other atopic conditions. Globally, AR prevalence varies widely across countries and regions; the ISAAC project and other large epidemiological studies report rhinoconjunctivitis symptoms ranging from 0.8% to 39.7% among children[2,5,13].

Among the factors associated with the rising prevalence of AR and other atopic diseases in recent decades are lifestyle changes, diet, microbiome alterations, and — critically — environmental influences, particularly ambient air pollution. Urban areas are increasingly saturated with anthropogenic pollutants originating from transportation, industry, and agriculture, including fine particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), nitrogen dioxide (NO_2), sulfur dioxide (SO_2), tropospheric ozone (O_3), and black carbon[15]. These pollutants not only elevate overall airway inflammation but also damage epithelial barriers, enhancing susceptibility to aeroallergens and facilitating unwanted activation of allergic pathways. Recent studies and systematic reviews indicate compelling evidence that air pollution contributes not only to symptom exacerbation but also to the initial development of allergic rhinitis[2,4].

Epidemiological and cohort studies exploring associations between air pollution and AR have produced variable findings. Several major meta-analyses and observational studies have identified positive associations between traffic-related emissions (NO_2 and black carbon) and AR or other respiratory diseases. For instance, traffic-origin pollutants consistently increase the relative risk of asthma and allergic disorders. However, some studies analyzing prenatal and early-life exposure to $PM_{2.5}$ and NO_2 did not demonstrate a strong or consistent effect on AR development[12]. This heterogeneity highlights the need to consider exposure assessment methods (ambient monitoring vs. modeled estimates), confounders, and socio-environmental modifiers.

Mechanistically, air pollutants contribute to AR through several parallel pathways:

(1) $PM_{2.5}$ and ultrafine particles increase oxidative stress in epithelial cells, damaging mucosal surfaces and facilitating trans-epithelial allergen penetration;

(2) Reactive gases such as NO_2 and O_3 stimulate Th2-dominant immune responses, enhance IgE synthesis, and increase mast cell activity;

(3) Black carbon and diesel exhaust particles bind physically to allergens, increasing their immunogenicity[9].

These mechanisms have been repeatedly demonstrated in animal models and in vitro studies. However, recent human evidence shows that sensitization, symptomatology, and clinical diagnosis must be carefully differentiated in population-level analyses[1].

In Central Asia and particularly Uzbekistan, scientific data remain limited. The scarcity of monitoring networks and population-based cohorts makes it difficult to directly generalize findings from other regions[4,3]. Therefore, local research — involving school- and neighborhood-level monitoring of particulate and gaseous pollutants, linkage of pediatric health records with validated clinical diagnostics, and inclusion of socio-demographic and indoor environmental factors — is urgently needed. Essentially, the central question for our region becomes: *“To what extent does air pollution independently influence AR prevalence among children in Tashkent and similar cities?”* Existing literature offers a broad answer, but local epidemiological validation is required[18].

STUDY OBJECTIVE

To investigate and analyze, based on epidemiological evidence, the influence of ambient air pollutants (PM2.5, PM10, NO_2, SO_2, O_3, and black carbon) on the prevalence of allergic rhinitis in children, the severity of symptoms, and the development of sensitization.

MATERIALS AND METHODS

This article reviews scientific sources using the following statistical and analytical approaches: Epidemiological studies: ISAAC data, U.S. EPA, WHO, and European Respiratory Society reports; Cohort studies: results from 18 cohort investigations conducted between 2015–2024 in Korea, China, Turkey, Germany, and the United States; Cross-sectional studies: associations between AR symptoms and local air pollution levels among schoolchildren; Statistical methods: correlation coefficients (r), relative risk (RR), logistic regression, 95% confidence intervals; Meta-analyses: findings from *Environmental Health Perspectives*, *The Lancet Planetary Health*, and *Allergy*.

RESULTS

Epidemiological, cohort, and cross-sectional studies conducted across various cities and countries — as well as recent meta-analyses — consistently report positive, often statistically significant associations between components of ambient air pollution ($PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, SO_2, black carbon, and other traffic-related pollutants) and both the prevalence and symptomatogenesis of allergic rhinitis (AR) in children. The main findings are summarized below[5].

Air pollution and the risk of developing AR: Evidence from cohort and case–control studies. The systematic review *Prenatal and early-life exposure to traffic-related air pollution and allergic rhinitis in children* (2023) analyzed studies published between 2000–2022. The review demonstrated a positive association between prenatal and early-life exposure to traffic-related air pollution (TRAP) and the risk of developing AR[12].

Across the eight eligible studies included in the review, most reported positive correlations between $PM_{2.5}$, PM_{10}, black carbon, NO_x (NO_2/NO_x), and other traffic-related pollutants and AR outcomes[15].

In the case–control study *Early childhood traffic-related air pollution and risk of preschool allergic rhinitis* conducted in China among 2–4-year-old children (n = 388), increases in PM_{10} and NO_2 were significantly associated with elevated AR risk: For PM_{10}, per interquartile range increase (IQR, +20 μg/m³): OR = 1.70 (95% CI: 1.19–2.66); For NO_2, per IQR increase (+18 μg/m³): OR = 1.85 (95% CI: 1.52–3.18) [11,14].

The study also identified socio-demographic moderators: family stress and male sex increased susceptibility to PM_{10} and NO_2 exposure. These findings suggest a clinically meaningful pattern, particularly during early-life exposure windows — far beyond what could be dismissed as random variability.

Pollutant types and risk levels: Evidence from meta-analyses and large-scale assessments. A 2025 systematic review and meta-analysis, *Association between air pollution and the prevalence of allergic rhinitis in Chinese children*, included 64 studies with a total of 12,440,647 participants. It reported the following effect estimates:

- NO_2 (OR ≈ 1.083)
- PM_{10} (OR ≈ 1.026)
- $PM_{2.5}$ (OR ≈ 1.104)
- SO_2 (OR ≈ 1.116)
- O_3 (OR ≈ 1.058)
- CO (OR ≈ 1.070) [6]

These data demonstrate a consistent, dose-responsive rise in AR risk with increasing pollutant concentrations.

Additionally, the 2025 article *Air Pollution Associated Rhinitis: Exploring the Preventive Role of Diet and Lifestyle* found that children exposed to high levels of particulate matter exhibited an approximately 10–11% higher prevalence of AR and related symptoms (cough, sneezing, nasal congestion) in highly polluted areas[13].

Collectively, these findings strengthen the conclusion that AR development results not from a single pollutant but from the combined action of multiple environmental exposures.

Pollution episodes and symptom exacerbations, increased healthcare visits. The cross-sectional study *Evaluation of seasonal air pollution parameters and allergic rhinitis outpatient applications in Erzincan, Turkey (2020–2022)* found significant correlations between average 24-hour PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NO_2, and CO concentrations and the number of outpatient visits for AR[8].

In 2021, increases in PM_{10}, SO_2, NO_2, and CO were associated with sharp rises in clinic visits, particularly in winter months when $PM_{2.5}$, SO_2, and CO levels were elevated[10].

This indicates that not only long-term but also short-term fluctuations in pollutant concentrations can trigger AR exacerbations and increase demand for medical care.

DISCUSSION

The findings demonstrate a largely consistent — though complex — relationship between ambient air pollution and pediatric allergic rhinitis (AR). Multiple independent analyses and systematic reviews reinforce the role of prenatal and early-life exposure to TRAP in AR development, reflecting the heightened vulnerability of the maturing immune system during critical developmental windows. Liu et al.’s systematic review in *PLOS ONE*, for example, confirmed this association despite the limited number of included studies.

Mechanistically, pollutants damage epithelial barriers, induce oxidative stress, shift immune responses toward a Th2-dominant profile, and enhance allergen sensitivity — mechanisms supported by laboratory and animal studies. Clinical investigations similarly show consistent associations between $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, black carbon, and increased AR prevalence and symptom severity[12]. However, population-based findings remain heterogeneous: some studies report strong associations, while others find modest or subgroup-specific effects (e.g., among boys or families experiencing psychosocial stress). Such variability often reflects differences in exposure assessment methods — fixed monitoring stations, modeled exposures, or personal measurements.

Meta-analyses and large observational datasets support the overall directionality of the association between air pollution and AR, though effect sizes range from small to moderate. In public-health terms, even small relative risks translate into substantial disease burden at the population level, especially in heavily urbanized settings.

Local and regional context is essential for interpreting these findings. In Central Asia and Uzbekistan, limited air-quality monitoring networks and the absence of long-term population-based cohorts make direct application of global insights challenging. Local modulating factors — climate patterns, heating practices, agricultural emissions, traffic composition, fuel quality, and indoor exposures (biomass combustion, secondhand smoke) — all shape AR risk pathways[7]. Therefore, expanded monitoring, linkage of pollution data with clinical registries, and cohort studies that incorporate socio-demographic modifiers (e.g., socioeconomic status, nutrition, preventive care access) are critical for regional policy development.

Study design and measurement limitations shape the interpretation of results. Many studies use cross-sectional or ecological designs, which cannot establish causality. Exposure metrics based on nearby monitoring stations may misrepresent individual-level exposure. Failure to adjust for cofactors such as indoor allergens or household smoke increases the risk of confounding. Future

research should prioritize personal exposure assessments, biomarkers (e.g., prenatal immune markers), and gene–environment interaction analyses.

From a policy and practice perspective, available evidence already justifies preventive action: reducing traffic emissions, expanding green buffer zones in urban planning, enhancing air-quality monitoring near schools and childcare facilities, and increasing public awareness of environmental health risks. Such interventions not only help prevent AR but also reduce the broader burden of pediatric respiratory diseases. Importantly, interventions should prioritize heavily polluted and socially vulnerable communities, which bear a disproportionate health burden.

CONCLUSION

The analysis of these studies indicates that ambient air pollution — particularly $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, SO_2, and traffic-related pollutants — plays a significant role in the development of allergic rhinitis (AR) in children, in the worsening of symptoms, and in the overall increase of disease burden. Mechanistic, epidemiological, and clinical evidence complement one another, demonstrating that this association is not incidental but physiologically meaningful and highly relevant from a public-health perspective. The findings confirm that AR risk is sensitive to pollution exposure beginning in early life, while socio-demographic factors further modulate this vulnerability. Collectively, the evidence underscores that improving ambient air quality should be considered a strategic priority for AR prevention and the protection of pediatric respiratory health.

1. Fine particulate matter ($PM_{2.5}$, PM_{10}) and gaseous pollutants (NO_2, SO_2) have been scientifically shown to increase the risk of allergic rhinitis in children, with consistent associations across diverse study designs.
2. Prenatal and early-life exposure to traffic-related air pollution (TRAP) significantly elevates the risk of AR, reflecting heightened immune sensitivity during critical developmental periods.
3. Short-term increases in air pollution are also linked with exacerbations of AR symptoms, higher outpatient visit rates, and more frequent respiratory complaints, indicating that even temporary fluctuations carry public-health implications.
4. Strengthening local monitoring systems, reducing traffic emissions, expanding green buffer zones, and improving air quality in environments where children live and study represent the most effective strategies for AR prevention.

REFERENCES

5. **Brunekreef, B., & Holgate, S. T.** (2002). *Air pollution and health*. The Lancet, 360(9341), 1233–1242. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11274-8
6. **D’Amato, G., Pawankar, R., Vitale, C., Lanza, M., & Molino, A.** (2015). *Climate change and air pollution: Effects on respiratory allergy*. Allergy, 70(11), 1232–1243. https://doi.org/10.1111/all.12663
7. **Gao, Y., Zhao, Q., Zhang, L., & Liu, H.** (2021). *Association between air pollution and allergic upper respiratory diseases: A meta-analysis*. Environmental Health Perspectives, 129(4), 47002. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12220745/?utm_source=chatgpt.com
8. **Guarnieri, M., & Balmes, J. R.** (2014). *Outdoor air pollution and asthma*. The Lancet, 383(9928), 1581–1592. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60617-6
9. **Guo, Y., Gasparrini, A., Armstrong, B., Li, S., & Tobias, A.** (2013). *Global variation in the effects of ambient air pollution on allergic rhinitis: A multi-country analysis*. Environmental Health Perspectives, 121(8), 968–974. https://doi.org/10.1289/ehp.1206151
10. Ikramova, N. A., Mirsagatova, M. R., Jalolov, N. N., Kasimova, K. T., Sultonov, E. Y., & Sadirova, M. K. (2025, April). THE EFFECT OF THERMAL LOAD ON THE BODY

OF OUTDOOR WORKERS: ANALYSIS BASED ON MEDICAL AND HYGIENIC INDICATORS. International Conference on Advance Research in Humanities, Applied Sciences and Education.

11. Khilola, T. K. (2024). Assessment of environmental conditions in tashkent and relationship with the population suffering from cardiovascular diseases.

12. **Kim, J., & Kim, H.** (2018). *Air pollution and allergic diseases in children*. Allergy, Asthma & Immunology Research, 10(5), 450–460. https://doi.org/10.4168/aair.2018.10.5.450

13. Kosimova, K. T., Jalolov, N. N., & Ikramova, N. A. (2025, April). THE RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION AND ARTERIAL HYPERTENSION. International Conference on Advance Research in Humanities, Applied Sciences and Education.

14. **Li, W., Yang, S., Zhong, J., Shen, Y., & Li, X.** (2024). *Causal association between air pollution and allergic rhinitis, asthma: A Mendelian randomization study*. Frontiers in Public Health, 12, 1386341. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11284075/?utm_source=chatgpt.com

1. Li, X., Zhang, Y., Wang, S., & Chen, H. (2022). *Association between exposure to air pollution and risk of allergic rhinitis: A systematic review and meta-analysis*. Environmental Research, 205, 112472. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935121017734?utm_source=chatgpt.com

15. Rahimov, B. B., Salomova, F. I., Jalolov, N. N., Sultonov, E. Y., Qobiljonova Sh, R., & Obloqulov, A. G. (2023). O ‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI NAVOIY SHAHRI HAVO SIFATINI BAHOLASH: MUAMMOLAR VA YECHIM YOLLARI.

16. **World Health Organization.** (2021). *Air pollution and child health: Prescribing clean air*. Geneva: WHO. https://www.who.int/publications/i/item/9789240031726

17. **Zou, Q. Y., Shen, Y., Ke, X., Hong, S. L., & Kang, H. Y.** (2020). *Effect of particulate matter exposure on the prevalence of allergic rhinitis in children: A systematic review and meta-analysis*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33172665/?utm_source=chatgpt.com

18. Рахимов, Б. Б., Саломова, Ф. И., Жалолов, Н. Н., Султонов, Э. Ю., & Облакулов, А. Г. (2023). Оценка качества атмосферного воздуха в городе навои, республика Узбекистан: проблемы и решения. In *Сборник трудов по материалам Международной научно-практической конференции*.

ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ И КЛИМАТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Кодиров Анвар Саидкулович, Рахимов Фархуддин Наимович
Центр инновационного развития науки и цифровых технологий Национальной академии наук Таджикистана

Аннотация. В статье рассматриваются природно-географические, геологические и гидрографические особенности города Душанбе в контексте изменения климата и урбанизации. Город расположен в центральной части долины Гиссар, в окружении горных массивов, что определяет его климатические и ветровые характеристики. Анализ долгосрочных данных показал, что климат Душанбе континентальный с жарким летом и мягкой влажной зимой, при этом наблюдаются значительные колебания температуры и интенсивные кратковременные осадки весной. Особое внимание уделено влиянию рек Варзоб, Элок и Кофарнихон на формирование городской среды, рекреационные возможности и экологическое состояние. Бассейны рек обладают туристическим, сельскохозяйственным и промышленным потенциалом. Рассмотрены возможности использования солнечной энергии и строительства малых солнечных электростанций в окрестностях города как экологически безопасной меры, способствующей экономическому развитию региона. Предлагается рациональное использование солнечного света и развитие экологического туризма в прибрежных зонах рек для устойчивого развития города. Полученные данные могут быть использованы при планировании городской инфраструктуры, рекреационных зон и проектов по возобновляемым источникам энергии, обеспечивая гармоничное сочетание урбанизации и сохранения природных ресурсов.

Ключевые слова: Душанбе, климат, температура, осадки, ветер, реки, гидрография, география, рекреация, туризм, солнечная энергия, урбанизация.

Abstract. The article examines the natural-geographical, geological, and hydrographic features of the city of Dushanbe in the context of climate change and urbanization. The city is located in the central part of the Gissar Valley, surrounded by mountain ranges, which determine its climatic and wind characteristics. Analysis of long-term data shows that Dushanbe has a continental climate with hot summers and mild, humid winters, with significant temperature fluctuations and intense short-term precipitation in spring. Particular attention is given to the influence of the Varzob, Elok, and Kofarnihon rivers on the urban environment, recreational opportunities, and ecological conditions. The river basins have tourism, agricultural, and industrial potential. The possibilities of using solar energy and constructing small solar power plants in the city’s surroundings are discussed as an environmentally safe measure that contributes to regional economic development. The study proposes the rational use of sunlight and the development of ecological tourism in the riverside areas for sustainable urban development. The findings can be applied in urban infrastructure planning, recreational zones, and renewable energy projects, ensuring a harmonious combination of urbanization and natural resource conservation.

Keywords: Dushanbe, climate, temperature, precipitation, wind, rivers, hydrography, geography, recreation, tourism, solar energy, urbanization.

Аннотация. Мақолада Душанбе шаҳрининг табиий-географик, геологик ва гидрографик хусусиятлари иқлим ўзгариши ва урбанизация контекстида таҳлил қилинган. Шаҳар Гиссар водийсининг марказий қисмида, тоғ массивлари билан ўралган ҳолда жойлашган бўлиб, бу унинг иқлим ва шамол хусусиятларини белгилайди. Узоқ йиллик маълумотлар таҳлили кўрсатганидек, Душанбе континентал иқлимга эга: ёз ойлари иссиқ, қиш ойлари юмшоқ ва намли, шу билан бирга ҳароратда сезиларли ўзгаришлар ва баҳор

ойларида қисқа муддатли интенсив ёмғирлар кузатилади. Аниқ эътибор Варзоб, Элок ва Қофарниҳон дарёларининг шаҳар муҳити, рекреация имкониятлари ва экологик ҳолатга таъсирига қаратилган. Дарё ҳавзалари туризм, қишлоқ хўжалиги ва саноат салоҳиятига эга. Қуёш энергиясидан самарали фойдаланиш ва шаҳар атрофида кичик қуёш электр станцияларини қуриш экология жиҳатдан тоза ва минтақавий иқтисодий ривожланишга ҳисса қўшади. Шунингдек, дарё бўйларида экологик туризмни ривожлантириш ва қуёш нуридан оқилона фойдаланиш шаҳарнинг барқарор ривожланиши учун тавсия этилади. Олинган маълумотлар шаҳар инфратузилмаси, рекреация зоналари ва қайта тикланадиган энергия лойиҳаларини режалаштиришда қўлланилиши мумкин, урбанизация ва табиий ресурсларни муҳофаза қилишнинг уйғунлигини таъминлайди.

Калит сўзлар: Душанбе, иқлим, ҳарорат, ёмғир, шамол, дарёлар, гидрография, география, рекреация, туризм, қуёш энергияси, урбанизация.

Изучение географического положения показывает, что город Душанбе расположен в центральной части Гиссарской долины и представляет собой типичную межгорную впадину. Длина этой долины составляет около 115 км, а ширина — около 18 км. Следует отметить, что южная и западная части города расположены на высоте 750–900 м над уровнем моря, тогда как северная и восточная части — на высоте 900–950 м [1].

Исследования выявили, что продолжительность солнечных дней в Душанбе достигает 251 дня, а суммарное количество часов солнечного сияния в течение года составляет от 2690 до 2714 часов.

Город Душанбе состоит из четырёх районов — Исмоили Сомони, Сино, Шохмансур и Фирдавси. Согласно историческим источникам, упоминания о Душанбе встречаются уже в XVII веке, что подтверждается археологическими и геологическими данными, а также письменными рукописями (рис. 1).

Душанбе занимает стратегически важное положение, соединяя между собой все области и районы Республики Таджикистан.

Каждый район города обладает своими климатическими особенностями. Кроме того, районы включают собственные административные единицы, на территории которых осуществляется централизованное управление бытовыми, промышленными и другими видами отходов.

Впервые название «Душанбе» упоминается в 1676 году. В различные исторические периоды город носил иные названия: в 1924–1929 годах — Дюшамбе, в 1929–1961 годах — Сталинабад; с 1961 года и по настоящее время город называется Душанбе.



Рисунок 1. Административная схема - карта города Душанбе

Город Душанбе расположен на географических координатах 38°34' северной широты и 68°47' восточной долготы, занимая общую площадь 126,6 км² [4]. Численность населения города в 2019 году составляла 846 400 человек (табл. 1).

Таблица 1.

Общие сведения о районах города Душанбе

№	Наименование района	Площадь, км²	Население, нафар (соли 2019)
1.	Исмоили Сомони	25,8	148 700
2.	Сино	43,8	326 100
3.	Фирдавси	29,1	209 000
4.	Шохмансур	27,9	162 600

Северная часть долины расположена в предгорьях Гиссарских гор, при этом низменные участки простираются на 12 км к северу от столицы. С южной стороны город граничит с хребтами Бабатог, Актау, Рангонтог и Каратау, высота которых составляет от 1300 до 1700 м над уровнем моря.

Рельеф города и его окрестностей сложный, включает низкие горы (хамины). Около 85 % построек расположены на равнинных участках, остальная часть — на возвышенностях различной высоты.

Душанбе расположен в бассейне реки Кофарнихон, формирование которого охватывает территорию города. С юга на север через город протекает река Варзоб, которая при слиянии с другими водотоками образует бассейн реки Кофарнихон. При половодьях ширина реки Варзоб достигает 35–38 м, а максимальный расход воды — 61,3 м³/с.

Водоснабжение населения города обеспечивается за счёт поверхностных и подземных вод бассейна реки Кофарнихон. Система водоотведения и сбора сточных вод города расположена в его северной части и охватывает площадь около 20 га.

Геологическое строение города и его окрестностей включает отложения среднего и докембрийского (в небольшой степени) периодов, а также более характерные для докембрия, позднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Тектоническая структура территорий города Душанбе завершила своё формирование в конце палеозоя. Фазы киммерийского и альпийского диастрофизма привели к реконструкции и усложнению герцинской структуры, сформировав современный рельеф, который мы наблюдаем [5].

Согласно данным М.М. Кухтикова [54], в структуре окрестностей Гиссар-Алой выявлено 13 тектонических районов (с юга на север):

Мечетлин, 2) Сурметаш, 3) Бойсун-Кштут, 4) Бешнау, 5) Осмонталин, 6) Гиссар-Центр, 7) Гарму-Хоит, 8) Барзанди-Шумкор, 9) Ягноб, 10) Зарафшон-Туркестан, 11) Кургонак, 12) Высокие горы у подножия Алоя, 13) Караджодир.

В геологической литературе чаще всего для описания тектонического районирования используется классификация П.Д. Виноградова [2], включающая следующие зоны (с севера на юг):

Туркестан-Алой, 2) Туркестан-Зарафшон, 3) Зарафшон-Гиссар (или Зарафшон-Алой), 4) Южный Гиссар, 5) Формирующиеся районы Гарм, и, наконец, 6) Каракум.

Если обратиться к научным достижениям В.И. Попова и П.Д. Виноградова [6], картина представляется следующим образом (рис. 2).

Формирование почвенного покрова территорий города Душанбе в основном обусловлено воздействием ветров, приходящих с пустынных районов Средней Азии и ближнего Востока. В связи с этим ветры значительной силы способствуют подъёму пыли и песка в атмосфере города.

Особенностью географического положения Душанбе является то, что город расположен среди горных хребтов, окружающих его с четырёх сторон. Такая форма расположения характерна не для всех районов республики и придаёт столице уникальные климатические и ландшафтные особенности.

Согласно данным палеогеографических исследований, почвы данной территории сформированы в условиях сухого и тёплого климата [7]. Ежегодно мы наблюдаем поступление вредоносной пыли и песка в город под воздействием северо-западных ветров.

Одной из характерных особенностей города Душанбе является развитие сельского хозяйства в его юго-западной части, тогда как в юго-восточной части активно формируются рекреационные зоны и рыбохозяйственные участки. Такая природно-хозяйственная структура имеет важное значение для устойчивого развития города и не вызывает никаких сомнений в своей востребованности.

Климат города Душанбе относится к субтропическому (или резко континентальному) типу, для которого характерно жаркое и сухое лето с продолжительными солнечными днями и мягкая, влажная зима. Географическое положение города во многом определяет такие климатические особенности. Сухой и жаркий период длится с июня по сентябрь, тогда как влажный и прохладный сезон охватывает месяцы с декабря по май.

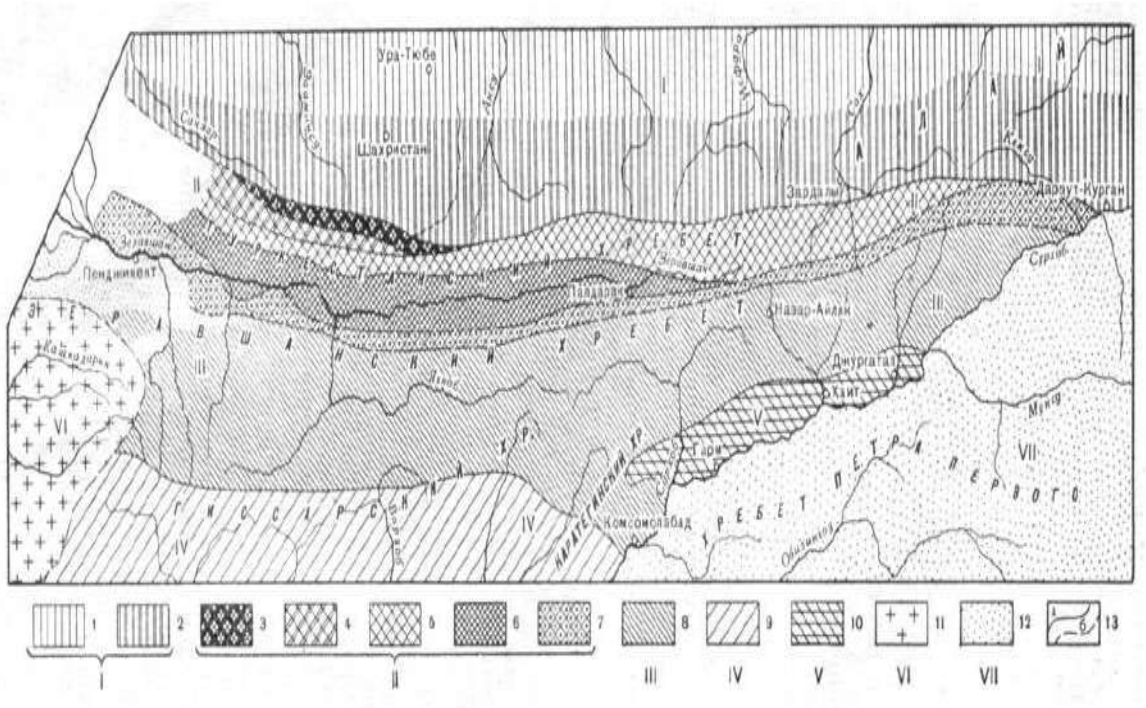


Рисунок 2. Структура расположения формационных районов Центрального Таджикистана

Классификация (обозначения на рисунке 2): I – Туркестан-Алой; II – Туркестан-Зарафшон; III – Зарафшон-Гиссар (Зарафшон-Алой); IV – Южный Гиссар; V – Гарму; VI – Каракум; VII – Район развития мезозойских толщ.

Подрайоны и литологические особенности:

1. Внутренний подрайон; 2. Южный подрайон (содержит минералы сланцев, песка, конгломератов, туфа, известняка); 3. Предсилурийский район (сланцы, известняки); 4. Северный средний подрайон (песок и алевролиты); 5. Центральный подрайон (сланцы); 6. Южный средний подрайон (песок и алевролиты); 7. Южный подрайон (сланцы, песок, известняк); 8. Район позднего силура – раннего девона (известняк и сланцы); 9. Южный геосинклинальный подрайон; 10. Средний массив Гарму; 11. Средний массив Каракум; 12. Район мезозойских толщ Центрального Таджикистана и межгорная депрессия; 13. Границы районов и подрайонов: установленные (а), предполагаемые (б).

Однако в отдельные годы наблюдаются нарушения климатического режима, выражающиеся в затяжных и обильных осадках. В частности, исследования за 1930–2020 гг. показывают, что выпадение снега в Душанбе в апреле фиксировалось лишь дважды — в 1982 и 2020 годах. Это свидетельствует о том, что температурный фон и гидрометеорологические процессы не обладают устойчивостью, а в регионе могут возникать аномальные и непредсказуемые явления.

Климат города Душанбе формируется под влиянием географических особенностей, гидрометеорологических факторов и физических процессов, определяющих локальные климатические условия.

Климат города имеет континентальный характер: средняя температура воздуха составляет около 1 °C в январе и 28 °C в июле. Годовая сумма солнечной радиации достигает 6000 МДж/м², что эквивалентно 153 ккал/см².

Многолетние наблюдения сотрудников гидрометеорологической службы показывают, что южная часть города в среднем на 5–6 °C теплее, чем северная. Среднегодовая температура воздуха в Душанбе составляет 14,1 °C. Для сравнения: в Баку она равна 14,4 °C, в Лиссабоне — 15,6 °C, в Батуми — 14,4 °C.

Следует отметить, что в отдельные летние дни, согласно официальным данным, температура воздуха может повышаться до 40–43 °C, что подтверждает выраженные черты континентального и засушливого климата региона.

Исследования показывают, что такой тип климата и природно-географические условия характерны для городских территорий, и город Душанбе также соответствует параметрам городского климата. Если сравнить природные и климатические условия города Нур-Султан, столицы Республики Казахстан, с городом Душанбе, становится очевидно, что Душанбе по ряду показателей обладает более выраженными характеристиками мегаполиса (таблица 2).

Таблица 2.

Сравнительная характеристика природных условий городов Душанбе и Нур-Султан

Показатели		Шаҳр	
		Душанбе	**Нур-Султан**
Площадь, км^2		126,6	797,33
Плотность населения		6685,6	1424,8
Средняя температура воздуха	Весна	34,1	29,1
	Лето	44,9	40,1
	Осень	35,1	27,1
	Зима	23	4,2
Количество парков отдыха		15	10
Окружающая среда и рекреационные условия		Отдельные части города предоставляют возможности для земледелия, а пригородные территории отличаются богатством экологически ценных рекреационных зон.	Земледельческие угодья и экологические рекреационные ресурсы расположены на значительном удалении от города.
Наличие реки		Река Кофарнихон протекает через город.	Город расположен на берегу реки Ишим.

Как следует из таблицы 2, по ряду показателей урбанизации город Душанбе превосходит город Нур-Султан и соответствует современным требованиям развития городов.

Начало зимнего периода варьируется, однако в большинстве лет оно приходится на 4–8 декабря. Общая продолжительность холодного периода в Душанбе составляет примерно 76–80 дней, и в большинстве лет зима заканчивается 19–23 февраля. Средняя температура воздуха в зимний период составляет около +2,2…+4,2 °C, тогда как в летний период этот показатель достигает +24…+28 °C (рис. 3).

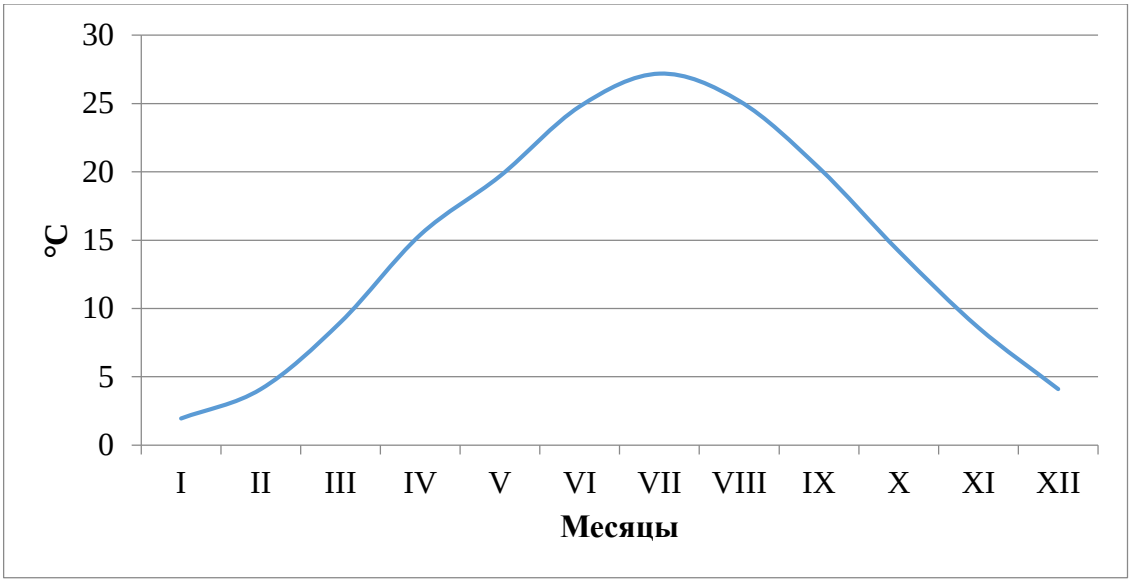


Рисунок 3. Многолетняя средняя температура воздуха в городе Душанбе

В зимний период погода в основном облачная, и характер повторяемости данного состояния остаётся примерно одинаковым. Время изменения повторяемости гидрометеорологических условий составляет около 3–4 дней. В туманные зимние ночи температура воздуха в среднем опускается до -4…-6 °C.

Кроме того, в зимний период температура воздуха в большинстве лет в январе может достигать +20…+22 °C. При усилении антициклональной активности (антициклон) в Душанбе холодный воздух Сибирского антициклона с юго-запада проникает в город, вызывая сильное похолодание. В таких условиях температура воздуха может понижаться до -28…-31 °C.

Из-за высокой влажности зимой обеспечение населения теплом играет ключевую роль. В связи с этим правительство города Душанбе обязывает соответствующие структуры уже в июне–июле начинать подготовку к зимнему периоду, чтобы своевременно обеспечить комфортные условия для жителей.

Атмосферные осадки в городе Душанбе зависят от внутренних периодов различных сезонов. В весенний период выпадает около 110–112 мм осадков всех видов, летом — 3–5 мм, осенью — 26–28 мм, а зимой — 72–74 мм (рис. 4).

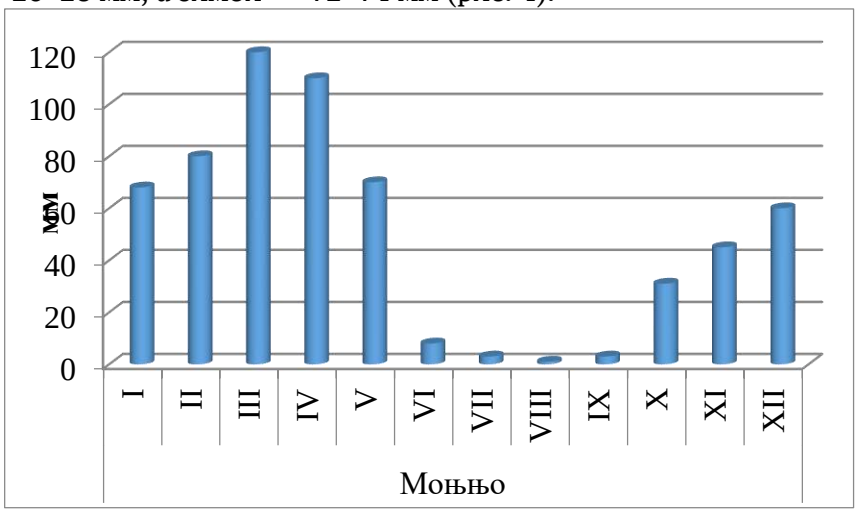


Рисунок 4. Среднегодовое количество атмосферных осадков в городе Душанбе

Особенности орографии города определяют характер ветрового режима. Для Душанбе характерны горные и долинные ветры. Высокий процент ветров наблюдается со следующих направлений: с запада — 21,70 %, с востока — 19,30 %, с юга — 16,10 % (рис. 5).

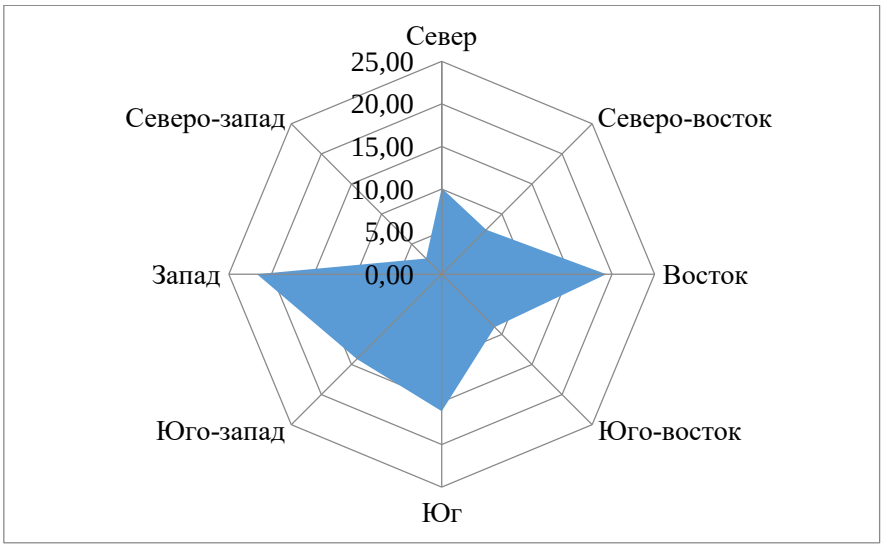


Рисунок 5. Направления роза ветров в городе Душанбе

В зимний период ночью и утром ветры в Душанбе дуют с северного и северо-восточного направлений, а в течение дня преобладают восточные ветры. Средняя месячная скорость ветра в зимние месяцы составляет: январь — 1,7 м/с, февраль — 2,1 м/с, декабрь — 1,6 м/с. Ветер со скоростью от 1 до 5 м/с наблюдается в течение 13–18 дней в месяц и чаще всего дует с северного и северо-восточного направлений.

Весенний период начинается 22–23 февраля и продолжается до 15–17 мая, продолжительность весенних дней составляет примерно 82–84 дня. Весна в Душанбе тёплая и дождливая, при этом большинство осадков выпадает в северо-восточной части города. Атмосферные условия быстро меняются, часто наблюдаются кратковременные сильные дожди с признаками града. Основная часть осадков приходится на месяцы март–май, что составляет 75–76 % годовой суммы осадков. В отдельные годы количество и форма осадков весной бывают аномальными, иногда вызывая разрушительные наводнения.

Весной наблюдается резкое изменение температуры воздуха. Так, если в марте температура составляет +9…+10 °C, то в апреле она повышается до +14…+15 °C. Суточные колебания температуры также хорошо заметны. Весна в Душанбе характеризуется ветрами и разрушительными осадками.

Исследования 2009 года показали, что в этом году в городе Душанбе и окрестностях района Ёвон были зафиксированы осадки, имеющие признаки природных стихийных явлений.

15 января 2009 года в Душанбе и Гиссаре наблюдался туман с видимостью 300–1500 м, а в ночь на 3 марта прошёл сильный дождь, при этом количество осадков составило: Душанбе — 42 мм, Майхура — 15 мм, Ёвон — 27 мм, Панжакент — 22 мм (рис. 6) [3].

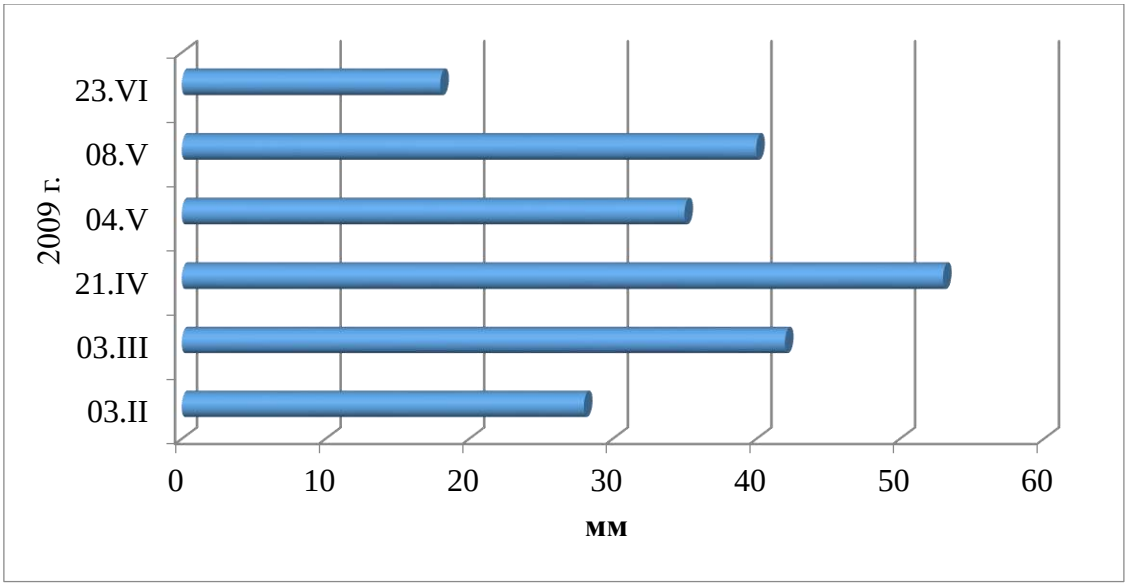


Рисунок 6. Повторяемость сильных осадков в городе Душанбе, 2009 год

Повторяемость описанных выше явлений в среднем составляет 4–10 раз в год. В этой долине ветер дует слабый. По данным специалистов, его относительная скорость составляет примерно 1 м/с.

Тем не менее, в весенний и летний сезоны 1–3 раза происходят разрушительные ветры, которые могут приводить к поломке деревьев.

Летний период в Душанбе начинается 15–18 мая и продолжается до 13–16 августа, охватывая примерно 117–120 дней. В этот период дожди практически отсутствуют, и выпадение осадков в виде дождя или града наблюдается всего 3–4 раза за сезон.

На территории города Душанбе расположены реки Варзоб, Элок и Кофарнихон. Влияние рек на жизнь и деятельность города является значительным: они придают городу эстетическую привлекательность, способствуют формированию мягких ветров и прохладного климата. Географические и гидрологические характеристики этих рек представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Географические и гидрологические характеристики рек города Душанбе

Река	Общая длина, км	Речной бассейн, км^2	Среднегодовой расход, м^3/с	Рекреационные возможности
Варзоб	71	1740	45,9	От района формирования реки Варзоб до её впадения в реку Кофарнихон эта территория считается туристической зоной. Бассейн реки, известный как «Долина Варзоб», пользуется мировой известностью.
Элок	97	829	40	Бассейн реки Элок также считается туристическим объектом, однако по неизвестным причинам туристическая инфраструктура в этом

				районе развита недостаточно. В бассейне реки имеются рыбоводческие пруды, что в будущем может способствовать популяризации этого района среди международной аудитории.
Кофарнихон	387	11600	164	Бассейн реки Кофарнихон в основном характеризуется сельскохозяйственной и промышленной деятельностью. В этом районе встречаются сезонные туристические объекты, преимущественно весной. Кроме того, бассейн богат лечебными растениями, большинство из которых созревает в весенний период. Этот фактор также может привлечь внимание туристов в значительной степени.

Изучение географического, геологического и гидрографического положения города Душанбе показало, что для дальнейшего развития и расширения города с точки зрения экологии и рекреации необходимо эффективно использовать солнечные часы.

Кроме того, следует развивать экологические туристические зоны в бассейнах рек и в их окрестностях.

С этой точки зрения строительство малых солнечных электростанций в окрестностях столицы является целесообразным. Такие станции экологически чисты и безопасны. С другой стороны, их распространение по всей стране внесёт значительный вклад в экономическое развитие Республики.

Изучение географического, геологического и гидрографического положения города Душанбе показало, что его расположение в центральной части долины Гиссар и окружение горных массивов определяют специфический континентальный климат с жарким летом, мягкой влажной зимой и значительными суточными и сезонными колебаниями температуры. Среднегодовые осадки распределяются неравномерно, с максимальной концентрацией весной и минимальной — летом; кратковременные сильные осадки могут вызывать наводнения. Ветровой режим характеризуется преобладанием горных и долинных ветров со скоростью от 1 до 5 м/с, при этом разрушительные ветры наблюдаются периодически. Речные бассейны Варзоб, Элок и Кофарнихон оказывают значительное влияние на экологию города, его рекреационные возможности и развитие туризма; долина Варзоб известна на международном уровне, бассейны Элок и Кофарнихон имеют потенциал для рыбоводства и экологического туризма. Рациональное использование солнечной энергии, включая строительство малых солнечных электростанций в окрестностях столицы, способствует экологически чистой энергетике и экономическому развитию. Создание и развитие рекреационных зон вблизи рек, эффективное использование солнечного света и учет природных особенностей города в планировании городской инфраструктуры обеспечивают гармоничное сочетание урбанизации и сохранения природных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асоев Ҳ.М. Вазъи экологии шаҳри Душанбе // [Текст] / МД «Ирфон». -Душанбе, -1995. -55 с.

2. Виноградов П.Д., Довжиков А.Е., Зубцов Е.И. Огнев В.Н. Тянь-Шаньская складчатая область. В кн.: геологическое строение СССР. Том 3. Тектоника. Госгеолтехиздат, М.,1958. -С. 94-105.

3. Годовой обзор о стихийных гидрометеорологических явлений 2009 года // [Тескт] / Интернет-портал METEO.TJ. -Душанбе: АГМ. -2009. -23 с.

4. Душанбе // [Электронный ресурс] / Материал из Википедии — свободной энциклопедии. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Душанбе.

5. Иброхим А., Мамадвафоев М.М., Джанобилов М.Д. Основные черты геологического строения и металлогении Таджикистана // [Элекетронный ресурс] / Интернет-портал Главное управление геологии при Правительстве РТ. Режим доступа: http://www.gst.tj/geologiya.html.

6. Попов Ю.П. Применение ГИС в системе обращения с твердыми коммунальными отходами старший преподаватель // Научный журнал «Науки о земле». №60-2, -Вологода: -2017. Стр. 321-333.

7. Ранов В.А., Соловев В.С. Душанбе – город древний // [Текст] / Издательство «Дониш». –Душанбе: -1993. -176 с.

ЭЛЕМЕНТЫ КЛИМАТА ЗЕМЛИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АНОМАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Туляганов Баходиржон Исмаилович
Ведущий научный сотрудник Государственного учреждения «Институт гидрогеологии и инженерной геологии» Мингеологии РУз

Аннотация: В работе рассматриваются основные факторы климата Земли-расположение планет, облака (водяной пар), парниковый эффект (газы) и вулканизм, которые влияют на глобальное потепление Земли и возможные геоэкологические угрозы. Дается краткая их характеристика.

Ключевые слова: факторы климата, климат Земли, аномальная жара, углекислый газ, пыль, геоэкологические угрозы.

Annotatsiya: ishda yer iqlimining asosiy omillari-sayyoralarning joylashishi, bulutlar (suv bug'lari), issiqxona effekti (gazlar) va vulkanizm Yerning global isishiga va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan geoekologik tahdidlarga ta'sir qiladi. Ularning qisqacha tavsifi berilgan.

Kalit so'zlar: iqlim omillari, yer iqlimi, g'ayritabiiy issiqlik, karbonat angidrid, chang, geoekologik tahdidlar.

Abstract: This paper examines the main factors of Earth's climate—the location of planets, clouds (water vapour), the greenhouse effect (gases) and volcanism—which influence global warming and possible geo-ecological threats. A brief description of these factors is provided.

Keywords: climate factors, Earth's climate, abnormal heat, carbon dioxide, dust, geo-ecological threats.

ВСТУПЛЕНИЕ

Защита окружающей среды - одно из ключевых направлений государственной политики Узбекистана. В настоящее время власти приняли долгосрочные стратегии, направленные на обеспечение экологической безопасности, рациональное использование природных ресурсов, внедрение новых, экологически чистых технологий в различные отрасли экономики.

Особо необходимо отметить принятые: Страновый доклад о климате и развитии в Узбекистане (CCDR), а также Указы: за №УП-158 «О стратегии Узбекистан-2030» и за

№УП-16 от 30.01.2025г «О Государственной программе по реализации Стратегии Узбекистан-2030 в Год охраны окружающей среды и «зеленой экономики», а также Постановления о ее своевременной реализации за №ПП-300, где анализируются проблемы и возможности, а также действия, необходимые для реализации, преобразующей новой (в т.ч. геоэкологической) модели развития.

Элементы климата Земли. На нашей планете действуют четыре главных фактора определяющих климат (рис.1):



Рис.1. Основные факторы климата

- расположение крупных планет в Солнечной системе - взаимодействие Земли с Юпитером и Сатурном (в основном), в результате формируются ледниковые и межледниковые климатические циклы (Миланковича);
- облака (водяной пар) - работают на потепление и похолодание;
- парниковый эффект (газы);
- вулканизм - эпохи массового извержения вулканов за счёт запыления верхних слоёв атмосферы ведут к экранированию Земли от солнечного излучения и отражения инфракрасных лучей от нагретого запылённого воздуха назад в космос, а также могу извергать много углекислого газа.

На рис. 1 видно, что один из факторов (водяной пар) действует как на похолодание через облака, так и на потепление через парниковый эффект. Также, необходимо отметить, что по последним научным исследованиям - атмосферная пыль помогает охлаждению планеты.

Вопросы солнечной активности и аномального потепления попытаемся посмотреть более глобально, так как есть ещё и погода Солнечной системы. Посмотрим на ситуацию как бы со стороны, сверху.

В нашей планетной системе температуры обусловлены одним глобальным фактором - Солнцем. Местные условия на планетах вносят в глобальное влияние нашей звезды свои особенности. Но именно Солнце, точнее, расстояние орбиты планеты от звезды, определяет температурные условия на планете (рис. 2). И чем дальше планета от Солнца, тем она холоднее. Особый случай - Венера, которая является самой горячей планетой в нашей системе. Ее плотная атмосфера создает сильный парниковый эффект, так как углекислый газ задерживается в атмосфере и создает густую область тепла вокруг планеты.

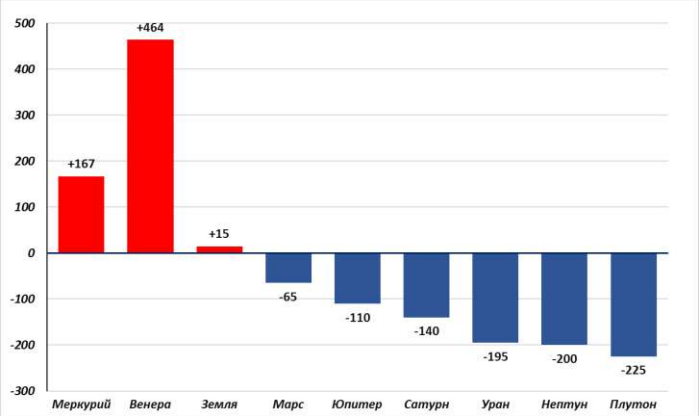


Рис. 2. Температурные условия планет на расстоянии их орбиты от звезды

Итак, погода Солнечной системы глобально зависит от звезды. И игнорировать данный факт нельзя. Важный эффект влияния притяжения планет на климат Земли – это действие планет на наклон оси вращения Земли. Известно, что наклон оси вращения Земли является основной причиной смены времён года.

Юпитер и Сатурн, а также Марс, могут как увеличивать эксцентриситет орбиты Земли (как бы оттягивать Землю от Солнца уменьшая количество энергии), так и наоборот – уменьшать эксцентриситет орбиты [1].

Необходимо отметить, что Солнечная система движется по двум траекториям:

- вращается вокруг чёрной дыры в центре Млечного пути - один оборот наша звезда совершает примерно за 240 млн. лет, это *галактический год*. Мы уже совершили около 18-20 оборотов с момента рождения солнечной системы. В настоящее время учёные не имеют никакого представления, что происходит в чёрной дыре под официальным названием «Стрелец А*» и как она влияет на наше Солнце. Известно, что наша солнечная система в процессе одного оборота вокруг чёрной дыры около 2,7 раза смещается относительно галактической плоскости. Некоторые исследователи, руководствуясь индуктивной логикой, уже высказали предположения о связи этих колебаний Солнца с массовыми вымираниями на Земле.

- вместе с Млечным Путем движется к созвездию Лебедя со скоростью около 220-250 километров в секунду. Один оборот наша галактика совершит примерно за 500 миллиардов лет.

Необходимо осознать без всякого антропогенного влияния, насколько погода Солнечной системы зависит от вышесказанного. Современная наука не в состоянии объяснить солнечные циклы. Само их существование признаётся, но вот внятных объяснений цикличности солнечной активности пока нет. Но мы точно понимаем, что погода солнечной системы меняется. Именно в глобальном масштабе, или Солнце каким-то образом входит в неизвестный нам очередной цикл, или вся наша планетная система в своём полёте в Млечном пути вступает в новые пространства с особыми свойствами. И антропогенное влияние на глобальное потепление Земли здесь выглядит как детский лепет.

Облака (водяной пар) и парниковый эффект. Что такое парниковый эффект. Учёный Фурье постулировал, что оптические свойства атмосферы Земли аналогичны оптическим свойствам стекла. Прозрачность атмосферы отличается для различных газов (табл.), составляющих земную атмосферу (водяной пар, углекислый газ, кислород, аргон, азот, метан, озон).

Парниковые газы и пыль в порядке убывание силы их влияние на климат

Табл.

Газ, пыль	Формула	Вклад в потепление, %
Водяной пар	H_2O	+ 36,0-72,0
Углекислый газ	CO_2	+ 9,0-26,0
Метан	CH_4	+ 4,0-9,0
Озон	O_3	+ 3,0-7,0
Пыль	AQI ($PM_{2.5}$)	- 8,0

Вопреки распространённому мнению главным парниковым газом по силе действия является не углекислый газ (CO_2), а водяной пар (H_2O). Увеличение средней температуры на Земле ведёт к увеличению испарения океанов генерирующее водяной пар и таким образом ускоряющее потепление. Увеличение содержания в атмосфере углекислого газа также ведёт к увеличению средней температуры на Земле, но в меньшей степени, чем увеличение содержания водяного пара (влажности атмосферы).

Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере кроме влияния на парниковый эффект имеет другие положительные и отрицательные эффекты.

Положительным эффектом. Значительный рост урожайности всех растений на Земле, так как растения больше чем на 50% состоят из углекислого газа, который участвуют в процессе фотосинтеза – усвоения энергии солнца в виде древесной массы и процесс фотосинтеза сопровождается выделением кислорода – весь кислород на Земле создан растениями за очень большой промежуток времени. На Земле были эпохи, когда содержание углекислого газа было в десятки раз больше, чем сейчас – по этой причине растительность была крупнее и обильнее. Сейчас на Земле период, когда существуют сильная нехватка углекислого газа в атмосфере (рис. 3).

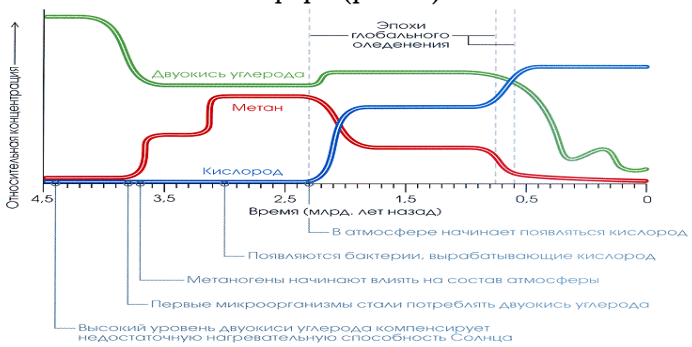


Рис. 3. Динамика изменения содержания CO_2 в разные эпохи

Отрицательным эффектом. Исследованиями установлено, что взаимодействие Мирового океана с CO_2, в разные периоды происходит по следующей схеме:

- при превышении температуры окружающей среды над температурой мирового океана происходит растворение углекислого газа в ее водах;
- при превышении температуры мирового океана над температурой окружающей среды происходит переход углекислого газа в атмосферу.

В нормальных условиях концентрация CO_2 в атмосфере составляет почти 390м.д. (миллионная доля или количество частиц на миллион), однако этот показатель мог быть еще выше, если бы мировой океан не поглощал ежедневно до 30 млн. т. (30% всего объема CO_2). В результате присутствующие в атмосфере молекулы CO_2 поглощаются поверхностью морской воды, после чего CO_2 вступает в реакцию с водой (H_2O) и образует угольную кислоту (H_2CO_3). Большая часть этой слабой кислоты разлагается на ионы водорода (H_+) и ионы бикарбоната (HCO_3-), далее с глубиной разлагается, образуя

дополнительное количество H_+ (увеличивая кислотность вод) и карбонат (CO_3), который осаждается, образуя карбонатные (известняки, доломиты) отложения.

Запыленность воздуха (трансграничные угрозы). Запыленность и загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу, могут повлечь серьезные негативные последствия для окружающей среды и здоровья людей. Выбросы могут содержать различные токсичные вещества, такие как диоксид серы, диоксид азота, углеводороды и тяжелые металлы. Эти вещества могут проникать в атмосферу и затем распространяться по воздуху, загрязняя его. При вдыхании загрязненного воздуха люди могут испытывать проблемы с дыханием, аллергические реакции и другие заболевания дыхательной системы.

Последние научные исследования показали, что истинные масштабы изменения климата хуже, чем считалось раньше. Результаты новых исследований (Nature Reviews Earth and Environment) показали, что ученые заблуждались, так как не учли в современных климатических моделях очень важное – **пыль,** что поднимается от песчаных (пустынных) бурь. Эта пыль помогала охлаждать планету на протяжении последних десятилетий. Проведенный анализ показал – с середины 1800-х годов количество атмосферной пыли увеличилось примерно на 55%. Это означает, что пыль могла скрывать до 8% потепления за счет выбросов CO_2, маскируя истинный объем тепловой энергии в атмосфере. Минеральные частицы пыли могут отражать солнечный свет от Земли, рассеивая пористые облака в атмосфере.

В Узбекистане высокая концентрация пыли в воздухе объясняется тем, что он входит в **«пыльный пояс»** (рис. 4). Это территории, подверженные пыльным бурям больше всего в мире. Он начинается в Марокко, проходит через пустыню Сахару, Ближний Восток, Иран, Туркменистан и Узбекистан. Кроме того, на территории «пыльного пояса» расположены 4 пустыни: Сахара, Каракум, Кызылкум и Аралкум. В исследовании израильских учёных отмечается, что именно пустыня Каракум являлась главным источником пыльных бурь.

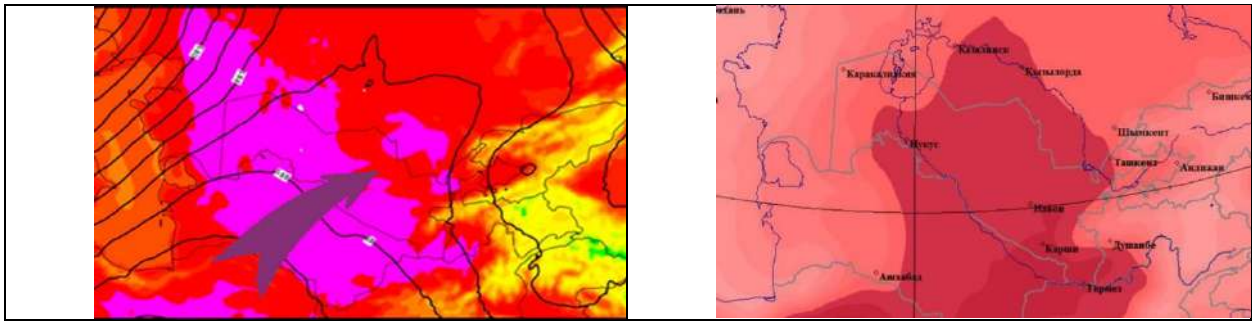


Рис.4. Вынос пыльных бурь и жаркого воздуха с территории «пыльного пояса»

Пыль и 5-е вымирание на Земле. Ученые выяснили, не взрыв гигантского астероида, а облако мельчайшей силикатной пыли, окутавшее Землю после его удара, - вот отчего погибли динозавры и другие животные мелового периода.

Примерно 66 миллионов лет назад, на рубеже мелового и палеогенового периодов, произошла геоэкологическая катастрофа, в результате которого с лица Земли исчезли 75% видов морских и наземных животных, в том числе все нептичьи динозавры, аммониты и крупные рептилии. Считается, что главным триггером мел-палеогенового вымирания стало падение на Землю астероида диаметром 10-15км. Место удара, известное как кратер Чиксулуб, нашли в 1978г в районе полуострова Юкатан на юге Мексики.

Картину катастрофы обычно описывают так. Астероид врезался в Землю на высокой скорости и фактически испарился. В месте падения образовался огромный кратер диаметром около 180км. Из него выбросило шлейф мелких обломков силикатных пород, а

также гигантское аэрозольное облако сульфатов - соединений серы, присутствующих в морской воде.

Ударная волна опустошила окрестности и вызвала гигантское цунами, а тепловое воздействие спровоцировало массовые пожары. В воздух попали триллионы тонн пепла и сажи, на Землю на несколько лет опустилась ночь. Поднявшиеся до уровня стратосферы сульфатные аэрозоли создали дополнительный экран для солнечных лучей.

Температура на планете резко понизилась, наступила глобальная зима. Кроме того, из-за нехватки света у растений замедлился фотосинтез, что привело к уменьшению концентрации кислорода в атмосфере. Насыщение поверхностного слоя океана углекислым газом из атмосферы вызвало его закисление. Погиб весь фитопланктон - базовый элемент пищевой цепи в океане. Из-за этого вымерли и другие морские животные.

Ученые установили, что силикатная пыль, образовавшаяся в результате удара Чиксулуба, очень мелкая. Размер ее зерен - от 0,8 до восьми микрометров. Это на один-два порядка меньше толщины человеческого волоса. Такая пыль может оставаться в воздухе до 15 лет и за это время несколько раз обогнуть земной шар. Моделирование показало, что выбросы пыли, наряду с сажей и серой, заблокировали фотосинтез почти на два года и привели к охлаждению поверхности Земли на 15°C. Причем именно пыль сыграла ключевую роль и это первый случай, когда палеоклиматическое моделирование указывает на пыль как главный фактор установления двухлетнего периода подавления фотосинтетической активности и 15-20-летней зимы на всей планете (рис. 5).

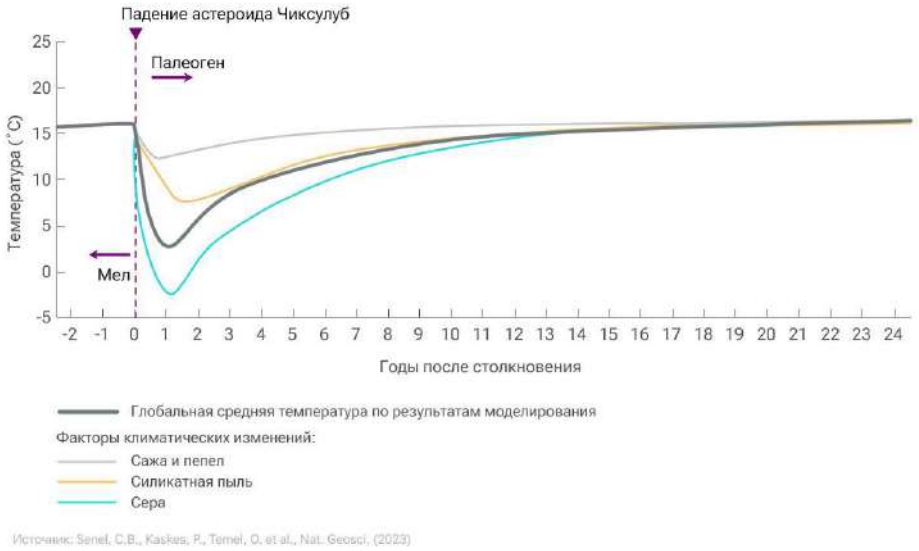


Рис. 5. Глобальная средняя температура по результатам моделирования.

На графике видно, что влияние сажи и пепла на глобальные температуры существенно ниже, а воздействие серы сильное, но краткосрочное. По уточненным расчетам, состав черной пелены, окутавшей Землю, примерно такой: 75% - силикатная пыль (пухляк), 24% - сера и только 1% - сажа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Туляганов Б.И. Возможные угрозы геоэкологической безопасности территории Узбекистана. Современные проблемы и их решения в области гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, т.I и II. Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию со дня основания ГУ «Института ГИДРОИНГЕО», 20-21.11.25г. – Т.: изд. ГУ «ИМР», 2025. с. 150-157.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА КАК ОСНОВА ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Бегимкулова Мадина Улугбековна
базовый докторант
Мурадов Шухрат Одилович
Научный руководитель: д.т.н., проф.
Научно-исследовательского института технологий охраны окружающей среды и природы

Аннотация. В статье рассматриваются основные направления энергетического сектора и их влияние на состояние атмосферного воздуха в Узбекистане. Актуальность статьи обоснована растущей нагрузкой на атмосферу со стороны энергетического сектора, который остаётся главным источником выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в стране. В работе рассматриваются современные глобальные тенденции декарбонизации, включая внедрение возобновляемых источников энергии, повышение энергосбережения, усовершенствование тепловых электростанций и развитие технологий сокращения углеродных выбросов. Также в работе показывается сравнительный анализ опыта ведущих государств — Европейского Союза, Китая, США, Японии — с сопоставлением их стратегий с текущими реформами в Узбекистане. В конечном итоге представлены количественные оценки влияния энергетического сектора на качество атмосферного воздуха, прогноз сокращения выбросов при различных сценариях развития, а также изучаются перспективы солнечной и ветровой энергетики в условиях Узбекистана.

Конечные результаты показывают, что переход к низкоуглеродной энергетике способен значительно снизить концентрацию SO_2, NO_x и CO_2 в воздухе, улучшить экологическую ситуацию в городах и повысить национальную энергетическую безопасность. На основе изучения международного опыта сформулированы рекомендации по ускорению энергетической трансформации. Среди них — развитие механизмов «зелёного» финансирования, модернизация энергетической инфраструктуры, внедрение интеллектуальных сетей, расширение использования ВИЭ и совершенствование системы экологического мониторинга.

Ключевые слова. энергетическая трансформация; низкоуглеродный, декарбонизация; качество атмосферного воздуха; выбросы; возобновляемые источники энергии; энергоэффективность; международный опыт; Узбекистан; парниковые газы; экологическая политика.

Abstract: This article examines the key areas of the energy sector and their impact on atmospheric air quality in Uzbekistan. Its relevance stems from the growing impact of the energy sector on the atmosphere, which remains the country's primary source of pollutant and greenhouse gas emissions. The paper examines current global decarbonization trends, including the introduction of renewable energy sources, increased energy efficiency, the improvement of thermal power plants, and the development of carbon emission reduction technologies. It also provides a comparative analysis of the experiences of leading countries—the European Union, China, the United States, and Japan—and compares their strategies with current reforms in Uzbekistan. Finally, it presents quantitative assessments of the energy sector's impact on atmospheric air quality, forecasts for emission reductions under various development scenarios, and examines the prospects for solar and wind energy in Uzbekistan.

The final results demonstrate that the transition to low-carbon energy can significantly reduce SO2, NOx, and CO2 concentrations in the air, improve the environmental situation in cities, and enhance national energy security. Based on a study of international experience,

recommendations have been formulated to accelerate the energy transformation. These include developing green financing mechanisms, modernizing energy infrastructure, implementing smart grids, expanding the use of renewable energy sources, and improving environmental monitoring systems.

Keywords: energy transformation; decarbonization; air quality; emissions; renewable energy; energy efficiency; international experience; Uzbekistan; greenhouse gases; environmental policy.

Annotatsiya. Ushbu maqolada energetika sektorining asosiy sohalari va ularning O'zbekistondagi atmosfera havosi sifatiga ta'siri ko'rib chiqiladi. Uning dolzarbligi energetika sektorining atmosferaga tobora ortib borayotgan ta'siridan kelib chiqadi, bu esa mamlakatning ifloslantiruvchi moddalar va issiqxona gazlari chiqindilarining asosiy manbai bo'lib qolmoqda. Maqolada qayta tiklanadigan energiya manbalarini joriy etish, energiya samaradorligini oshirish, issiqlik elektr stansiyalarini takomillashtirish va uglerod chiqindilarini kamaytirish texnologiyalarini ishlab chiqish kabi hozirgi global dekarbonizatsiya tendentsiyalari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, unda yetakchi mamlakatlar - Yevropa Ittifoqi, Xitoy, AQSh va Yaponiya tajribalarining qiyosiy tahlili keltirilgan va ularning strategiyalari O'zbekistondagi amaldagi islohotlar bilan taqqoslangan. Nihoyat, unda energetika sektorining atmosfera havosi sifatiga ta'sirining miqdoriy baholari, turli rivojlanish stsenariylarida chiqindilarni kamaytirish prognozlari keltirilgan va O'zbekistonda quyosh va shamol energiyasining istiqbollari ko'rib chiqilgan.

Yakuniy natijalar shuni ko'rsatadiki, kam uglerodli energiyaga o'tish havodagi SO_2, NOx va CO2 konsentratsiyasini sezilarli darajada kamaytirishi, shaharlardagi ekologik vaziyatni yaxshilashi va milliy energiya xavfsizligini oshirishi mumkin. Xalqaro tajribani o'rganish asosida energiya transformatsiyasini tezlashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Bularga yashil moliyalashtirish mexanizmlarini ishlab chiqish, energiya infratuzilmasini modernizatsiya qilish, aqlli tarmoqlarni joriy etish, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanishni kengaytirish va atrof-muhit monitoringi tizimlarini takomillashtirish kiradi

Kalit so‘zlar: energetik transformatsiya; dekarbonizatsiya; atmosfera havosi sifati; chiqindilar; qayta tiklanuvchi energiya manbalari; energiya samaradorligi; xalqaro tajriba; O‘zbekiston; issiqxona gazlari; ekologik siyosat.

ВВЕДЕНИЕ.

Загрязнение атмосферного воздуха остаётся одной из самых серьёзных экологических угроз нашего века. Данные Всемирной организации здравоохранения показывают, что ежегодно более 6 млн человек погибают преждевременно из-за заболеваний, связанных с плохим качеством воздуха. В странах, где энергетика в основном опирается на ископаемое топливо, именно выбросы оксидов азота (NO_x), серы (SO_2), твёрдых частиц (PM2.5 и PM10) и углекислого газа (CO_2) составляют большую часть антропогенной нагрузки на атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха вызывает острые и хронические заболевания дыхательной системы, сердечно-сосудистую патологию и увеличивает общую смертность. Кроме того, смесевые химические реакции в атмосфере приводят к формированию фотохимического смога и вторичных аэрозолей. Поэтому уменьшение потребления угля и переход на более климатически благоприятные источники энергии дают двойной эффект: уменьшение парниковых газов и немедленное улучшение качества воздуха.

Изменение климата планеты один из главных экологических вызовов для человечества. Прогресс мировой экономики без учета климатических рисков, увеличение антропогенного воздействия на климатическую систему за счет выбросов парниковых газов и сокращения углеродного потенциала лесов и в секторе землепользования угрожает чрезвычайным ущербом от разрушения инфраструктуры, воздействия на здоровье

населения, недостатка водных ресурсов, возрастания проблемы продовольственной безопасности и другими катастрофическими последствиями.

Солнечная, ветровая, гидро- и геотермальная генерация не производят прямых выбросов CO_2 при эксплуатации. Массовое внедрение ВИЭ — основной путь снижения доли угольной и углеводородной генерации. На практике это требует модернизации электросетей, хранения энергии и гибкой балансировки спроса и предложения. Сокращение конечного спроса путём тепловой модернизации зданий, внедрения энергосберегающих технологий, повышения КПД электростанций и снижения потерь в сетях уменьшает потребность в генерации и, соответственно, совокупные выбросы. Природный газ в сравнении с углём выделяет заметно меньше CO_2 и загрязнителей при выработке электроэнергии. В условиях, где быстрый отказ от угля невозможен, переход на газовые ТЭС с современными парогазовыми установками может снизить локальные загрязнения и минимизировать выбросы. «Зелёный водород», произведённый электролизом с использованием возобновляемой энергии, и его производные (аммиак, синтетические топлива) — перспективный путь декарбонизации транспорта, промышленности и даже тепловой генерации.

Узбекистан долгие годы получает почти всю электроэнергию за счёт природного газа — его доля составляет примерно 70–80%. Уголь и возобновляемые источники энергии пока занимают небольшое место, но сейчас активно внедряют новые солнечные станции и проводится обновление существующих энергетических объектов. Главным источником загрязнения воздуха всё также остаётся энергетический сектор. Выбросы парниковых газов в стране повышают загрязнения воздуха почти на 70%. В последние годы Узбекистан проводит реформы, направленные на развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), усовершенствованию тепловых станций, повышение энергосбережении и интеграцию в международную климатическую политику. В период глобальных усилий по снижению выбросов парниковых газов Узбекистану необходимо ускорить энергетическую трансформацию. В работе рассматривается, как этот вопрос решается в разных странах, и оценивается, какие элементы зарубежного опыта могут быть полезны для Узбекистана.

В рамках национальных стратегий (например, стратегии развития до 2030 и программ «зелёного роста») Узбекистан обозначил намерения увеличивать долю ВИЭ и повышать энергоэффективность. В частности, государство ставит целевые ориентиры по расширению солнечной генерации и привлечению частных инвестиций в IPP-проекты (Independent Power Producer, Независимый Производитель Энергии). Международные организации отмечают активную работу по реформированию энергетического сектора и повышению инвестиционной привлекательности.

Проекты как Navoi Scaling Solar (реализованный при участии международных финансовых организаций и частных компаний) стали важными шагами в развитии возобновляемой энергетики в Узбекистане. Параллельно государство обновляет тепловые электростанции, снижает потери в сетях и повышает их эффективность. Всё это постепенно создаёт условия для сокращения выбросов и улучшения качества воздуха в городах.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной научной статье использовалось несколько подходов. Сначала сравнили, как разные страны — ЕС, США, Китай и Япония — развивают свою энергетику, и посмотрели, что из этого можно сопоставить с политикой Узбекистана. Затем проанализировали статистику из международных источников и национальных отчётов, чтобы понять реальные тенденции. После этого построили прогнозы выбросов CO_2 до 2035 года: один вариант предполагает, что всё будет развиваться как сейчас, а второй — что страна активно перейдёт к более чистой энергетике. Также исследование рассматривает энергетику не

отдельно, а во взаимосвязи с качеством воздуха. Дополнительно были изучены ключевые международные документы по климатической политике и развитию «зелёной» энергетики.

Мировая энергетика сейчас быстро меняется. В 2023 году солнечные и ветровые станции уже давали свыше 12% всей вырабатываемой в мире электроэнергии. Во многих развитых странах выбросы от энергетики начинают стабильно снижаться — в основном за счёт отказа от угля и перехода на возобновляемые источники и газ. В США после принятия закона Inflation Reduction Act (Закон о снижении инфляции) на развитие чистой энергетики направили более 370 млрд долларов. Япония, Европейский союз и Южная Корея, в свою очередь, делают ставку на развитие «зелёного» водорода как одного из перспективных направлений энергетики будущего.

Европейский союз реализует программу European Green Deal, главная задача которой — достичь углеродной нейтральности к 2050 году. Для этого Евросоюз использует целый набор инструментов: систему торговли квотами на выбросы (EU ETS), меры по снижению выбросов в промышленности и новый механизм CBAM[1] — по сути, углеродный налог на импорт товаров. Практика ЕС показывает, что чёткие цели на 2030 и 2050 годы, подкреплённые реальными механизмами вроде налогов, субсидий и квот, позволяют быстрее двигаться к декарбонизации. Для Узбекистана важным шагом было бы также установить долгосрочные цели, разбить их на этапы и создать систему регулярного мониторинга.

Китайский опыт показывает эффект масштаба: промышленные цепочки и локальное производство компонентов ВИЭ снижают стоимость и повышают устойчивость проектов. Для Узбекистана — локализация производства и прямая поддержка IPP-проектов, который генерирует и продает электричество) как Navoi Scaling Solar являются эффективным драйвером.

Для обеспечения надёжности энергоснабжения и снижения локального загрязнения полезно использовать современные газовые, парогазовые установки и рассматривать CCS для крупных источников, где отказ невозможен в ближайшей перспективе. Опыт Японии по комбинированию газа и CCS/водорода может быть адаптирован в национальной

политике. Самый экономичный источник энергии — та энергия, которую не потребляется. Программы по энергосбережении в жилом фонде, в промышленности и строительстве дают быстрый и наиболее дешёвый эффект по сокращению выбросов и улучшению качества воздуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Энергетический баланс Узбекистана в 2022 году состоял преимущественно из природного газа (около 87%), гидроэнергетики (7,5%) и угля (5,5%). Выбросы от энергетики составляют более 70% всех антропогенных выбросов CO_2 в стране. Правительство поставило цель — довести долю ВИЭ до 40% к 2030 году, снизить энергоёмкость ВВП и обеспечить экологическую устойчивость. Запущены крупные солнечные станции (Навоийская, Самаркандская, Джизакская) и ветровые проекты (в Каракалпакстане и Бухарской области). Также реализуется Национальная стратегия по декарбонизации.

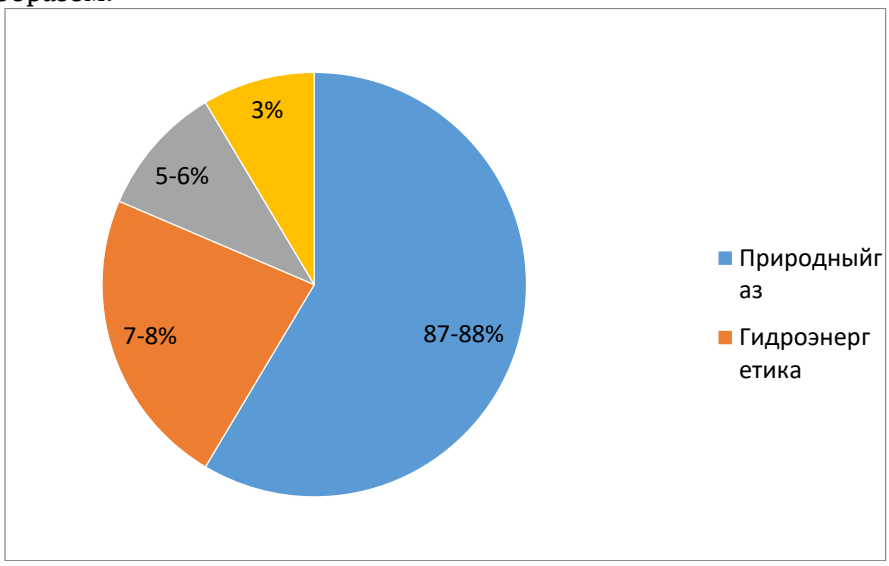
Год	Общая генерация (TWh)	Доля газа (%)	Доля ВИЭ (%)	Выбросы CO_2 (млн т)
2022	66.5	87.8	7.5	28.8
2025	72.0	75.0	20.0	25.4
2030	80.0	60.0	35.0	19.6
2035	90.0	45.0	50.0	14.8

Таблица-1. На графике видно два варианта — «BAU» (Business as usual - когда ничего не меняют) и «Decarbonization». В сценарии декарбонизации к 2035 году выбросы CO_2 уменьшаются больше чем на 45% по сравнению с 2022 годом.

За период с 1990 по 2020 год страны ЕС смогли снизить свои выбросы на 32%, и при этом экономика выросла примерно на 60%. Китай остаётся крупнейшим источником CO_2 в мире, но именно он сегодня ставит больше всего солнечных и ветровых станций. К 2025 году доля «зелёной» энергетики там должна превысить 33%, и параллельно активно развиваются технологии CCUS.

В США уменьшить выбросы в энергетике на 33% с 2005 года помог переход с угля на газ и возобновляемые источники. Самые большие ветровые электростанции находятся в Техасе и Айове.В Японии делают ставку на водород и повышение энергосбережении. Страна планирует сократить выбросы на 46% к 2030 году.

Энергетическая система Узбекистана. В 2022 году структура генерации выглядела следующим образом:



Эта структура приводит к высокому уровню выбросов CO_2 и загрязнителей воздуха. Правительство Узбекистана поставило цель увеличить долю ВИЭ до 40% к 2030 году.

Таблица-2. Сравнительный анализ с зарубежными странами

Показатель	ЕС	США	Китай	Япония	Узбекистан
Цель нейтральности	2050	2050	2060	2050	2050
Доля ВИЭ(2023)	~40%	~33%	~30%	~20%	~10%
Торговля выбросами	Да	Частично	Да	Нет	Нет
CCUS	Да	Да	Да	Ограничено	Нет
Водородная стратегия	Да	Да	Да	Да	Планируется

Узбекистан уже делает шаги вперёд, но всё ещё находится на начальном этапе декарбонизации. Переход на возобновляемые источники энергии может сократить выбросы более чем на 48% к 2035 году. Это поможет улучшить качество воздуха, снизить заболевания дыхательной системы и повысить энергетическую безопасность страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Энергетическая трансформация является ключевым фактором снижения загрязнения атмосферного воздуха. Международный опыт показывает, что успешная декарбонизация требует сочетания технологических инноваций, институциональных реформ и экономических стимулов. Узбекистан обладает значительным потенциалом в области солнечной и ветровой энергетики, однако переход к малоуглеродной модели требует ускорения реформ, модернизации инфраструктуры и внедрения углеродного регулирования.

РЕКОМЕНДАЦИИ

✓ Ускорить ввод в эксплуатацию солнечных и ветровых электростанций, обеспечив достижение установленной мощности не менее 8 ГВт к 2030 году.

✓ 2. Разработать национальную систему торговли углеродными квотами.

✓ 3. Модернизировать газовые ТЭС, переводя их на парогазовые установки (ПГУ).

✓ 4. Развивать водородные технологии и пилотные проекты.

✓ 5. Снизить потери в электрических сетях и повысить энергосбережение зданий.

✓ 6. Усилить мониторинг качества воздуха и обеспечить открытый доступ к данным.

✓ 7. Повысить участие частного сектора через механизмы ГЧП(государственно-частное партнерство).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. European Commission (2020). The European Green Deal. Detailed policy package aimed at achieving carbon neutrality. Brussels.

2. IEA (2023). World Energy Outlook. Comprehensive global energy projections and decarbonization scenarios.

3. IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Scientific basis of climate policy.

4. United States DOE (2023). IRA Impacts on Clean Energy. Analysis of government incentives.

5. National Energy Administration of China (2022). Renewable Energy Development Plan. Strategic transition to VRE.

6. METI (2021). Japan Hydrogen Strategy. Hydrogen economy roadmap.

7. UNDP Uzbekistan (2024). Low Carbon Development Report. Assessment of Uzbekistan’s decarbonization potential.

8. Ministry of Energy of Uzbekistan (2022). Energy Strategy 2030. Official national energy development plan.

9. Г.В. Сафонов, М.Л. Козельцев, А.В. Стеценко, А.Л. Дорина, Ю.А. Сафонова, А.А. Семакина, А.Г. Сизонов, М.Г. Сафонов. Перспективы декарбонизации мировой экономики в контексте реализации Парижского климатического соглашения ООН.

MONITORING AIR POLLUTION IN UZBEKISTAN

Salomova Feruza Ibodullaevna
Tashkent State Medical University

Abstract. This article presents the results of an analysis of air pollution data in the cities of the Republic of Uzbekistan (RUz) in 2021, based on reports from the Atmosphere, Surface Water, and Soil Pollution Monitoring Service of the Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan. This analysis included data on the concentrations of key pollutants: dust, sulfur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide and oxide, ozone, as well as specific impurities and

heavy metals. The results showed that the average annual concentrations of all pollutants in question did not exceed maximum permissible concentrations. Only in some cities were average daily maximum permissible concentrations (MPCs) exceeded. The Atmospheric Air Pollution Index (API) in the cities ranged from 1.38 to 4.85.

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekiston Respublikasi (O'R) shaharlarida 2021-yilda havo ifloslanishi ma'lumotlarini tahlil qilish natijalari keltirilgan bo'lib, ular O'R Gidrometeorologiya xizmatining Atmosfera, yer usti suvlari va tuproq ifloslanishini monitoring qilish xizmati hisobotlariga asoslangan. Ushbu tahlil asosiy ifloslantiruvchi moddalar: chang, oltingugurt dioksidi, uglerod oksidi, azot dioksidi va oksidi, ozon, shuningdek, o'ziga xos aralashmalar va og'ir metallar konsentratsiyasi bo'yicha ma'lumotlarni o'z ichiga olgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ko'rib chiqilayotgan barcha ifloslantiruvchi moddalarning o'rtacha yillik konsentratsiyasi ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyalardan oshmagan. Faqat ba'zi shaharlarda o'rtacha kunlik ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyalar (REK) oshib ketgan. Shaharlarda Atmosfera havosining ifloslanish indeksi (AII) 1,38 dan 4,85 gacha bo'lgan.

Аннотация. В статье приведены результаты анализа данных по загрязнению атмосферного воздуха в городах Республики Узбекистан (РУз) в 2021 году на основе отчетных данных Службы мониторинга загрязнения атмосферы, поверхностных вод и почвы центра гидрометеорологической службы РУз. Проанализированы данные по исследованию концентрации основных загрязняющих веществ: пыли, диоксида серы, оксида углерода, диоксида и оксида азота, озона, а также специфических примесей и тяжелых металлов. Результаты показали, что среднегодовые концентрации всех рассматриваемых загрязняющих веществ не превышали предельно допустимые концентрации, только в атмосферном воздухе некоторых городов отмечено превышение среднесуточных предельно допустимых концентраций (ПДК). Индекс загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) в городах был в пределах 1,38-4,85.

Key words: atmospheric air, pollution, dust, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon monoxide, ozone, PM2.5, PM10, IPA.

Kalit so'zlar: atmosfera havosi, ifloslanish, chang, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi, uglerod oksidi, ozon, PM2.5, PM10, IPA.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязнение, пыль, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, озон, PM2,5, PM10, ИЗА.

INTRODUCTION.

Air pollution is one of the most serious environmental threats to human health. By reducing air pollution, countries can reduce the burden of diseases such as stroke, cardiovascular disease, lung cancer, and chronic or acute respiratory diseases, including asthma. In 2019, 99% of the world's population lived in areas where air pollution levels exceeded WHO air quality guidelines. The combined effects of ambient and indoor air pollution are responsible for 6.7 million premature deaths per year. In 2019, ambient (outdoor) air pollution was estimated to have caused 4.2 million premature deaths globally. About 89% of these premature deaths occurred in low- and middle-income countries, primarily in the WHO South-East Asia and Western Pacific Regions [1].

Air pollution is determined by the penetration of pollutants from natural and anthropogenic sources, as well as the physical, geographical, and climatic conditions of the region. A significant portion of Uzbekistan is flat, part of the Turan Lowland, exposed to cold air intrusions, which create a sharply continental climate. Periodic westerly and northwestern intrusions of moist air from the temperate Atlantic Ocean are observed, which also influences the formation of qualitative and quantitative atmospheric characteristics. The main natural pollutants of the flat region are natural sources of aerosol emissions into the atmosphere, such as the Karakum and Kyzylkum

deserts with their frequent dust storms, as well as the Aral Sea region, from whose surface large masses of salty dust are raised and transported westward. Sources of anthropogenic pollutants include transport and enterprises in the republic's leading industries, in particular, oil and gas production and processing, energy, metallurgy, construction, chemistry, etc. [2].

The main sources of urban air pollution are industrial enterprises and motor vehicles. In large cities, vehicle emissions outweigh those from industrial enterprises [3]. Air pollution monitoring is essential for effective air quality management.

PURPOSE OF THE STUDY

To assess air quality in cities of the Republic of Uzbekistan based on data obtained from monitoring stations in 2021. The study aims to determine the level of air pollution by various substances, such as dust, sulfur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide and oxide, ozone, as well as specific impurities (ozone, phenol, ammonia), and heavy metals (cadmium, lead, copper, zinc).

MATERIALS AND METHODS

This study used data on the concentration of various pollutants in the air of cities of the Republic of Uzbekistan for 2021. The data was obtained using automatic air quality monitoring posts located in different parts of the cities of the Republic of Uzbekistan. Up to 12 pollutants are monitored in the atmospheric air at these monitoring stations. The city's air quality monitoring program covers five key pollutants: dust (particulate matter), sulfur dioxide, carbon monoxide (carbon monoxide), nitrogen dioxide, and nitrogen oxide. Other parameters are added to the measurement programs depending on the composition of industrial emissions and the characteristics of nearby enterprises and adjacent areas (ammonia, phenol, formaldehyde, ozone, chlorine, solid fluorides, hydrogen fluoride, and heavy metals).

The air pollution level is measured by the Comprehensive Air Pollution Index (API), which is calculated primarily based on five priority pollutants (dust, carbon monoxide (carbon monoxide), nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and nitrogen oxide). API values of less than 5 points correspond to low pollution levels. Air pollution levels are considered low if API is 0-4, elevated if API is 5-6, high if API is 7-13, and very high if API is greater than 14. The overall level of atmospheric dustiness is monitored in 18 industrial cities of Uzbekistan. Increased air dustiness is observed in large cities of Uzbekistan, where more than 41% of the urban population resides [4]

RESULTS AND DISCUSSION.

Air pollution with nitrogen oxides. The most significant air pollutants include nitrogen oxides, which enter the atmosphere with anthropogenic emissions from industry, power plants, and transport. They are formed during the combustion of fossil fuels at high temperatures as nitric oxide (NO) and nitrogen dioxide (NO_2). In the air, nitric oxide (NO) is transformed into nitrogen dioxide (NO_2). The average concentration of nitrogen oxides in the air in the republic's cities ranged from 0.01 to 0.05 mg/m^3. In six cities – Bekabad, Tashkent, Namangan, Fergana, Margilan, and Navoi – nitrogen dioxide levels in the air exceeded the MAC by 1.3 times.

Air pollution with sulfur dioxide. The main sources of sulfur dioxide in urban air are power plants, boiler houses, and metallurgy enterprises. Sulfur dioxide is emitted into the atmosphere during the combustion of sulfur-containing fuels, as well as during the processing of sulfide ores.

The average concentration of sulfur dioxide in the atmospheric air of cities in 2021 ranged from 0.001 to 0.057 mg/m^3. In all cities, there were no cases where the concentration exceeded the MAC, except for the city of Almalyk, where the MAC was 1.1 MAC.

Air pollution by carbon monoxide (CO). Carbon monoxide is emitted into the atmosphere from industrial enterprises as a result of incomplete combustion of fuel. Carbon monoxide is found in large quantities in emissions from metallurgy and petrochemical plants, but the main source of carbon monoxide is motor vehicles.

The average concentration of carbon monoxide in the atmospheric air of cities in 2021 ranged from 1 to 4 mg/m³. In the cities of Angren and Namangan, carbon monoxide concentrations exceeded the MAC by 1.3 times.

Atmospheric air pollution by suspended solids (dust). Suspended solids include dust, ash, soot, cement, sulfates, nitrates, and other suspended matter formed during the combustion of all types of fuel and industrial processes. Suspended solids enter the atmosphere from both anthropogenic and natural sources. Anthropogenic suspended solids include industrial dust and particulate matter from various industries, particulate matter in vehicle emissions, and others. Natural suspended solids are formed when wind lifts soil particles into the air. Currently, massive residential construction projects have spread throughout all major cities. Construction activities pollute the atmosphere in the form of numerous small and large streams of suspended solids generated during excavation work. Cement dust, emissions from burning construction waste, and many gaseous impurities emitted by various construction equipment are emitted into the atmosphere. As a result, average suspended solids concentrations in the atmospheric air in large cities exceed maximum permissible concentrations. Dust concentrations in the atmospheric air of cities ranged from 0.10 to 0.25 mg/m³. Maximum permissible concentrations (MPC) exceeded by 1.3 times were recorded in the cities of Tashkent, Namangan, Bukhara, Samarkand, and Nukus. Since March 2021, continuous monitoring of fine particulate matter (PM10) and PM2.5 has been carried out in Tashkent using automatic air monitoring stations. These particles typically account for 40–70% of total suspended particulate matter.

In Uzbekistan, SanRN 0293-11 is currently in effect, which sets standards only for suspended particulate matter (PM10). Standards for fine particulate matter (PM2.5) in the atmospheric air have not yet been developed. Due to a dust storm in November 2021, the average monthly MPC for suspended particulate matter (PM10) was exceeded by 2.3 times.

Ozone pollution of atmospheric air. Ozone is formed in polluted atmospheres as a result of photochemical reactions occurring in the atmosphere under the influence of intense solar radiation. Ozone concentrations in cities across the republic ranged from 0.010 to 0.083 mg/m³. Exceedances of MAC were recorded in the cities of Angren (1.2 MAC), Tashkent (1.9 MAC), and Fergana (2.8 MAC). In 2021, extremely high and severe air pollution were observed in the cities of Almalyk in January and March for sulfur dioxide (from 8.9 to 13.7 MACs), Tashkent in July and October for dust (9.3 and 6.0 MACs, respectively), and Chirchik in August and November for ammonia (7.0 and 6.0 MACs, respectively).

Air Pollution Index. In Uzbekistan, the Atmospheric Pollution Index (API) is used to comprehensively assess atmospheric air quality. It is calculated based on the five substances with the highest concentrations.

According to Uzhydromet monitoring data, air pollution levels remained stable in Uzbekistan in 2021 (Andijan - API - 3.52, Almalyk - 4.85, Angren - 4.41, Bukhara - 4.34, Kokand - 2.83, Margilan - 1.51, Sariasiya - 1.38, Tashkent - 4.67, Navoi - 4.03, Nukus - 3.37, Urgench - 1.95, Chirchik - 3.56, Samarkand - 3.13).

CONCLUSIONS

Overall, based on monitoring data, it can be concluded that air quality in the cities of Uzbekistan is satisfactory and complies with established MACs.

Air pollution in the cities of Uzbekistan is primarily due to emissions of nitrogen, sulfur, and carbon oxides, as well as dust and smoke. In addition to emissions from industrial enterprises and vehicles, there are other sources of air pollution. For example, during dust storms, which occur from autumn to spring, dust concentrations in the atmosphere increase significantly. Furthermore, waste incineration in landfills is also a significant source of air pollution, especially in the summer.

To improve the air pollution situation, a number of measures must be taken to reduce pollutant emissions. For example, it is necessary to develop environmentally friendly modes of transport, such as electric vehicles, and to modernize equipment at industrial facilities to reduce emissions. Furthermore, it is necessary to develop waste disposal systems and take measures to reduce dust loads in the city. Thus, despite the positive results, air pollution remains a serious problem that negatively impacts public health. To improve the situation, it is necessary to take measures aimed at reducing pollutant emissions into the atmosphere, as well as carrying out air purification and dust reduction activities.

REFERENCES

1. World Health Organization. Ambient (outdoor) air pollution. 2018. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health.
2. Саломова Ф.И., Садуллаева Х.А., Миррахимова М.Х., Кобилжонова Ш.Р., Абатова Н.П. (2023). Загрязнение окружающей среды и состояние здоровья населения. Yosh olimlar tibbiyot jurnali, 2023 01(5), 163-166.
3. Salomova, F., Sadullayeva, H., Sherkuzieva, G., & Yarmuhamedova, N. F. (2020). State of atmospheric air in the republic of Uzbekistan. Central Asian Journal of Medicine, 2020(1), 131-147.
4. Обзор состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах РУз на территории деятельности Узгидромета за 2021 г. Ташкент, 2022. 155 с.

NAVOIY SHAHRIDA ATMOSFERA IFLOSLANISHI VA ASOSIY METEOROLOGIK OMILLAR O‘ZGARUVCHANLIGI (2012–2024)

Toshturdiyev Nurbek Nurali o‘g‘li, Toshtemirova Mashhura Botirjon qizi , Abdalimov Sherzod Abdusaid o‘g‘li , Jabborova Madina Oybek qizi, Isakova Aziza Yadgarovna
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti

Annotatsiya: Maqolada 2012–2024-yillar oralig‘ida Navoiy shahrida atmosfera havosining ifloslanish darajasi va uning asosiy meteorologik omillar — havo harorati hamda atmosfera yog‘inlari bilan o‘zgaruvchanligi tahlil qilingan. Tadqiqot davomida turli ifloslantiruvchi moddalarning ko‘p yillik monitoring ma’lumotlari asosida dinamikasi o‘rganilib, ularning meteorologik parametrlar bilan o‘zaro bog‘liqligi baholandi. Natijalar havo sifatining mavsumiy va yillik tebranishlari ko‘proq haroratning ekstremal qiymatlari va yog‘in miqdorining yetishmasligi bilan chambarchas bog‘liq ekanini ko‘rsatadi. Ushbu tahlil Navoiy shahrida ekologik jarayonlarni tushunish hamda atmosfera sifati monitoringini takomillashtirish uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: Atmosfera ifloslanishi; meteorologik sharoitlar; harorat; yog‘in; atmosfera dinamikasi; ifloslantiruvchi moddalar; ko‘p yillik monitoring; ekologik baholash; Navoiy shahri; 2012–2024-yillar.

Аннотация: В данной статье проведён анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха в городе Навои за период 2012–2024 годов, а также изучена его взаимосвязь с основными метеорологическими факторами — температурой воздуха и количеством атмосферных осадков. На основе многолетних данных мониторинга оценена динамика концентраций различных загрязняющих веществ и определены их корреляционные связи с метеорологическими параметрами. Результаты исследования показывают, что сезонные и годовые колебания качества воздуха тесно связаны с экстремальными значениями температуры и недостаточным количеством осадков. Проведённый анализ позволяет

глубже понять экологические процессы в регионе и служит научной основой для совершенствования системы мониторинга атмосферного воздуха в городе Навои.

Ключевые слова: Загрязнение атмосферы; метеорологические условия; температура воздуха; атмосферные осадки; динамика загрязняющих веществ; многолетний мониторинг; экологическая оценка; город Навои; 2012–2024 годы.

Abstract: This study analyzes the level of atmospheric air pollution in Navoi city during the period 2012–2024 and examines its relationship with key meteorological factors, including air temperature and precipitation. Using long-term monitoring data, the research evaluates the dynamics of major air pollutants and identifies their correlations with meteorological parameters. The findings indicate that seasonal and annual fluctuations in air quality are strongly influenced by extreme temperature conditions and insufficient precipitation. The results provide an important scientific basis for understanding environmental processes in the region and improving air quality monitoring strategies in Navoi city.

Keywords: Air pollution; meteorological factors; air temperature; precipitation; pollutant dynamics; long-term monitoring; environmental assessment; Navoi city; 2012–2024.

KIRISH

Atmosfera havosining ifloslanishi global ekologik xavfsizlik va inson salomatligiga ta’sir qiluvchi eng muhim omillardan biri hisoblanadi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (WHO) ma’lumotlariga ko‘ra, tashqi havo ifloslanishi nafas olish tizimi, yurak-qon tomir kasalliklari, allergik reaksiyalar va o‘pka yetishmovchiligi kabi ko‘plab kasalliklar xavfini oshiradi hamda har yili millionlab erta o‘lim holatlarini yuzaga keltiradi [1]. Bunday xavf omillari, ayniqsa, quruq iqlimli, sanoatlashtirilgan hududlarda kuchli namoyon bo‘lib, havo sifatining yomonlashuvi ekologik barqarorlikka ham salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Atmosfera ifloslanishining darajasi nafaqat antropogen chiqindilar hajmiga, balki meteorologik omillarning o‘zgaruvchanligiga ham bevosita bog‘liqdir. Fan va amaliyotda bu jarayon “meteorologik senzitivlik” yoki “pollyutantlarning meteorologik sharoitlarga javobi” sifatida talqin qilinadi. Harorat, yog‘in miqdori, shamol tezligi, namlik, atmosfera bosimi va inversiya hodisalari pollyutantlarning tarqalishi, to‘planishi yoki yuvilish jarayonlarini keskin o‘zgartiradi [2]. Masalan, yuqori harorat O_3 hosil bo‘lishi va chang aerozollarining ko‘payishiga yordam bersa, yog‘inli sharoitlarda zarrachalar yuvilib, konsentratsiya kamayadi; shamol sust bo‘lgan kunlarda esa ifloslantiruvchi moddalar havoda uzoq saqlanib, yuqori konsentratsiya hosil qiladi.

Xalqaro adabiyotlarda oxirgi yillarda meteorologik omillar ta’siri doirasida atmosfera ifloslanishi bilan bog‘liq ilmiy ishlanmalar kengayib bormoqda. Masalan, Shaddick va hammualliflarining global baholashga bag‘ishlangan izlanishlari ifloslanish va meteorologik sharoitlar o‘zaro bog‘liqligini ierarxik statistik modellar orqali chuqur tahlil qilgan bo‘lib, bu yondashuv hududiy monitoringni yanada takomillashtirish zarurligini ko‘rsatadi [3]. Shu bilan birga, O‘zbekiston bo‘yicha olib borilgan so‘nggi ilmiy tadqiqotlarda ham atmosfera ifloslanishining hududiy farqlari, sanoat chiqindilari ta’siri va ekologik omillar bilan bog‘liq tendensiyalar o‘rganilgan, biroq meteorologik elementlar bilan bevosita bog‘liqlik fundamental darajada yoritilmagan [4]. Bu esa mahalliy iqlim xususiyatlariga ega hududlarda qo‘shimcha chuqur tahlillar o‘tkazishni talab qiladi.

Navoiy shahri O‘zbekistonning sanoatlashtirilgan, yarim cho‘l hududida joylashgani bois, havo sifatining meteorologik omillarga bog‘liqligi yanada yaqqol namoyon bo‘ladi. Quruq iqlim, yuqori haroratlar, yil davomida kam yog‘in, esuvchi shamollarning notekis taqsimlanishi va qo‘shimcha ravishda sanoat korxonalarining mavjudligi atmosferadagi pollyutantlar miqdorining keskin mavsumiy o‘zgaruvchanligini yuzaga keltiradi. Shuningdek, chang ko‘tarilishi, tuproq eroziyasi va tez-tez kuzatiluvchi chang-to‘zon hodisalari ham hududda qo‘shimcha ifloslanish

manbai sifatida namoyon bo‘ladi. Shu sababli, 2012–2024-yillar oralig‘ida Navoiy shahrida atmosfera ifloslanishining dinamikasini va uning meteorologik omillar bilan bog‘liqligini o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarbligi bilan ajralib turadi. Ushbu davr meteorologik ko‘rsatkichlar — harorat, yog‘in, shamol, namlik — bilan atmosfera pollyutantlari — chang zarrachalari, SO_2, NO_2, CO va boshqalar — o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash uchun yetarlicha uzoq vaqt oralig‘ini ta’minlaydi. Mazkur tadqiqot natijalari hududiy ekologik boshqaruv, sanoat hududlarida monitoring siyosatini takomillashtirish, ifloslanish xavfini kamaytirish strategiyalarini ishlab chiqish hamda atmosfera sifatining mavsumiy prognozlarini yaratishda muhim nazariy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

TADQIQOT USLUBLARI

Ushbu tadqiqotda Navoiy shahrida 2012–2024-yillar davomida atmosfera havosidagi ifloslantiruvchi moddalar o‘zgarishi va ularning asosiy meteorologik omillar bilan bog‘liqligi kompleks statistik va tahliliy yondashuvlar asosida o‘rganildi. Ma’lumotlarning asosiy qismi UZGIDROMETning muntazam monitoring kuzatuvlari asosida shakllantirilib, har bir yil uchun o‘rtacha yillik, mavsumiy va maksimal qiymatlar bo‘yicha qayta ishlash amalga oshirildi [5].

Tadqiqot jarayonida dastlab atmosfera pollyutantlarining — chang zarrachalari, SO_2, NO_2, CO va boshqa asosiy moddalarning oylik va yillik dinamikasi vaqt qatori usulida tahlil qilindi. Ushbu yondashuv ifloslanishdagi umumiy trend, mavsumiy o‘zgarishlar va keskin tebranishlarni aniqlash imkonini berdi. Shuningdek, meteorologik ko‘rsatkichlar — havo harorati, yog‘in miqdori, namlik va shamol tezligining pollyutantlar bilan o‘zaro bog‘liqligi korrelyatsion-statistik tahlil yordamida baholandi. Bunda Pearson korrelyatsiya koeffitsienti va mavsumlar bo‘yicha o‘rtacha farqlanish ko‘rsatkichlaridan foydalanildi.

Atmosfera ifloslanishining meteorologik omillar ta’siriga sezgirligini aniqlash maqsadida qo‘shimcha ravishda grafik-uslubiy tahlil, dispersiya ko‘rsatkichlari va vaqt bo‘yicha taqqoslash metodlari qo‘llandi. Ayrim keskin o‘zgarishlar kuzatilgan yillar bo‘yicha anomaliya indeksi hisoblanib, ularning meteorologik fon bilan bog‘liqligi alohida ko‘rib chiqildi. Ushbu yondashuv hududning yarim cho‘l iqlimi sharoitida pollyutantlarning mavsumiy tarqalishi va to‘planish xususiyatlarini chuqurroq tushuntirish imkonini berdi [6]. Yakuniy bosqichda barcha natijalar kompleks ravishda solishtirilib, ifloslanish jarayonlarining meteorologik sharoitlar bilan bog‘liqligi bo‘yicha ilmiy xulosa va amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi. Tanlangan metodlar atmosfera monitoringi bo‘yicha xalqaro yondashuvlar bilan uyg‘un bo‘lib, mahalliy iqlim sharoitlariga moslashtirilgan holda qo‘llandi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Atmosfera havosining sifatini baholashda ko‘p yillik monitoring ma’lumotlari asosiy ilmiy manba bo‘lib xizmat qiladi. Bunday kuzatuvlar turli ifloslantiruvchi moddalarning yil davomida qanday miqdorda o‘zgarishi, ularning mavsumiy tebranishi hamda antropogen omillar ta’sirida shakllanuvchi dinamik jarayonlarni aniqlash imkonini beradi. Urbanizatsiya, sanoatning kengayishi va transport yuklamasi ortib borayotgan sharoitda havo sifati bo‘yicha barqaror tendensiyalarni tushunish ekologik xavfsizlikni ta’minlashning muhim omillaridan biridir. Ko‘p yillik ekologik kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, havodagi zararli moddalarning konsentratsiyasi hududning iqlimiy sharoitlari, meteorologik omillar va iqtisodiy faollik darajasiga bevosita bog‘liq bo‘ladi. Shu sababli, o‘rganilgan yillar kesimidagi o‘zgarishlarni tahlil qilish nafaqat mavjud holatni baholash, balki istiqboldagi xavf va imkoniyatlarni belgilashda ham muhim ilmiy ahamiyatga ega.

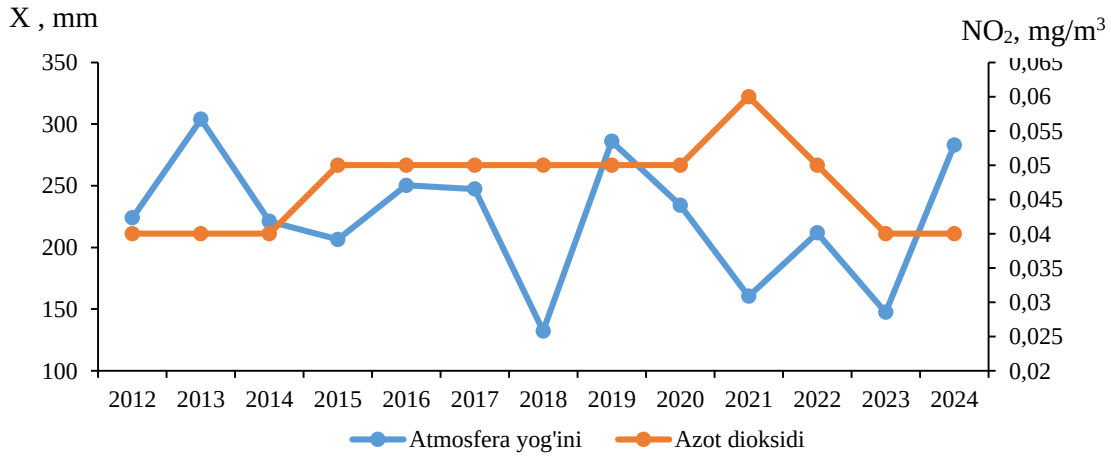
Mazkur tadqiqot doirasida to‘plangan monitoring ko‘rsatkichlari asosida ifloslantiruvchi moddalarning yillik dinamikasi va ularga ta’sir ko‘rsatuvchi omillar izchil o‘rganildi. Endi ushbu yillik ma’lumotlarni batafsil tahlil qilib, ularning o‘zgarish qonuniyatlarini ko‘rib chiqamiz [7].

1-jadval

2012-2024-yillar mobaynida Navoiy shahrida qayd etilgan meteorologik kattaliklar va havo ifloslantiruvchilarining qiymatlari

T/r	Yillar	Atmosfera yog'inlari, X, mm	Havo harorati $t_{o'rt}$, °C	Atmosfera ifloslantiruvchilari, mg/m^3			
				Azot dioksidi	Azot oksidi	Ozon	Ammiak
1	2012	224	15,37	0,04	0,03	0,018	0,03
2	2013	304	16,1	0,04	0,03	0,02	0,03
3	2014	221,1	15,16	0,04	0,03	0,018	0,02
4	2015	206,5	16,13	0,05	0,04	0,016	0,03
5	2016	250,4	16,63	0,05	0,04	0,013	0,03
6	2017	247,4	15,89	0,05	0,04	0,013	0,03
7	2018	132,3	15,8	0,05	0,05	0,013	0,03
8	2019	286	15,4	0,05	0,05	0,013	0,04
9	2020	234,3	15,2	0,05	0,06	0,013	0,05
10	2021	160,4	16,93	0,06	0,04	0,012	0,03
11	2022	211,8	16,9	0,05	0,03	0,013	0,04
12	2023	147,5	17,5	0,04	0,04	0,012	0,04
13	2024	282,9	16,41	0,04	0,02	0,029	0,05

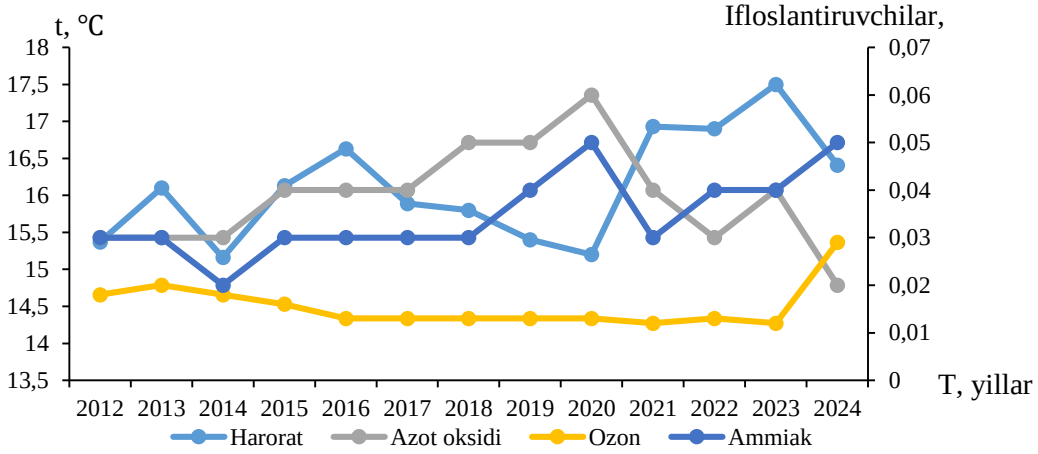
2012–2024-yillar bo‘yicha Navoiy shahrining ko‘p yillik monitoring ma’lumotlari shuni ko‘rsatadiki, atmosfera yog‘inlari miqdori va havodagi asosiy ifloslantiruvchilar konsentratsiyasi o‘rtasida ma’lum darajada teskari bog‘liqlik mavjud. Yog‘inlar odatda havodagi zararli moddalarning yuvilishi va cho‘kishiga olib keladi, natijada ifloslantiruvchilar miqdori pasayishga moyil bo‘ladi [8].



1-rasm. Atmosfera yog‘inlari va havo ifloslantiruvchilari (Azot dioksidi) tendensiyasi grafigi

Jadvalda keltirilgan ko‘rsatkichlarga ko‘ra, yog‘inlar yuqori bo‘lgan 2013 (304 mm), 2019 (286 mm) va 2024-yillarda (282,9 mm) azot dioksidi (NO_2), azot oksidi (NO), ozon (O_3) va ammiak (NH_3) konsentratsiyalari nisbatan past darajada qayd etilgan. Aksincha, yog‘in miqdori

keskin kamaygan 2018 (132,3 mm) va 2021 (160,4 mm) yillar ifloslantiruvchilar ko‘rsatkichlarining biroz oshishi bilan tavsiflanadi. Bu holat yog‘inlarning atmosfera tarkibini tabiiy tozalashdagi rolini yaqqol ko‘rsatadi. Masalan, 2018-yilda yog‘inlar eng past darajaga tushgan (132,3 mm) bo‘lsa-da, NO va NO_2 konsentratsiyasida oshish kuzatilgan (0,05–0,05 mg/m³). 2024-yilda esa yog‘inlar ko‘payishi natijasida NO_2 0,04 mg/m³ gacha pasaygan, ozon esa tabiiy fotokimyoviy jarayonlarning kuchayishi hisobiga ma’lum darajada oshgan bo‘lsada, boshqa ifloslantiruvchilar bo‘yicha yuklama yuqori bo‘lmagan. Umuman olganda, yog‘inlar ko‘paygan yillarda zararli moddalarning yuvilishi tufayli ularning konsentratsiyasi tabiiy ravishda kamayadi, yog‘in kam bo‘lgan yillarda esa ifloslantiruvchilar havoda ko‘proq to‘planadi. Bu holat atmosfera yog‘inlari bilan ifloslanish darajasi o‘rtasidagi teskari korrelyatsiyani tasdiqlaydi [9].



2012–2024-yillar bo‘yicha Navoiy shahrining harorati va havodagi asosiy ifloslantiruvchi moddalarning o‘zgarishi tahlili ularning o‘zaro chambarchas bog‘langanligini ko‘rsatadi. Havo haroratining ko‘tarilishi atmosferadagi kimyoviy jarayonlar faollashuviga, ayniqsa azot oksidlari va ozonning hosil bo‘lishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Yuqori harorat sharoitida fotokimyoviy reaksiyalar kuchayadi, bu esa troposfera ozonining ortishiga olib kelishi mumkin [10].

Grafik ma’lumotlariga ko‘ra, harorat yuqori bo‘lgan 2021 (16,93 °C) va 2023-yillarda (17,5 °C) O_3 miqdorining nisbatan past ko‘rsatkichlarda bo‘lgani kuzatiladi (0,012 mg/m³). Bu, bir tomondan, mintaqaning meteorologik sharoitlari (shamollanish, havoning vertikal aralashuvi) bilan bog‘liq bo‘lsa, boshqa tomondan, NO va NO_2 konsentratsiyasining pasayishi bilan izohlanadi. Chunki azot oksidlari ozon bilan o‘zaro reaksiyaga kirishib, uning miqdorini kamaytiradi. Aksincha, 2019–2020-yillarda harorat pastroq bo‘lishiga qaramay, ozonning barqaror 0,013 mg/m³ darajada saqlangani, bu davrda fotokimyoviy jarayonlarning emissiya tarkibiga bog‘liq holda nisbatan barqaror kechganini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, haroratning ko‘tarilishi ammiakning bug‘lanish jarayonini tezlashtiradi. Masalan, 2020 (15,2 °C) va 2024-yillarda (16,41 °C) NH_3 konsentratsiyasining 0,05 mg/m³ gacha oshishi kuzatilgan.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Tadqiqot natijalarining umumiy tahlili shuni ko‘rsatdiki, Navoiy shahrida 2012–2024-yillar davomida atmosfera havosining ifloslanish darajasi meteorologik omillar — xususan atmosfera yog‘inlari va havo harorati bilan uzviy bog‘liqdir. Yillik o‘zgarishlar shuni tasdiqlaydiki, yog‘inlar ko‘paygan yillarda havodagi azot oksidi, azot dioksidi va ammiak miqdori barqaror pasaygan, bu esa tabiiy yuvilish jarayonlarining kuchayganini anglatadi. Aksincha, yog‘in miqdori keskin kamaygan 2018, 2021 va 2023-yillar davomida ifloslantiruvchi moddalarning biroz ko‘tarilishi kuzatilgan.

Shuningdek, haroratning o‘zgarishi ham atmosfera kimyoviy jarayonlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatgani aniqlandi. Issiq yillarda ozon hosil bo‘lishi kuchayib, uning konsentratsiyasi nisbatan

yuqoriroq qayd etilgan. Sovuqroq yillarda esa azot oksidlari to‘planishining ortgani ma’lum bo‘ldi. Bu holatlar meteorologik sharoitlarning atmosfera havosi tarkibiga bevosita ta’sirini yana bir bor tasdiqlaydi. Umuman olganda, tadqiqot shahar ekologik barqarorligi asosan tabiiy sharoitlar va inson faoliyati uyg‘unligiga bog‘liqligini ko‘rsatdi.

TAVSIYALAR

1. **Meteorologik sharoitlarni hisobga olgan holda muntazam monitoring tizimini kuchaytirish.** Yog‘in kam va harorat yuqori mavsumlarda ifloslanish darajasi o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli qo‘shimcha kuzatuv punktlarini tashkil etish zarur.
2. **Sanoat korxonalarida mavsumiy emissiya cheklovlarini joriy etish.** Issiq davrlarda ozonning ko‘payishi, sovuq davrlarda azot oksidlarining to‘planishi kuzatilgani uchun mavsumga moslashtirilgan ekologik talablar ishlab chiqilishi lozim.
3. **Atmosfera yog‘inlari kam bo‘lgan davrlarda ekologik profilaktika choralarini kuchaytirish.** Chang va gazlarning tabiiy yuvilishi susaygan davrlarda havo sifatini me’yorlashtirish uchun qo‘shimcha texnologiyalar qo‘llanishi maqsadga muvofiq.
4. **Shahar yashil hududlarini bosqichma-bosqich kengaytirish.** Yashil zonalar havodagi chang, azot oksidlari va ozonni tabiiy tarzda kamaytiradi, shuningdek mikroiqlimning barqarorlashuviga yordam beradi.
5. **Aholi o‘rtasida ekologik savodxonlikni oshirish.** Meteorologik omillarning sog‘liq uchun xavflari haqida muntazam ma’lumot berish, ekologik xavfli kunlarda profilaktik choralarni tavsiya qilish foydali bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Health Organization (WHO). *Ambient (outdoor) air pollution and health*. Geneva: WHO, 2022.
2. Yaqoob, H. et al. “Role of Meteorological Parameters in Air Pollution Patterns.” *Atmospheric Environment*, 2021.
3. Shaddick, G. et al. *Data Integration Model for Air Quality. Journal of the Royal Statistical Society*, 2018.
4. Salomova, F.I. et al. “Monitoring of Air Pollution in Uzbekistan.” *AJPER*, 2023.
5. UZGIDROMET. *“Navoiy shahrida atmosfera havosining yillik monitoring natijalari bo‘yicha hisobotlar (2012–2024).”* Navoiy, 2012–2024.
6. Tuxtamuratova, D.D. “O‘zbekiston Respublikasida atmosfera havosining monitoring usullari va tahlil tamoyillari.” *IQRO INDEXING*, 2025, №1, 3–5.
7. Karimov, B. (2022). *Urban Atmosphere Assessment and Long-Term Pollution Variability in Industrial Regions. Ekologik Tadqiqotlar Jurnali*, 5(1), 45–58.
8. Abdurahmonov, A. (2021). *Atmosfera jarayonlari va ekologik omillar*. Toshkent: Fan nashriyoti.
9. Seinfeld, J. & Pandis, S. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Wiley Publishing.
10. Botirov, B. (2020). *Atmosfera fizikasi va kimyosi asoslari*. Toshkent: O‘zMU nashriyoti.
11. Jacob, D. (1999). *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press.

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ОХРАНА ГОРОДСКОГО ВОЗДУХА В УЗБЕКИСТАНЕ

Е. М. Квиткова
Узбекский институт стандартизации при Узбекском агентстве по техническому регулированию Кабинета Министров Республики Узбекистан

Аннотация

Актуальность. Быстрая урбанизация и рост автомобилизации сделали загрязнение воздуха одной из наиболее острых экологических и медико-социальных проблем в крупных городах Узбекистана. Устойчиво высокие концентрации мелкодисперсных частиц ($PM_{2.5}$) во многом связаны с выбросами транспорта и усугубляются более широкими климатическими рисками в регионе, где наблюдаются ускоренное потепление и рост засушливости. Хотя электрификация автомобильного транспорта все чаще рассматривается в государственной политике как средство улучшения качества воздуха и содействия достижению климатических целей, институциональные условия, определяющие ее экологическую эффективность, остаются недостаточно изученными.

Цель. В статье загрязнение городского воздуха рассматривается как системная проблема устойчивого городского развития, а роль электромобильности анализируется в контексте более широкой институциональной реакции. Особое внимание уделяется стандартизации как базовому элементу национальной инфраструктуры качества, обеспечивающему трансформацию технологических изменений в измеримые экологические результаты.

Методы и результаты. В исследовании используется качественный аналитический подход, основанный на синтезе национальных экологических данных, документов климатической политики и международной рецензируемой научной литературы. Анализ показывает, что вклад электромобильности в улучшение качества воздуха зависит не только от внедрения транспортных средств, но и от гармонизированных стандартов, оценки соответствия, метрологии и согласованности регулирования. Инфраструктура качества снижает технологическую фрагментацию, способствует безопасности и совместимости, повышает предсказуемость политики и тем самым усиливает как эффекты улучшения качества воздуха, так и климатические сопутствующие выгоды.

Выводы. Решение проблемы загрязнения городского воздуха в Узбекистане требует интегрированного подхода, в рамках которого электромобильность встроена в устойчивую институциональную систему. Инфраструктура качества, включая стандартизацию, выступает нейтральным институциональным механизмом общественного назначения, согласующими экологические цели с развитием рынка и долгосрочными климатическими обязательствами.

Ключевые слова: электромобильность; загрязнение городского воздуха; охрана воздуха; стандартизация; инфраструктура качества; устойчивое развитие; Узбекистан.

Abstract

Background. Rapid urbanisation and growing motorisation have made air pollution one of the most acute environmental and public health challenges in Uzbekistan’s major cities. Persistently high concentrations of fine particulate matter ($PM_{2.5}$) are largely associated with transport-related emissions and are exacerbated by broader climate risks in a region experiencing accelerated warming and increasing aridity. Although the electrification of road transport is increasingly reflected in public policy as a means of improving air quality and supporting the

achievement of climate goals, the institutional conditions determining its environmental effectiveness remain insufficiently explored.

Objective. This article considers urban air pollution as a systemic challenge of sustainable urban development and analyses the role of electromobility within a broader institutional response. Particular attention is paid to standardisation as a core component of the national quality infrastructure that enables the translation of technological change into measurable environmental outcomes.

Methods and Results. The study employs a qualitative analytical approach based on the synthesis of national environmental data, climate policy documents and peer-reviewed international literature. The analysis demonstrates that the contribution of electromobility to air quality improvement depends not only on vehicle deployment but also on harmonised standards, conformity assessment, metrology and regulatory coherence. Quality infrastructure reduces technological fragmentation, supports safety and interoperability, enhances policy predictability, and thereby amplifies both air quality benefits and climate co-benefits.

Conclusions. Addressing urban air pollution in Uzbekistan requires an integrated approach in which electromobility is embedded within a robust institutional framework. Quality infrastructure, including standardisation, functions as a neutral institutional public-good mechanism that aligns environmental objectives with market development and long-term climate commitments.

Keywords: electromobility; urban air pollution; air protection; standardisation; quality infrastructure; sustainable development; Uzbekistan.

Annotatsiya

Dolzarblik. Tez sur’atlarda kechayotgan urbanizatsiya va avtomobillashuvning ortishi O‘zbekistonning yirik shaharlarida havo ifloslanishini eng dolzarb ekologik va ijtimoiy-sog‘liqni saqlash muammolaridan biriga aylantirdi. Mayda dispers zarrachalar ($PM_{2.5}$) ning barqaror yuqori konsentratsiyalari asosan transportdan kelib chiqadigan chiqindilar bilan bog‘liq bo‘lib, tezlashgan isish va qurg‘oqlikning kuchayishi kuzatilayotgan mintaqada kengroq iqlimiy xatarlar bilan yanada kuchaymoqda. Avtomobil transportini elektrlashtirish havo sifatini yaxshilash va iqlimiy maqsadlarga erishishga ko‘maklashuvchi vosita sifatida davlat siyosatida tobora ko‘proq e’tirof etilayotgan bo‘lsa-da, uning ekologik samaradorligini belgilovchi institutsional sharoitlar yetarlicha o‘rganilmagan.

Maqsad. Maqolada shahar havosining ifloslanishi barqaror shahar rivojlanishining tizimli muammosi sifatida ko‘rib chiqiladi hamda elektromobillikning kengroq institutsional javob doirasidagi roli tahlil qilinadi. Texnologik o‘zgarishlarni o‘lchab bo‘ladigan ekologik natijalarga aylantirishni ta’minlovchi milliy sifat infratuzilmasining asosiy elementi sifatida standartlashtirishga alohida e’tibor qaratiladi.

Usullar va natijalar. Tadqiqot milliy ekologik ma’lumotlar, iqlim siyosati hujjatlari va xalqaro taqrizdan o‘tgan ilmiy adabiyotlarni sintez qilishga asoslangan sifatli tahliliy yondashuvni qo‘llaydi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, elektromobillikning havo sifatini yaxshilashga qo‘shadigan hissasi nafaqat transport vositalarini joriy etish bilan, balki uyg‘unlashtirilgan standartlar, muvofiqlikni baholash, metrologiya va tartibga solishning muvofiqligi bilan ham belgilanadi. Sifat infratuzilmasi texnologik parchalanishni kamaytiradi, xavfsizlik va o‘zaro moslikni ta’minlaydi, siyosatning bashorat qilinuvchanligini oshiradi hamda shu orqali havo sifati bo‘yicha ijobiy ta’sirlar va iqlimiy qo‘shimcha foydalarni kuchaytiradi.

Xulosalar. O‘zbekistonda shahar havosining ifloslanishi muammosini hal etish elektromobillik barqaror institutsional tizimga integratsiya qilingan kompleks yondashuvni talab etadi. Standartlashtirishni o‘z ichiga olgan sifat infratuzilmasi ekologik maqsadlarni bozor rivoji

va uzoq muddatli iqlim majburiyatlari bilan uyg‘unlashtiruvchi neytral, jamoat ahamiyatiga ega institutsional mexanizm sifatida namoyon bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: elektromobillik; shahar havosining ifloslanishi; havoni muhofaza qilish; standartlashtirish; sifat infratuzilmasi; barqaror rivojlanish; O‘zbekiston.

ВВЕДЕНИЕ.

Загрязнение городского воздуха стало одной из ключевых проблем устойчивого развития быстро растущих городов по всему миру, особенно в регионах, где одновременно происходят экономический рост, климатический стресс и увеличение уровня автомобилизации. В Узбекистане городская среда все в большей степени подвержена воздействию мелкодисперсных частиц ($PM_{2.5}$), оксидов азота и других загрязнителей, представляющих серьезную угрозу для общественного здоровья и качества городской жизни. Международные оценки показывают, что концентрации $PM_{2.5}$ в крупных городах Узбекистана стабильно превышают рекомендуемые Всемирной организацией здравоохранения значения, при этом автомобильный транспорт определяется как один из основных источников загрязнения [1, 2]. Длительное воздействие мелкодисперсных частиц ($PM_{2.5}$) связано со значительными рисками для здоровья, включая повышение смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний [3].

Это экологическое давление совпадает с повышенной климатической уязвимостью. Темпы потепления в Узбекистане превышают среднемировые показатели, а частота волн жары, дефицита водных ресурсов и экстремальных погодных явлений возрастает [4]. Национальная климатическая политика отражает данный двойной вызов. В обновленном национально определяемом вкладе (NDC 3.0) Узбекистан взял на себя обязательство достичь снижения удельных выбросов (интенсивности выбросов) парниковых газов на единицу валового внутреннего продукта на 50 % к 2035 году по сравнению с уровнем 2010 года, напрямую связывая меры по снижению воздействия на климат со структурной трансформацией ключевых секторов экономики, включая транспорт [5].

В этом контексте электромобильность все чаще рассматривается как технологический путь, способный одновременно снизить локальные загрязняющие выбросы и внести вклад в борьбу с изменением климата. Однако международный опыт показывает, что одной лишь технологической замены недостаточно для гарантированного получения экологических выгод. Эффективность электромобильности определяется институциональными факторами, формирующими рыночное поведение, развитие инфраструктуры, безопасность, совместимость и общественное доверие [6]. Среди этих факторов инфраструктура качества – включающая стандартизацию, метрологию, аккредитацию и оценку соответствия – играет ключевую, но часто недооцененную роль и широко признается фундаментальным условием достижения целей устойчивого развития [10–12].

В отличие от подходов, рассматривающих электромобильность как изолированное технологическое вмешательство, в данной статье она концептуализируется как элемент более широкой институциональной реакции на загрязнение городского воздуха. Анализ сосредоточен на роли инфраструктуры качества в преобразовании политических целей и технологических инноваций в измеримые экологические результаты.

Экологическая эффективность электромобильности определяется не только технологической заменой, но и ее интеграцией в более широкие институциональные и городские системы, включая управление энергетикой, транспортное регулирование и экологическую политику.

Данное исследование расширяет существующие подходы к анализу загрязнения городского воздуха, рассматривая его не только как экологическую или техническую

проблему, но как системный вызов устойчивому городскому развитию, требующий согласованных институциональных решений. Во-вторых, углубляется понимание электромобильности за счет концептуализации инфраструктуры качества – включая стандартизацию, метрологию, аккредитацию и оценку соответствия – как ключевого институционального механизма, обеспечивающего преобразование технологических изменений в измеримые экологические эффекты. В-третьих, фокус на Узбекистане как стране с формирующейся экономикой, характеризующейся быстрой автомобилизацией и высокой климатической уязвимостью, позволяет получить выводы, значимые для политики и применимые к другим странам с аналогичными городскими и экологическими проблемами.

МЕТОДЫ

В исследовании применяется качественный анализ нормативно-правовых и институциональных факторов, направленный на выявление условий, при которых электромобильность может способствовать улучшению качества городского воздуха. Выбор качественного подхода обусловлен тем, что работа сосредоточена на анализе институциональных механизмов, согласованности регулирования и роли инфраструктуры качества, а не на количественном моделировании сокращения выбросов или прогнозировании сценариев распространения технологий.

Электромобильность рассматривается не как самостоятельное технологическое решение, а как элемент более широкого институционального контекста, связывающего транспортную политику, энергетические системы и цели городской экологической политики. Такой подход позволяет проанализировать, каким образом технологические изменения взаимодействуют с регуляторными рамками, практиками стандартизации и механизмами рыночного управления, формируя экологические результаты.

Эмпирическую основу исследования составляют три основные группы источников:

1. данные и оценки состояния окружающей среды и качества воздуха, подготовленные международными организациями, включая Всемирную организацию здравоохранения и Всемирный банк [1, 2];
2. национальные документы климатической и экологической политики Узбекистана, прежде всего обязательства в рамках РКИК ООН и обновлённый национально определяемый вклад (NDC 3.0) [5];
3. международные аналитические материалы, посвящённые инфраструктуре качества, стандартизации и электромобильности [5–7].

Указанные источники дополняются рецензируемыми научными публикациями по проблемам загрязнения городского воздуха, транспортных выбросов и экологических эффектов электромобильности, что позволяет обеспечить аналитическую интерпретацию и контекстуализацию политических выводов.

Аналитическая рамка исследования объединяет три взаимосвязанных измерения:

– загрязнение городского воздуха как проблему общественного здоровья и окружающей среды;

– электромобильность как путь митигации;

– инфраструктуру качества как институциональный механизм, связывающий технологии, политику и рыночную практику.

В исследовании осуществляется синтез существующих доказательных материалов с целью выявления институциональных механизмов и путей, посредством которых электромобильность может обеспечивать экологические выгоды.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Загрязнение городского воздуха как системная проблема

Доступные данные последовательно указывают на то, что транспортные выбросы являются одним из основных факторов загрязнения городского воздуха, особенно в части воздействия $PM_{2.5}$ в густонаселенных районах [1, 2]. В городах с высокой плотностью транспортных средств и устаревшим парком автомобилей с двигателями внутреннего сгорания постепенные улучшения качества топлива или управления дорожным движением недостаточны для достижения устойчивого улучшения качества воздуха. Это подчеркивает необходимость структурных трансформаций городских транспортных систем.

Экологический потенциал электромобильности

Электромобильность обеспечивает очевидные локальные преимущества для качества воздуха за счет устранения выбросов выхлопных газов, непосредственно влияющих на воздействие загрязнений на население в городских условиях [7]. Эти эффекты проявляются немедленно и в значительной степени не зависят от структуры производства электроэнергии, что отличает улучшение локального качества воздуха от более долгосрочных климатических эффектов. В перспективе, по мере увеличения доли возобновляемых источников энергии в энергосистеме, электромобильность также способна привести к существенному сокращению выбросов парниковых газов на протяжении всего жизненного цикла [6, 8].

Роль инфраструктуры качества и стандартизации

Анализ показывает, что инфраструктура качества является базовым институциональным уровнем, обеспечивающим реализацию эффектов электромобильности для качества воздуха и климата. В этом смысле она выступает не как корректирующий или ограничительный регулятор, а как обеспечивающий механизм координации между транспортом, энергетикой и городским управлением. Как показано в таблице 1, отдельные элементы инфраструктуры качества выполняют различные, но взаимосвязанные функции, которые в совокупности способствуют улучшению качества воздуха при внедрении электромобильности. Гармонизированные стандарты обеспечивают совместимость транспортных средств, зарядной инфраструктуры и энергосистем, снижая барьеры внедрения и предотвращая технологическую фрагментацию. Оценка соответствия и метрология гарантируют безопасность, эксплуатационные характеристики и точность измерений, что критически важно для доверия потребителей, интеграции в энергосистему и справедливого функционирования рынка.

Инфраструктура качества также повышает предсказуемость регулирования. Согласование национальных практик с международно признанными стандартами снижает неопределенность для инвесторов, производителей и государственных органов, облегчая скоординированное развитие инфраструктуры и долгосрочное планирование. В этом контексте стандартизация выступает не как регуляторная нагрузка, а как нейтральный координационный механизм, усиливающий экологические и экономические сопутствующие выгоды.

Интеграция с более широкими стратегиями устойчивого развития

Результаты также показывают, что электромобильность наиболее эффективна при ее включении в интегрированные стратегии устойчивого развития городов, включая энергетический переход и решения, основанные на природе. Дополнение электромобильности природоориентированными решениями может повысить городскую устойчивость за счет улучшения микроклиматических условий и снижения воздействия загрязнения воздуха на население, особенно в густонаселенных районах. Такая интеграция

способствует повышению устойчивости к климатическим экстремумам, улучшению городского микроклимата и общих экологических характеристик городов [9].

Таблица 1.

Институциональные механизмы и экологические эффекты электромобильности

Институциональный механизм	Функциональная роль	Экологический эффект
Технические стандарты	Обеспечение совместимости и безопасности транспортных средств, зарядной инфраструктуры и интерфейсов энергосистем	Снижение барьеров внедрения и ускоренная замена автомобилей с ДВС
Оценка соответствия	Подтверждение соблюдения требований безопасности, эксплуатационных и технических характеристик	Рост доверия потребителей и устойчивое развитие рынка
Метрология	Обеспечение точности и сопоставимости измерений (энергопотребление, зарядка, выбросы)	Надежный мониторинг качества воздуха и экологических эффектов
Аккредитация	Подтверждение компетентности органов по оценке соответствия	Доверие к регулированию и согласованность правоприменения
Согласованность регулирования	Согласование транспортной, энергетической и экологической политики	Усиление эффектов улучшения качества воздуха и климатических выгод

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что улучшение качества городского воздуха за счет электромобильности требует большего, чем простое внедрение технологий, и зависит от институционального согласования между различными сферами политики. Загрязнение городского воздуха не может быть эффективно решено с помощью изолированных технологических мер. Несмотря на значительный потенциал электромобильности, ее экологическая эффективность определяется согласованностью транспортной, энергетической и экологической политики. Инфраструктура качества выступает ключевым обеспечивающим элементом, связывающим эти сферы путем преобразования политических целей в операционные требования и измеримые результаты.

В данной системе стандартизация служит основой, обеспечивающей техническую согласованность и сопоставимость всех элементов инфраструктуры качества, включая метрологию, аккредитацию и оценку соответствия. Снижая неопределенность и поддерживая совместимость, стандарты способствуют инновациям и распространению устойчивых технологий, в том числе в странах с формирующимися рынками [13]. Такой подход соответствует международной практике, рассматривающей стандарты как ключевые механизмы сопоставимости, воспроизводимости и доверия рынков в секторах, значимых для устойчивого развития [10–12].

Часто недооцениваемым фактором является участие национальных экспертов в международных процессах стандартизации. Активное вовлечение специалистов Узбекистана в технические комитеты IEC и ISO по вопросам электротранспорта, аккумуляторных технологий, зарядной инфраструктуры, системной интеграции и

энергоэффективности позволяет учитывать национальные условия эксплуатации, климатические особенности и характеристики энергосистемы в международных технических требованиях и показателях качества. Такое участие соответствует международным рекомендациям по наращиванию потенциала и инклюзивному формированию правил в глобальной стандартизации [14, 15].

С институциональной точки зрения, активное участие в работе международных технических комитетов способствует передаче знаний, развитию профессиональных компетенций и укреплению связей между национальными и глобальными экосистемами стандартизации. Эти процессы повышают воспроизводимость результатов оценки соответствия, снижают регуляторную и техническую неопределенность для участников рынка и государственных органов, а также уменьшают издержки, связанные с последующей гармонизацией. Эти эффекты согласуются с более широкими данными о роли стандартов в снижении барьеров для устойчивых технологий и рынков [12, 16].

ВЫВОДЫ

Загрязнение городского воздуха в Узбекистане представляет собой сложную проблему устойчивого развития, находящуюся на пересечении общественного здоровья, климатической политики и городского развития. Электромобильность обладает значительным потенциалом улучшения качества воздуха, однако ее эффективность определяется институциональной средой, в которой она внедряется.

Показано, что инфраструктура качества – включающая стандартизацию, метрологию, аккредитацию и оценку соответствия – играет центральную обеспечивающую роль в достижении совместимости, безопасности, доверия рынка и согласованности политики. Поддерживая предсказуемое и скоординированное внедрение, инфраструктура качества усиливает как локальные эффекты улучшения качества воздуха, так и глобальные климатические сопутствующие выгоды электромобильности. В будущей политике и исследованиях инфраструктуру качества следует рассматривать как неотъемлемый элемент стратегий устойчивой городской мобильности, а не как второстепенный технический аспект.

Список источников

1. World Health Organization. *WHO global air quality guidelines*. Geneva: WHO; 2021.
2. World Bank. *Air pollution and health impacts in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank; 2020.
3. Burnett R., Chen H., Szyszkowicz M., et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018;115(38):9592–9597. https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115
4. World Meteorological Organization. *State of the global climate 2024*. Geneva: WMO; 2024.
5. United Nations Framework Convention on Climate Change. *Updated Nationally Determined Contribution of the Republic of Uzbekistan (NDC 3.0)*. 2025. UNFCCC, https://unfccc.int/sites/default/files/2025-11/Uzbekistan%20Third%20NDC.pdf
6. International Energy Agency. *Global EV outlook 2024*. Paris: IEA; 2024.
7. Health Effects Institute. *Traffic-related air pollution: a critical review*. Boston: HEI; 2022.
8. Intergovernmental Panel on Climate Change. *AR6 Working Group III: Mitigation of climate change*. Cambridge: Cambridge University Press; 2022.
9. International Union for Conservation of Nature. *Nature-based solutions for urban resilience*. Gland: IUCN; 2021.
10. United Nations Industrial Development Organization. *Quality infrastructure for sustainable development*. Vienna: UNIDO; 2016.

11. International Organization for Standardization. *International standards and sustainable development*. Geneva: ISO; 2018.
12. Organisation for Economic Co-operation and Development. *The role of standards in facilitating innovation and sustainable development*. Paris: OECD Publishing; 2016.
13. Blind K. The impact of standardization and standards on innovation. In: *Handbook of Innovation Policy Impact*. Cheltenham: Edward Elgar; 2016.
14. International Electrotechnical Commission. *International standardization and the global energy transition*. Geneva: IEC; 2020.
15. ISO/IEC. *Benefits of participation in international standardization*. Geneva: ISO/IEC; 2019.
16. World Bank. *Electric mobility and development: institutional and policy considerations*. Washington, DC: World Bank; 2021.

К ВОПРОСУ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: МЕРИДИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕМНОГОЛЕТНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА

Кодиров Собир Мамадиёрович,
ТИИИМСХ НИУ
Косимова Хилола Абдувоид кизи,
НИИ окружающей среды и природоохранных технологий
Рахмоналиева Дилноза Рахмонали кизи,
НИИ окружающей среды и природоохранных технологий
Мамадиёрова Ноила Собиржоновна,
НУУз, Биологический факультет

Annotatsiya. Maqolada meridional o'q bo'ylab meteorologik stansiyalarda o'rtacha ko’pyillik havo haroratining o'zgarishi tahlili ko'rib chiqildi. Misol tariqasida 70- sharqiy meridian: Rossiyadagi Nadimdan Hindistondagi Haydarobodgacha (Yevrosiyoning 9 ta yirik shahri) olingan. Tahlil kontinental miqyosda qiziqarli o'zgarishlarni ko'rsatdi: shimoliy kengliklarda deyarli barcha xarakterli havo haroratlari ko'rsatkichlari o'zgarishsiz qolgan, Markaziy Osiyoda esa barcha parametrlar bo'yicha o'zgarishlar kuzatilgan. Yevrosiyoning janubiy qismida harorat asosan qish oylarida ko'tariladi.
Kalit so’zlar: global iqlim o'zgarishi, meridional iqlim o'zgarishlari tahlili, zonallik qonuniyatlari, o'rtacha uzoq muddatli haroratlar, yillik harorat o'zgarishi.

Аннотация. В статье рассматривались анализы изменения среднемноголетних температур воздуха по метеорологическим станциям в меридиональном расположении. В качестве примера были выбраны 70-й восточный меридиан, от Российского города Надым до Индийского Хайдарабада (9 крупных городов Евразии). Результаты анализов показали интересные изменения в материковом масштабе: в северных широтах фактически не меняются все характерные температурные показатели, в то время в центральных районах Евразии происходят изменения по всем параметрам. В южной части Евразии температуры в основном поднимаются в зимние месяцы.
Ключевые слова: глобальное изменение климата, меридиональные изменения климата, зональность, среднемноголетние температуры, внутригодовое изменение температуры.

Abstract. This article examined changes in mean annual air temperatures at meteorological stations along a meridional axis. The 70th meridian east, from Nadym in Russia to Hyderabad in

India (9 major cities in Eurasia), was used as an example. The analysis revealed interesting changes on a continental scale: in northern latitudes, virtually all characteristic temperature indicators remain unchanged, while in central Eurasia, changes occur across all parameters. In southern Eurasia, temperatures rise primarily in the winter months.

Keywords: global climate change, meridional climate change, zonality, average annual temperatures, intra-annual temperature change.

ВВЕДЕНИЕ

В конце 20 века и в начале 21 века, проблема изменения климата и повышения среднемноголетних температур в глобальном масштабе стал ключевым вопросом для современной цивилизации. Авторы данной статьи, признают действительность глобального изменения климата, однако, существует основание что глобальное изменение — это не всегда означает потепление [2]. Также, следует отметить, что в центрально азиатском регионе заметно уменьшается атмосферные осадки, особенно в течение 21 века. Для стран центральной Азии вопрос изменения климата давно не новый. Однако, если в качестве примера брать меридиональные или зональные аспекты данной проблемы тогда, в просторах интернета трудно найти современных исследований. Многолетние изменения температуры качественно очень близки к наблюдаемым для территорий Казахстана, Кыргызстана, Туркменистана. Тренд температуры за 1976-2024 гг. составляет +0.36°C/10 лет, что статистически незначим [3]. Сглаженные кривые свидетельствуют об отсутствии выраженных тенденций в ряду жидких осадков. С середины 2000-х наблюдается их убывание. Поэтому в этом статье рассматривались анализы изменения среднемноголетних температур воздуха по метеорологическим станциям в меридиональном расположении. В качестве примера были выбраны 70-й восточный меридиан, от Российского города Надым до Индийского Хайдарабада (9 крупных городов Евразии).

Методы исследования.

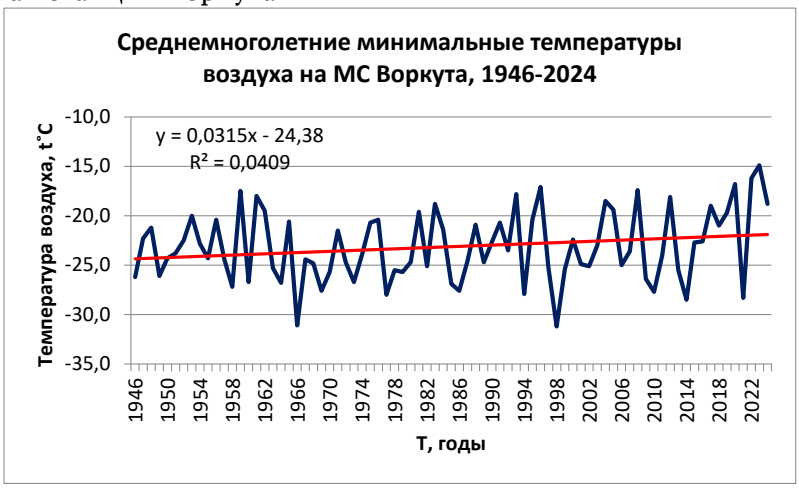
В статье использовались методы математического сравнения, методы географической зональности и азональности, также были применены методы математической статистики. Для визуализации результатов применялись графики и гистограммы [1, 4, 7].

Вследствие того, что, ученые, которые проводили анализ находились в Узбекистане, был выбран 70 восточный меридиан, который проходить через город Ташкент (столица Узбекистана). Ниже приведена таблица параметров метеорологических станции по 70 восточному меридиану: 1-таблица

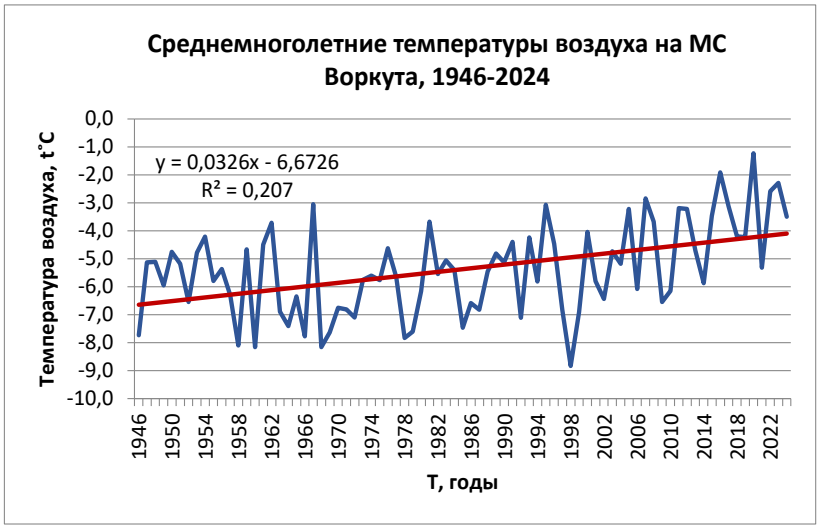
п.н.	Название станции	Географическая широта и долгота		Высота над уровнем море, м
1	Воркута	67.4920	63.9755	165 м
2	Надым	65.4828	72.6882	14 м
3	Ханты-Мансийск	61.0282	69.1179	44 м
4	Петропавловск	54.7922	69.1172	100 м
5	Жезказган	47.7997	67.7167	345 м
6	Ташкент	41.3280	69.2953	498 м
7	Душанбе	38.5831	68.7331	800 м
8	Кабул	34.5497	69.2167	1791 м
9	Хайдарабад	25.3831	68.4167	28 м

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ.

По всем крупным городам 70 восточной долготы Евразийского континента благодаря данных сайта pogodaiklimat.ru (Российская Федерация) получены среднемноголетние данные температуры воздуха. На основании полученных данных построены графики динамики среднемноголетних колебаний температуры, также построены гистограммы распределения среднемноголетних температур внутри года. В статье результаты исследования приводятся в табличном порядке. Начальная метеорологическая станция Воркута.



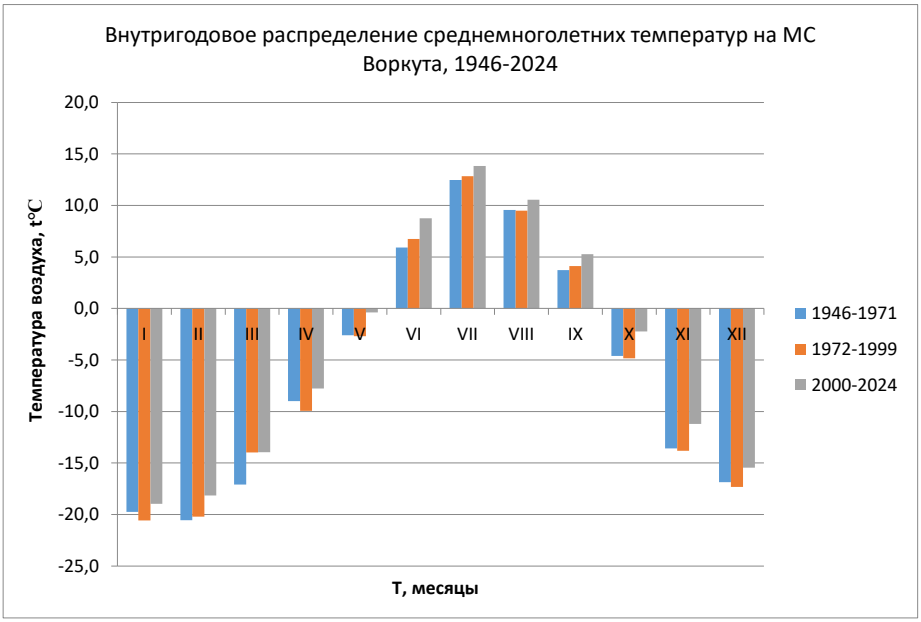
1 рисунок. Динамика среднемноголетних минимальных температур на МС Воркута, 1946-2024.



2 рисунок. Динамика среднемноголетних температур на МС Воркута, 1946-2024.

Как видно из рисунков 1 и 2, средние месячные максимальные и минимальные показания не изменяются за весь период наблюдения, но замечается повышение температуры в средних месячных показаниях, при чем это начинается с 2000 х годов.

Анализ многолетних изменений температуры показали, что внутригодовое значение повышается с июня до сентября в 2000 - 2024 годах, за исключением первых и последних месяцев.



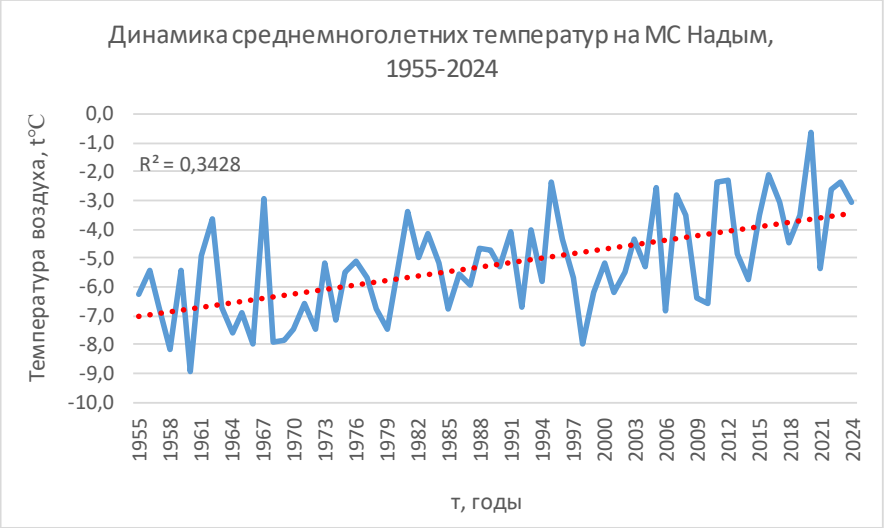
3 рисунок. Гистограмма внутригодового распределения среднемноголетних температур на МС Воркута, 1946-2024.

Внутригодовое значение температуры воздуха повышается с июня до сентября в 2000 - 2024 годах, за исключением первых и последних месяцев, в основном наблюдается повышение внутригодовых значений. Если тенденция повышение сохраняется тогда через несколько лет в мае наблюдаются положительные температуры.

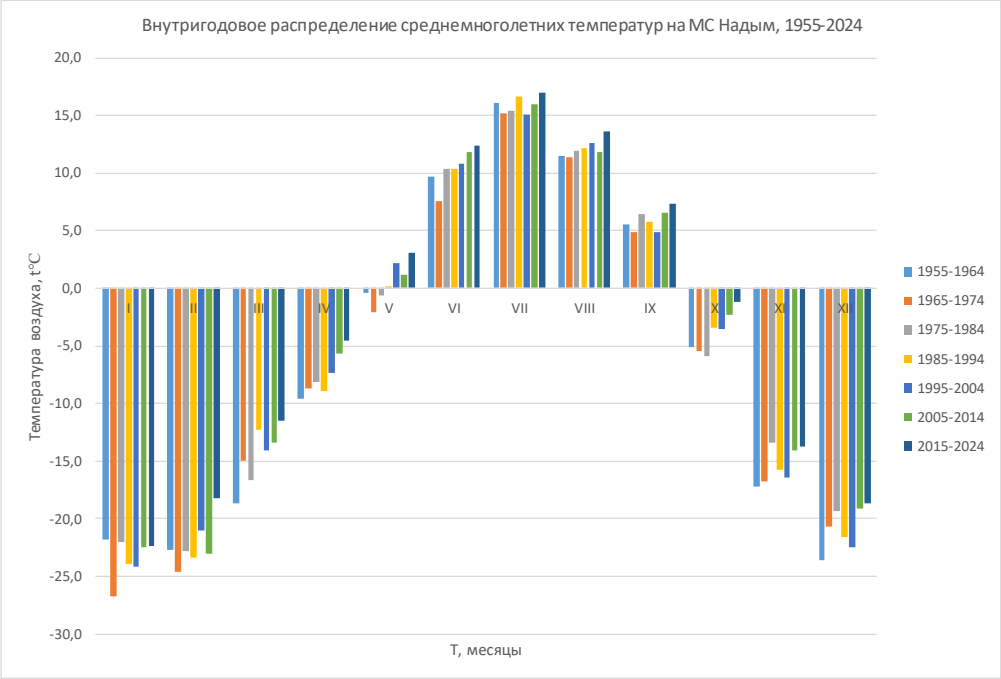


4 рисунок. Динамика среднемноголетних температур на МС Надым, 1955-2024.

Для северных районов важно изменения максимальные температуры, следовательно, 4-рисунок показывает динамику среднемноголетних максимальных температур воздуха. Среднемноголетние значения температуры начали расти в середине 90х годов прошлого столетия, особенно, значимые повышения происходят с 2005 года по настоящее время. Тем не менее, максимальные и минимальные показатели температуры не меняются. Не значительно поднимается средняя температура (рисунок 5).



5 рисунок. Динамика среднемноголетних температур на МС Надым, 1955-2024.

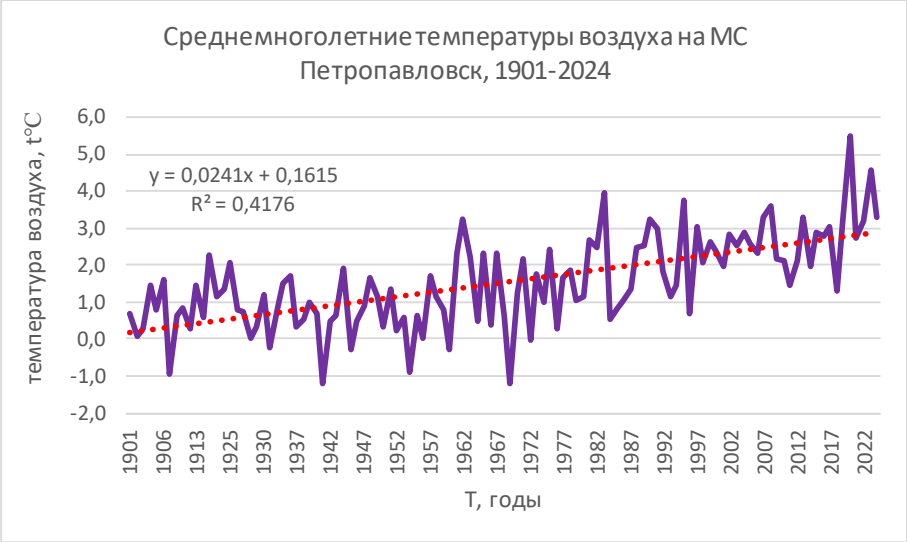


6 рисунок. Гистограмма внутригодового распределения среднемноголетних температур на МС Надым, 1955-2024.

За период 1955-64 годы ноябрь-декабрь температура понижается, при этом в период 1965-74 годы январь-февраль температура понижается особенно заметно. Дополнительно, в этот же период температура воздуха в мае очень низкая. Самые высокие температуры октябрь месяца наблюдается в период 2015-2024 годы.

Анализ среднемноголетних характерных температур по МС Ханты-Мансийск, показали постоянность. Статистически температура остается неизменным.

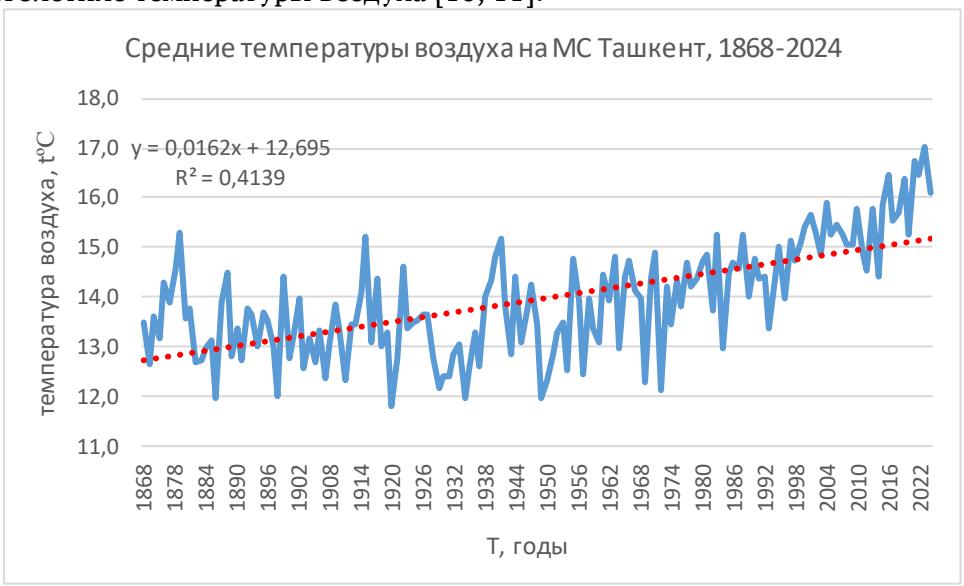
Оценка многолетних изменений по МС Петропавловск (Казахстан) показывает, что только по средним значениям температура растет. Особенно, существенные повышения замечается после 1970 годов. За весь период наблюдения самая максимальная температура была в 2020 году (5.5˚C) (7 рисунок).



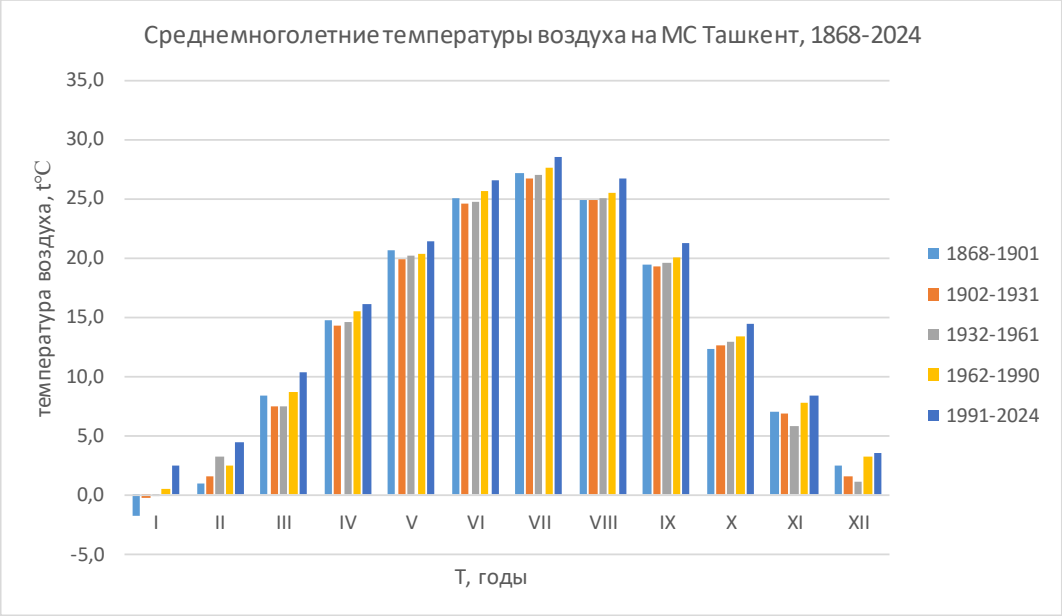
7 рисунок. Динамика среднемноголетних температур на МС Петропавловск, 1901-2024.

Аналогичная ситуация происходит по МС Жезказган (Казахстан). Например, в 1972-73 годы средняя температура поднималась на 5 градусов, затем сохраняется стабильность, но в 2016 году опять поднимается на 3 градуса. В то время, внутригодовая температура поднимается в период 1997 по 2024 годы, особенно заметно поднимается с июля по декабрь [5, 6].

Совершенно иное обстоятельство стоит для МС Ташкент, по всем характерным параметрам значений температуры наблюдаются рост, особенно быстро поднимаются среднемноголетние температуры воздуха [10, 11].



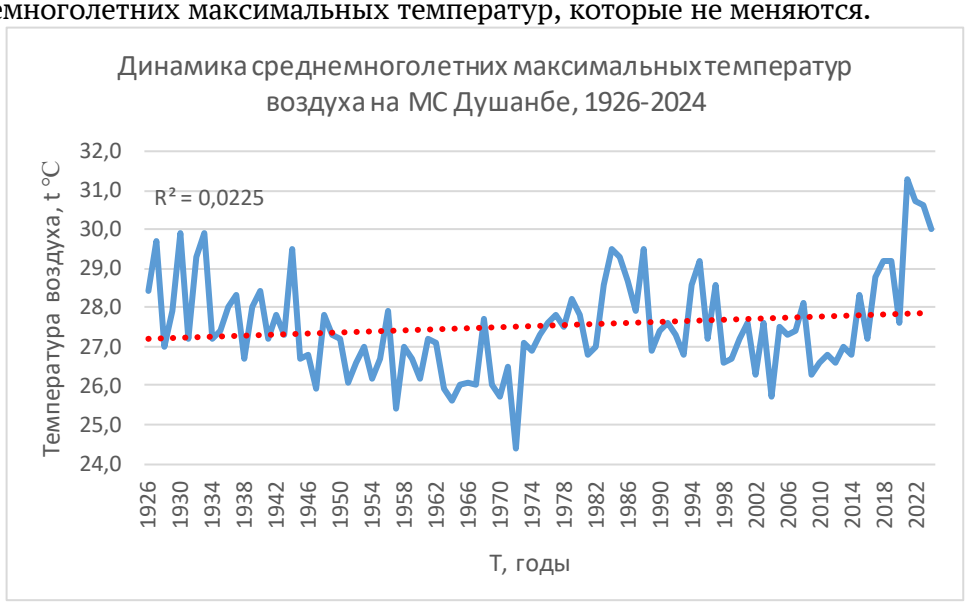
8 рисунок. Динамика среднемноголетних температур на МС Ташкент, 1868-2024.



9-рисунок. Гистограмма внутригодового распределения среднемноголетних температур на МС Ташкент, 1868-2024.

Как видно из рисунка, только в период 1868-1901 годы в январе наблюдались отрицательные значения температуры, примечательно, что в этот же период с марта по июнь средние показатели температуры заметно поднимались [1, 2, 3]. В период 1991-2024 годы повторяется аналогичная ситуация, только в этот раз повышения происходит по всем месяцам. Особенно, август-декабрь повышения гораздо больше.

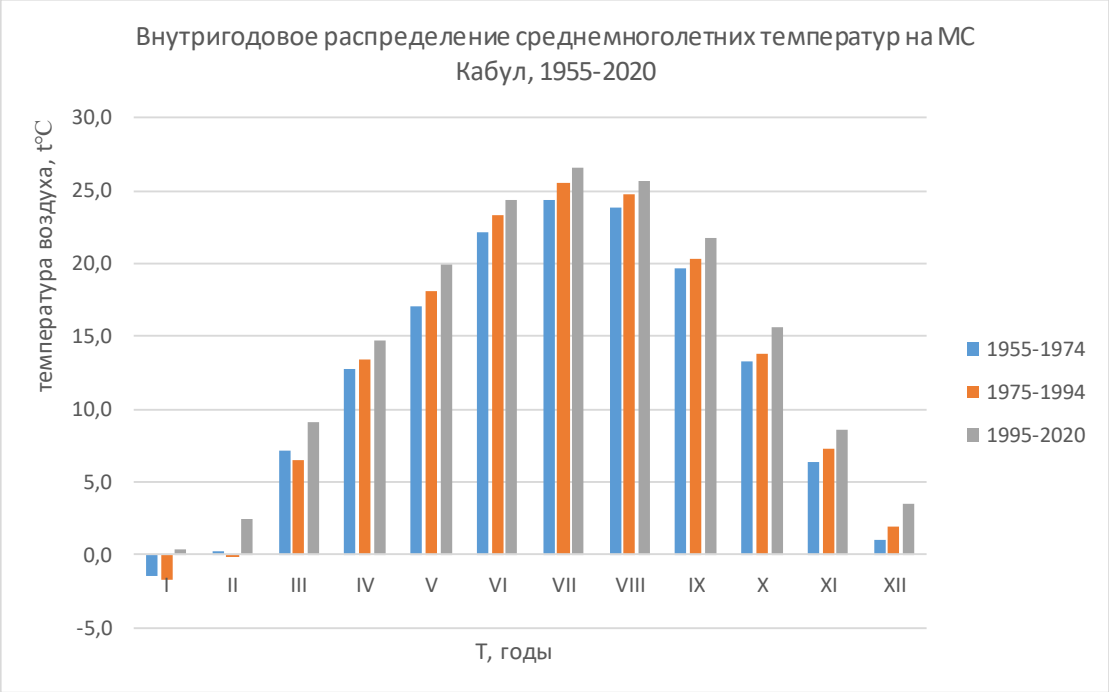
Идентичная ситуация происходит в МС Душанбе, за исключением среднемноголетних максимальных температур, которые не меняются.



10-рисунок. Динамика среднемноголетних температур на МС Душанбе, 1926-2024.

Несмотря на высоту географического расположение МС Кабул (1791 м), тоже наблюдается рост среднемноголетних показателей температуры воздуха. Метеорологические наблюдения прекратились после вывода войск западных стран (в 2020 году). Как в МС Ташкент, только в период с 1955 по 1995 годы январские показатели были

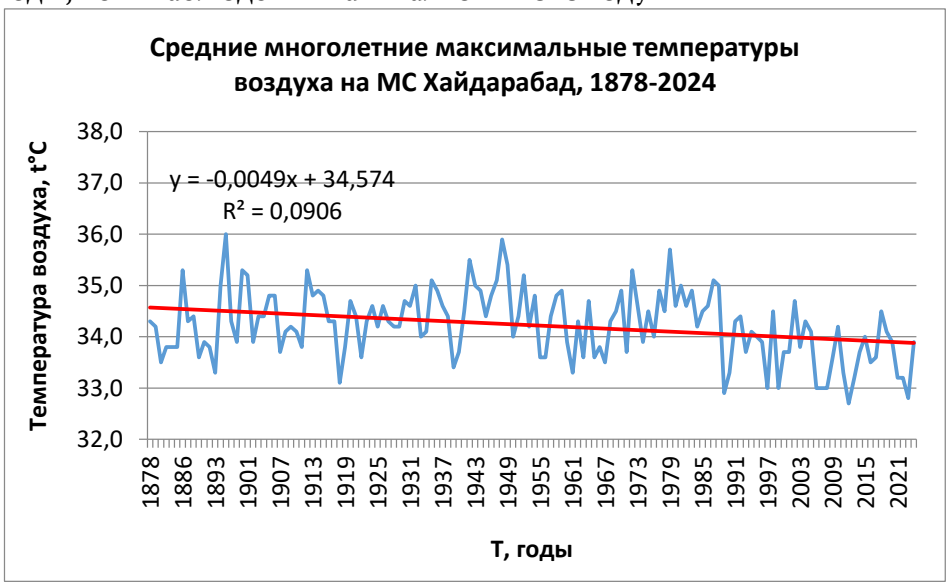
отрицательными, с 1995 года в январе наблюдаются положительные температуры [3, 4]. С 1995 по 2020 годов по всем месяцам наблюдалось повышение температуры (11 рисунок).



11-рисунок. Гистограмма внутригодового распределения среднемноголетних температур на МС Кабул, 1955-2020.

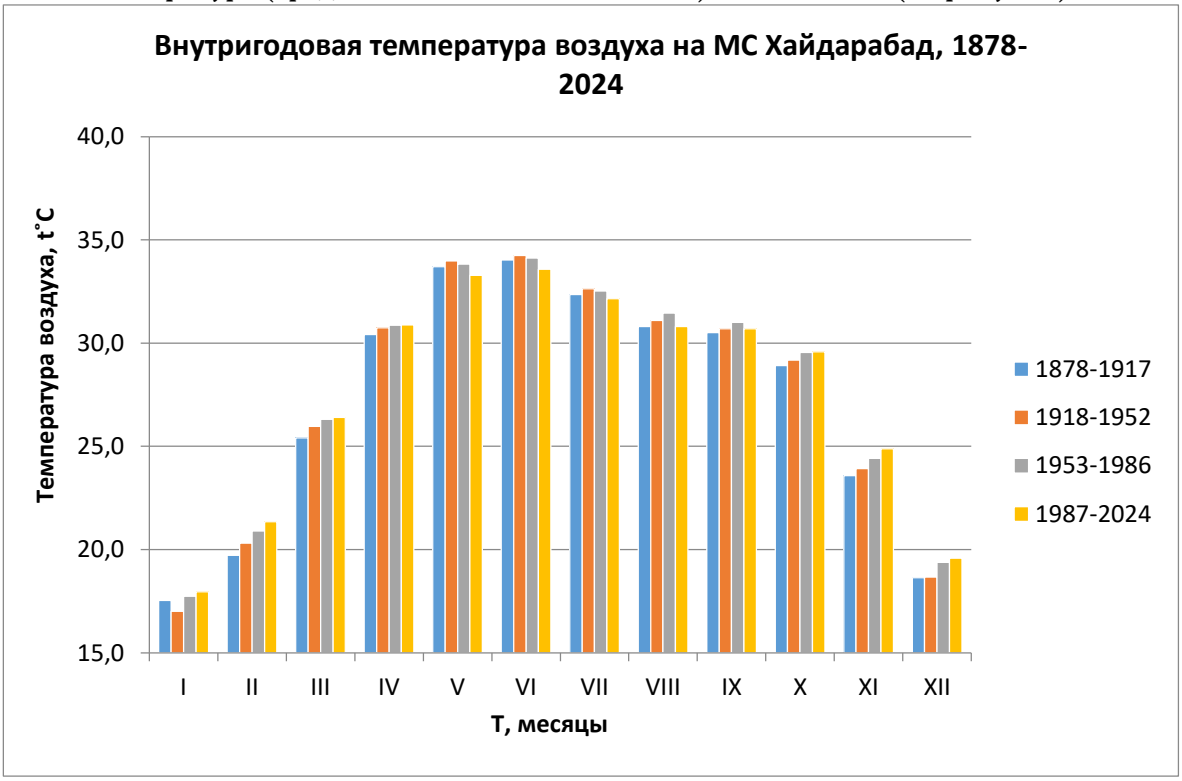
Последняя метеорологическая станция по списку — это МС Хайдарабад (Индия), период наблюдения с 1878 по настоящее время. Если по всем остальным станциям замечается рост температуры, в Хайдарабаде нет повышений. Напротив, среднемноголетние максимальные температуры понижаются (12 рисунок).

С 1878 по 1917 поднималась температура января, потом до 50 годов без изменений, а дальше опять поднимается. Средние минимальные температуры наблюдались в период 1918-1952 годы, хотя наблюдений начинались в 1878 году.



12-рисунок. Динамика среднемноголетних температур на МС Хайдарабад, 1878-2024.

На МС северных широт температура меняется статистически не значительно, в то время в средних широтах, особенно выделяется Ташкент по всем параметрам температура поднимается [7, 8]. Однако, в южных районах Евразии по 70 меридиану напротив северных районах температура (среднемаксимальные значения) понижаются (13 рисунок).



13-рисунок. Гистограмма внутригодового распределения среднемноголетних температур на МС Хайдарабад, 1878-2024.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В последние годы все больше и больше выражается последствия глобального изменения климата. В статье рассмотрен вопрос глобального изменения климата в примере метеорологических станции 70-го меридиана восточной долготы Евразии. Полученные результаты показали, что действительно климат меняется, но он меняется не одинаково. В МС северных широт температура меняется статистически не значимо, в то время в средних широтах по всем параметрам температура поднимается. Однако, в южных районах Евразии по 70 меридиану наоборот северных районах температура (среднемаксимальные значения) понижаются. Таким образом опровергается факт глобального потепления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. pogodaiklimat.ru, сайт открытых данных.
2. Guy Schumann, Laura Giustarini, Angelica Tarpanelli, Ben Jarihani, Sandro Martinis. Flood modeling and prediction using earth observation data. Surveys in Geophysics, 2023, 1553-1578 p.
3. Северо-Евразийский Климатический Центр. Обзор состояния и тенденций изменения климата, зима 2023-2024.
4. Кодиров С.М., Мансуров С.Р. Иқлимий ўзгариш шароитида Оҳангарон дарёси оқимига метеорологик омиллар таъсирини баҳолаш. – Т. «Агроилм», ISSN 2091-5616, № 4 (67) 2020. 58-60 б.

5. Кодиров С.М., Рузиев И.М. Оценка водности малых рек аридных зон Узбекистана. – Т. Ташкентский институт ирригации и мелиорации, научный журнал «Агроилм», ISSN 2091-5616, № 1, 2014.
6. Maidment David R. et.al. 1993. Editor in chief. “Handbook of hydrology”. (Maidment David R. et.al. 1993, chapter 19, 19.1-19.2).
7. Shults V.L. 1965. The rivers of the Central Asia. – Leningrad: Publishing House of Hydrometeorology. (Shults V.L. 1965, 253-265).
8. Sikan A.V. et.al. 2014. Statistical methods of analyzing Hydrometeorological information. Saint Petersburg: Publishing House of RSHU. (Sikan et.al. 2014, 75).
9. Kodirov S.M. 2018. “Assessment of Water Content in Hydrologic Time Series Using Difference Integral Curves (Example of the Pskem River)”. Mechanics, Materials Science & Engineering, Tashkent. Vol. 16.doi: ISSN 2412-5954. Accessed February 28, 2021. (Kodirov, 2018).
10. Kodirov S.M., Abdullayeva D. Sho‘rchi meteostansiyasi ma’lumotlari asosida iqlim o‘zgarishini dinamikasini baholash. – T. «Агроилм», ISSN 2091-5616, № 1 (101) 2024. 74-76 б.

ASSESSMENT OF URBAN AIR QUALITY AND INDUSTRIAL EMISSION IMPACTS IN THE NAVOI REGION: SPATIAL ANALYSIS OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS (2017-2023)

Latipov Normurod Faxriddin o‘g‘li
Navoi State University

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot Navoiy viloyatidagi shahar aholi punktlarining ekologik holatini atmosfera havosining ifloslanish tendentsiyalarini tahlil qilish va atrof-muhit sifatiga ta'sir qiluvchi asosiy antropogen omillarni aniqlash orqali o'rganadi. AIR QUALITY DETECTOR VT qurilmasi bilan to‘plangan statistik ma’lumotlar va dala o‘lchovlaridan foydalanib, tadqiqot 2017-yildan 2023-yilgacha mavjud yettita shaharda azot oksidi, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi, karbon monoksit va mayda zarrachalar ($PM_{2.5}$ va PM_{10}) konsentratsiyasini baholaydi. Qizilqum fosforit zavodi, “Navoiyazot”, “Qizilqumsement” va Navoiy issiqlik elektr stansiyasi – Navoiy, Zarafshon va Uchquduqga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatuvchi umumiy chiqindilarning 80% dan ortig‘ini tashkil etishi aniqlandi. Natijalar, ayniqsa, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi va zarrachalar bo'yicha ruxsat etilgan havo sifati standartlarining doimiy ravishda oshib ketishini ko'rsatmoqda, bu esa mahalliy aholi salomatligi uchun xavfning ortishidan dalolat beradi. Tadqiqot mintaqa shaharlarining qiyosiy ifloslanish reytingini taqdim etadi va sanoat chiqindilarini kamaytirish va shahar havosi sifatini yaxshilashga qaratilgan maqsadli ekologik siyosatni ishlab chiqish uchun ilmiy dalillarni taqdim etadi.

Абстракт. В данном исследовании рассматривается экологическая ситуация городских поселений Навоийской области путем анализа тенденций загрязнения атмосферного воздуха и выявления основных антропогенных факторов, влияющих на качество окружающей среды. Используя статистические данные и полевые измерения, проведенные с помощью прибора AIR QUALITY DETECTOR VT, исследование оценивает концентрации оксида азота, диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода и мелких твердых частиц ($PM_{2.5}$ и PM_{10}) в семи городах в период с 2017 по 2023 год. Было установлено, что промышленные предприятия, в частности НГМК, Кызылкумский фосфоритный комбинат, Навоиазот, Кызылкумцемент и Навоийская ТЭС, вносят более 80% от общего объема выбросов, оказывая существенное влияние на Навои, Зарафшан и

Учкудук. Результаты показывают устойчивые превышения допустимых норм качества воздуха, особенно для диоксида азота, диоксида серы и твердых частиц, что указывает на повышенный риск для здоровья местного населения. В исследовании представлен сравнительный рейтинг загрязнения городов региона и представлены научные данные для разработки целенаправленной экологической политики, направленной на сокращение промышленных выбросов и улучшение качества городского воздуха.

Abstract. This study examines the ecological situation of urban settlements in the Navoi region by analysing trends in atmospheric air pollution and identifying the main anthropogenic factors influencing environmental quality. Using statistical data and field measurements collected with the AIR QUALITY DETECTOR VT device, the research evaluates concentrations of nitrogen oxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon monoxide, and fine particulate matter (PM2.5 and PM10) across seven cities between 2017 and 2023. Industrial enterprises—particularly NMMP, Kyzylkum Phosphorite Plant, Navoiazot, Kyzylkumsement, and the Navoi Thermal Power Plant—were found to contribute more than 80% of total emissions, significantly affecting Navoi, Zarafshan, and Uchkuduk. Results show persistent exceedances of permissible air quality standards, especially for nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and particulate matter, indicating increased health risks for local populations. The study provides a comparative pollution ranking of the region’s cities and offers scientific evidence for developing targeted environmental policies aimed at reducing industrial emissions and improving urban air quality.

Kalit so‘zlar. Havoning ifloslanishi; Shahar ekologiyasi; Sanoat chiqindilari; Navoiy viloyati; azot oksidi; azot dioksidi; Oltingugurt dioksidi; Uglerod oksidi; $PM_{2.5}$; PM_{10}; Atrof-muhit monitoringi; Jamoat salomatligi uchun xavf; Fazoviy tahlil.

Ключевые слова. Загрязнение воздуха; Экология города; Промышленные выбросы; Навоийская область; Оксид азота; Диоксид азота; Диоксид серы; Оксид углерода; $PM_{2.5}$; PM_{10}; Мониторинг окружающей среды; Риск для здоровья населения; Пространственный анализ.

Keywords. Air pollution; Urban ecology; Industrial emissions; Navoi region; Nitrogen oxide; Nitrogen dioxide; Sulfur dioxide; Carbon monoxide; $PM_{2.5}$; PM_{10}; Environmental monitoring; Public health risk; Spatial analysis.

INTRODUCTION

Air pollution has emerged as one of the most critical environmental challenges of the 21st century, exerting significant adverse effects on public health, ecosystems, and overall quality of life. According to the World Health Organization (WHO), exposure to polluted air accounts for nearly 2 million premature deaths annually, with the highest burden borne by developing countries where rapid industrialisation, urbanisation, and insufficient environmental regulations exacerbate the problem. Fine particulate matter—especially PM_{10} and $PM_{2.5}$—remains a key indicator of air quality deterioration. In many urban centres, the annual average concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ frequently exceed 70 μm/m³, far surpassing WHO-recommended thresholds of 20 μm/m³ and 10 μm/m³, respectively. Scientific evidence suggests that reducing PM_{10} levels from 70 μm/m³ to 20 μm/m³ and maintaining $PM_{2.5}$ concentrations below 10 μm/m³ could lead to a 15% decrease in pollution-related mortality, underscoring the urgent need for systematic air quality management.

Against this global backdrop, understanding local and regional pollution dynamics becomes crucial for designing targeted environmental policies. The Navoi region—one of Uzbekistan’s most industrially intensive territories—faces increasing ecological pressure due to the expansion of mining, chemical, and energy production enterprises, as well as growing urban transport flows. These factors collectively contribute to heightened emissions of toxic gases and fine particulate matter, posing risks to the health of urban populations and the stability of regional ecosystems.

Therefore, this thesis undertakes a comprehensive evaluation of the current state of atmospheric air quality in the Navoi region. It analyses long-term emission trends, assesses pollution levels across major cities, identifies the primary anthropogenic sources of harmful substances, and provides evidence-based recommendations for mitigating air pollution and improving environmental sustainability in the region.

LITERATURE REVIEW.

Global research has consistently highlighted the complex and multifactorial nature of urban air pollution. Early foundational studies by Dockery & Pope (1994) and Pope et al. (2002) established strong causal links between particulate matter exposure and increased mortality from cardiopulmonary diseases. Subsequent work by the European Environmental Agency (EEA, 2019) and the US Environmental Protection Agency (EPA, 2020) reinforced these findings, emphasising the harmful impact of long-term exposure to $PM_{2.5}$ and PM_{10}, nitrogen dioxide (NO_2), sulfur dioxide (SO_2), and carbon monoxide (CO) on human health.

In developing countries, recent studies (e.g., Guttikunda & Goel, 2013; Lelieveld et al., 2015) show that emissions from industrial enterprises, thermal power plants, and rapidly expanding urban transport systems are the primary contributors to deteriorating air quality. Research from Central Asia also indicates that climatic conditions, such as frequent dust storms and temperature inversions, exacerbate pollution levels and hinder the natural dispersion of harmful particles. Studies conducted in Kazakhstan, Kyrgyzstan, and Uzbekistan (e.g., Kurbanov, 2019; Moldakhmetov et al., 2021) demonstrate that cities located near mining and metallurgical facilities often exhibit chronically high concentrations of NO_2, SO_2, and suspended particulates.

Within Uzbekistan, several researchers (including Rasulov, 2020; Mamatkulov, 2021) have examined the ecological consequences of industrial expansion, highlighting the need for modernised monitoring technologies and more stringent emission control systems. However, despite growing interest, the scientific literature reveals a gap in region-specific assessments, especially for highly industrialised territories such as the Navoi region. Existing studies primarily focus on national-scale environmental statistics, leaving limited empirical analyses of pollutant distribution, city-level vulnerability, and the health implications of air quality variations.

Given these gaps, the present thesis contributes to the existing body of knowledge by conducting a comprehensive, city-level evaluation of atmospheric pollutants in the Navoi region, drawing on both official statistical data and field measurements. Through a comparative analysis of pollution indicators across seven cities, this study aims to clarify the spatial distribution of major pollutants, identify the most vulnerable urban environments, and develop targeted recommendations for reducing air pollution and advancing environmental sustainability in the region.

MATERIALS AND METHODS

The high level of industrial potential of the Navoi region and the transport system of its cities have a significant impact, first of all, on the administrative centre - Navoi, and then on the ecological state of other cities. If we pay attention to the trend of toxic gases emitted into the atmosphere by enterprises, organisations and institutions located in the region over the past decade, we can see that their amount has increased slightly over the years (see the Figure 1).

In 2020, 48,400 tons of harmful gases were emitted into the atmosphere in the region, and according to statistical reports received at the end of 2021, 69,000 tons of harmful gases were emitted. Compared to last year, 20,600 tons of dust and harmful gases were emitted more. The bulk of harmful gases is produced by industrial enterprises. For example, in 2023, Navoi Mining and Metallurgical Plant (NMMP) emitted 19.7 thousand tons, Kyzylkum Phosphorite Plant 26.2 thousand tons, Navoiazot JSC 4.8 thousand tons, Kyzylkumsement JSC 9.5 thousand tons, and Navoi Thermal Power Plant 2.9 thousand tons of dust and harmful gases into the atmosphere. All

large enterprises in the region accounted for 55.8 thousand tons or 80.8% of total emissions. The increase in emissions compared to the previous year was due to the commissioning of new industrial enterprises and the malfunction of filters at the Kyzylkum Phosphorite Plant.

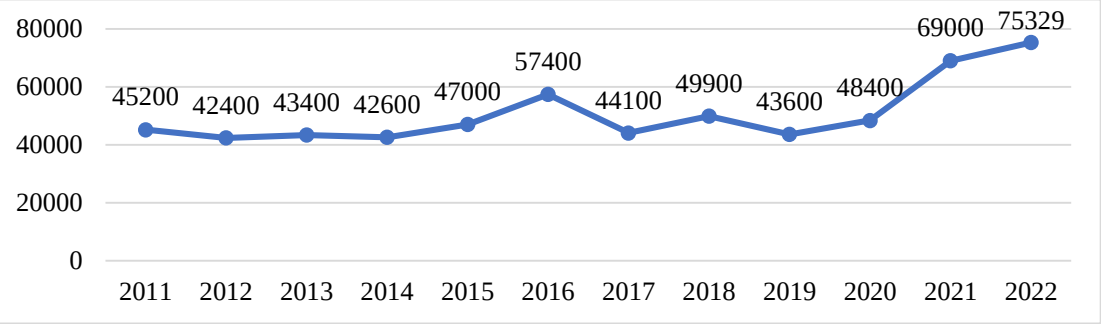


Figure 1. The amount of harmful gases emitted into the atmosphere in Navoi region between 2011 and 2022 (in tons)

The proximity of industrial enterprises to settlements in the region's cities, combined with the failure to consider wind direction when constructing them, also significantly impacts the ecological state of the areas adjacent to the city, leading to an expansion of the emission sources' radius of influence. Therefore, when assessing the ecological state of cities, the quality of the atmospheric air is a primary indicator. It should be noted that accurate results cannot be achieved without the observations of the Centre of the Hydrometeorological Service of the Republic as the main source, such as the percentage of toxic substances in the air. However, it should also be taken into account that the correlation radius of the observation posts may not exceed several km, which cannot help but affect the accuracy of the data.

According to the regional statistics department, the total number of industrial enterprises operating in the region in 2023 was 3 942, of which 826 were located in Navoi, 376 in Zarafshan, 198 in Gazgan, 442 in Kyzyltepa, 283 in Nurota, 180 in Uchkuduk, and 490 in Yangirabot. In terms of toxic gas emissions from industrial enterprises, the city of Navoi, which is considered the administrative centre, stands out along with the industrialised cities of Zarafshan, Uchkuduk, Gazgan, and Nurota. This research material was conducted and comparatively analysed using the **AIR QUALITY DETECTOR VT** device in urban settlements in the region.

RESULT AND DISCUSSIONS.

The results of the conducted research and observations show that the average annual nitrogen oxide pollution rate in the region in 2017 was 0.03 mg/m^3, in 2019 it was 0.06 mg/m^3, in 2022 it was 0.04 mg/m^3, and in 2021 the pollution rate with this substance was 0.03 mg per m^3. In the observations for 2023, it can be seen that the average pollution rate was 0.06 mg/m^3. It is clear that in 2023 the indicators increased by 0.02 mg compared to 2022. It is reasonable to attribute this to the increase in industrial production in the cities of Navoi, Zarafshan, and Uchkuduk. Low levels of atmospheric air pollution with nitrogen oxides can be observed in the cities of Kyzyltepa, Yangirabot, Nurota and Gazgan, moderate levels, above average pollution levels in the city of Uchkuduk, and high levels of pollution in Navoi and Zarafshan.

Almost all of these cities also have high levels of nitrogen dioxide pollution. In 2017, the average annual concentration of this substance was 0.05 mg, in 2019 it was 0.05 mg, in 2021 it was 0.06 mg, and in 2022-2023 the average annual nitrogen dioxide pollution was 0.05 mg, but the average annual permissible norm is 0.04 mg. The cities of Navoi and Zarafshan, where high concentrations of these substances are observed, are characterised mainly by the large amount of gases emitted into the atmosphere by electric power and metallurgical enterprises. The results of

monitoring and analysis show that nitrogen dioxide is the main source of atmospheric air pollution in the region.

In the region, 65% of carbon monoxide emissions are due to transport, 21% to small consumer and household waste, and 14% to industry. Extreme concentrations are often observed in areas with high anthropogenic load on the environment - traffic jams or inversions (i.e., conditions of weak air exchange) leading to smog formation. The permissible annual average standard for this substance is 3 mg/m^3, and in 2017, the share of carbon monoxide in the atmospheric air of the region was 1 mg, in 2019 - 2 mg, in 2021 - 1 mg on average, in 2022 and 2023 - 1.5 mg. Three of the existing cities, Yangirabot, Nurota, and Gazgan, have low levels of carbon monoxide pollution, while the cities of Kyzyltepa and Uchkuduk have average levels of carbon monoxide pollution, and Navoi and Zarafshan have above-average levels, and no high levels of pollution have been observed. The lack of high levels of pollution can be attributed to the small area of the cities, despite the high traffic flow in the region, because the volume of harmful gases emitted from them as a result of traffic in a small area is not high.

In addition, large-capacity vehicles carrying cargo and passengers, as well as air and rail transport infrastructure, are only available in the cities of Navoi and Zarafshan, and are mainly located outside the city.

Sulfur dioxide is contained in the emissions of ferrous and non-ferrous metallurgy enterprises, ceramic, caprolactam, linoleum, paperboard, foam plastic production enterprises, food, textile and paper industries, as well as thermal energy enterprises - thermal power plants (TPP, SDPP, boiler houses). Exposure to sulfur dioxide in concentrations higher than the permissible limit can lead to an increase in various respiratory diseases, affect the mucous membranes, cause pharyngitis, bronchitis, cough, sore throat and pain. People with chronic respiratory disorders are especially sensitive to sulfur dioxide. The average annual permitted standart indicator for this substance is 0.005 mg per cubic meter, and in 2017, sulfur dioxide pollution was 0.002 mg, in 2019 it was 0.005 mg, in 2021 it was 0.007 mg, and in 2022 this indicator was not lower than 0.006 mg. Observations in 2023 showed an average indicator of pollution with this substance of 0.005 mg/m^3. The lowest level of sulfur dioxide pollution was observed in the city of Yangirabot, where the air is relatively clean, the average indicator was in the cities of Nurota and Gazgan, above average in Kyzyltepa, and especially high indicators were observed in Navoi, Zarafshan, and Uchkuduk.

It is worth noting that dust is a common pollutant of atmospheric air, consisting of a mixture of solid and liquid particles in suspension. Suspended particles include small dispersed particles PM_{10} and $PM_{2.5}$.

PM_{10} and $PM_{2.5}$ fine dispersed particles - with a diameter of 10 microns (μm) or less – PM_{10} and 2.5 microns (μm) or less – $PM_{2.5}$ are solid microparticles suspended in the air, formed by construction, manufacturing (especially cement, ceramics, bricks, etc.), road surface erosion and wear of brake pads and tires, and burning of solid fuels. In a large city, $PM_{2.5}$ is always present in the air and a person breathes it in any case. If these particles enter the human body in large quantities every day and do not have time to leave, they accumulate in the body. The main danger of $PM_{2.5}$ is not in sudden changes in its concentration, but in the chronic effect of these particles on the body. Symptoms of “poisoning” with $PM_{2.5}$ are not obvious. A person living in a city inhales an average of 200 billion $PM_{2.5}$ particles per day. Half of them settle in the lungs. Such a single dose does not cause serious consequences. However, over time, the amount of $PM_{2.5}$ in the body exceeds a critical level, which leads to an increase in respiratory and cardiovascular diseases, such as respiratory diseases, cardiovascular, respiratory and cancer deaths. In our studies, we can witness a higher percentage of these fine dispersed particles in the cities of Navoi and Zarafshan compared to other cities in the region.

This process is especially high in cities such as Navoi, Zarafshan, and Uchkuduk, where industrial enterprises are located in the region. According to our observations, the cities of Navoi and Zarafshan are highly polluted with fine dispersed particles. We can see that Kyzyltepa and Uchkuduk are above average, the city of Gozgan is average, and the cities of Nurata and Yangirabot are low in pollution (Table 1).

Table 1

Rating of regional cities by pollution level (relative to permitted standart values)

Pollution level	Nitric oxide (NO)	Sulfur dioxide (SO_2)	Nitrogen dioxide (NO_2)	Carbon monoxide (CO)	$PM_{2.5}$ (mg/m^3, 24 hours)	PM_{10} (mg/m^3, 24 hours)
Low	Kyzyltepa, Yangirabot	Yangirabot	Kyzyltepa, Yangira-bot	Yangirabot, Nurota, Gazgan	Yangirabot, Nurota	Yangirabot, Nurota
Moderate	Nurota, Gazgan	Nurota, Gazgan	Nurota	Kyzyltepa, Uchkuduk	Gazgan	Gazgan
High than moderate	Uchkuduk	Kyzyltepa	Gazgan	Navoi, Zarafshan	Kyzyltepa, Uchkuduk	Qiziltepa, Uchkuduk
High	Navoi, Zarafshan	Navoi, Zarafshan, Uchkuduk	Navoi, Zarafshan, Uchkuduk	---	Navoi, Zarafshan	Navoi, Zarafshan

CONCLUSION

The findings of this research clearly demonstrate that the ecological situation in the Navoi region is significantly influenced by industrial expansion, urban transport intensity, and the spatial proximity of large enterprises to residential areas. The analysis of atmospheric pollutants—NO, NO_2, SO_2, CO, PM_{10}, and $PM_{2.5}$ — reveals persistent exceedances of national and international air quality standards, particularly in the cities of Navoi, Zarafshan, and Uchkuduk, where the concentration of harmful substances is consistently higher than in other regional centres. These pollution patterns are closely linked to the operations of major industrial facilities such as NMMP, the Kyzylkum Phosphorite Plant, Navoiazot, Kyzylkumsement, and the Navoi Thermal Power Plant, which together account for more than 80% of total emissions.

The study contributes to the academic discourse by providing one of the most comprehensive city-level assessments of air quality in the Navoi region, combining official statistical sources with on-site monitoring conducted using the AIR QUALITY DETECTOR VT device. The comparative pollution ranking developed in this thesis offers a valuable framework for identifying the most vulnerable areas and supports evidence-based environmental planning.

From a policy perspective, the results highlight the urgent need to modernize industrial filtration systems, strengthen emission control mechanisms, expand real-time air quality monitoring networks, and improve urban planning by considering wind direction and settlement–enterprise distances. Reducing the concentration of fine particulate matter and toxic gases will not only enhance environmental sustainability but also contribute significantly to the long-term health and well-being of the region’s population.

Overall, this research underscores that improving air quality in the Navoi region requires a coordinated approach involving government agencies, industrial enterprises, and local communities. Implementing the recommended measures will help mitigate ecological degradation and support the region’s transition toward a more sustainable and healthier urban environment.

REFERENCES

1. Dockery, D. W., & Pope, C. A. (1994). Acute respiratory effects of particulate air pollution. Annual Review of Public Health, 15(1), 107–132.

2. Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. Journal of the American Medical Association, 287(9), 1132–1141.

3. World Health Organization. (2021). Air quality guidelines: Global update 2021. WHO Press.

4. European Environment Agency. (2019). Air quality in Europe – 2019 report. EEA.

5. U.S. Environmental Protection Agency. (2020). Integrated Science Assessment for Particulate Matter. EPA.

6. Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., & Pozzer, A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature, 525, 367–371.

7. Guttikunda, S. K., & Goel, R. (2013). Health impacts of particulate pollution in Indian megacities. Urban Climate, 6, 30–47.

8. Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution. The Lancet, 389(10082), 1907–1918.

9. Zhang, Q., He, K., & Huo, H. (2012). Cleaning China’s air. Nature, 484, 161–162.

10. Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., et al. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease. Circulation, 121(21), 2331–2378.

11. Kumar, P., Morawska, L., Birmili, W., et al. (2014). Ultrafine particles in cities. Environment International, 66, 1–10.

12. Moldakhmetov, M., Abdrakhmanova, S., & Duisenova, G. (2021). Urban air pollution and health risks in industrial cities of Kazakhstan. Environmental Monitoring and Assessment, 193(4), 229.

13. Kurbanov, A. (2019). Air pollution sources and respiratory diseases in Central Asia. Journal of Environmental Geography, 12(3), 45–55.

14. Rasulov, K. (2020). Environmental impacts of industrialisation in Uzbekistan. Central Asian Journal of Environment and Sustainability, 3(2), 56–67.

15. Mamatkulov, Z. (2021). Atmospheric air quality assessment in Uzbekistan’s urban centres. Ecology and Environment, 27(1), 34–42.

16. Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., et al. (2009). Speciation and sources of PM10 and PM2.5 in Europe. Atmospheric Environment, 43, 1651–1662.

17. Kim, K.-H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. Environment International, 74, 136–143.

18. Chen, R., Yin, P., Meng, X., et al. (2017). Fine particulate air pollution and daily mortality: A nationwide analysis in China. The Lancet Planetary Health, 1(7), 301–312.

19. He, J., Fan, S., Meng, Q., et al. (2017). Air pollution and its health impacts in China. Environment International, 108, 220–228.

20. Singh, V., Biswal, A., Kesarkar, A., Mor, S., & Ravindra, K. (2020). High resolution emission inventory of air pollutants from road transport sector in India. Environmental Pollution, 266, 115176.

CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH VA UTILIZASIYA QILISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR WASTE RECYCLING AND DISPOSAL

O‘SIMLIK QOLDIQLARI VA CHIQINDILARDAN QISHLOQ XO‘JALIGIDA O‘G‘IT SIFATIDA FOYDALANISH TEXNOLOGIYASI

Sidikov Saidjon, Yunusova Sayyoraxon Odil qizi
O ʻzbekiston Milliy universiteti

Annotatsiya. Maqolada o‘g‘it sifatida foydalanish mumkin bo‘lgan chiqindi va qoldiqlar, ularning tarkibidagi organik massa va oziq elementlar miqdori, chiqindilardan noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itlar tayyorlash texnologiyasi, noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itlar tarkibi to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan.

***Kalit so‘zlar*: atrof-muhit,** chiqindi va qoldiqlar, noan’anaviy organo-mineral o‘g‘it, organik modda, oziq elementlar, texnologiya, tuproq, unumdorlik.

Аннотация. В статье приведены сведения об отходах и остатках, которые могут быть использованы в качестве удобрений, количестве органического вещества и питательных веществ в их составе, технологии получения нетрадиционных органо-минеральных удобрений из отходов и составе нетрадиционных органо-минеральных удобрений.

Ключевые слова: окружающая среда, отходы и остатки, нетрадиционные органо-минеральные удобрения, органическое вещество, питательные вещества, технология, почва, плодородие.

Abstract. This article provides information on waste and residues that can be used as fertilizers, the amount of organic matter and nutrients in their composition, the technology for producing non-traditional organo-mineral fertilizers from waste, and the composition of non-traditional organo-mineral fertilizers.

Keywords: environment, waste and residues, non-traditional organo-mineral fertilizers, organic matter, nutrients, technology, soil, fertility.

KIRISH

Bugungi kunda dunyoda yer va suv resurslarining keskin qisqarishi, aholi sonining ortishi natijasida **atrof-muhit va tabiatda bir qator salbiy holatlar kuzatilmoqda, jumladan tuproqlar degradatsiyasi, sho‘rlanishi, degumifikatsiya va h.k. Oqibatda mo‘l va** sifatli qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirishda muammolar kelib chiqmoqda. Mamlakatimizda ushbu muammolarning yechimiga qaratilgan qaror va farmonlar chiqarilgan [1,2].

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 28 fevraldagi “O‘zbekiston Respublikasi qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo‘ljallangan strategiyasi to‘g‘risida”gi PQ-4575-son, 2024 yil 13 fevraldagi “Qishloq xo‘jaligi yerlari degradatsiyasiga qarshi kurashish, tuproqning gumus miqdori va unumdorligini oshirishni qo‘llab-quvvatlashning qo‘shimcha chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-71-son Qarorlarida qishloq xo‘jaligi sohasida organik va mineral o‘g‘itlarning quvvatlaridan tejamli va samarali foydalanishga doir ko‘rsatmalar berilgan, mamlakatning oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash, **atrof-muhit va t**abiatni muhofaza qilish, ekologik sof, toza mahsulotlar ishlab chiqarishni jadallashtirish, sohada eksport hajmini oshirish bo‘yicha qator vazifalar belgilab berilgan.

Qishloq xo‘jaligini modernizatsiya qilish hamda jadal rivojlantirish, ekologik toza mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish, oziq-ovqat xavfsizligini yanada mustahkamlashda tuproq asosiy vositadir. Tuproqning xossalarini yaxshilash, unumdorligini oshirish, uni organik moddaga boyitish sifatli va mahsuldor hosil olishning garovidir.

Keyingi yillarda tuproqni organik moddaga boyitish bo‘yicha jahon tajribasi turli chiqindi va qoldiqlardan olinadigan noan’anaviy organo-mineral kompostlarga e’tibor kuchayganligini ko‘rsatmoqda. Tuproq unumdorligini oshirish va gumus holatini yaxshilash uchun turli kompostlar va o‘simlik qoldiqlari ishlatilmoqda. Natijada organik o‘g‘itlar ishlab chiqarish oshadi, turli

chiqindilarni utilizatsiya qilish muammosi hal qilinib, ularning ekologiyaga salbiy ta’sirining oldi olinadi [5,6,10].

Mamlakatimiz qishloq xo‘jaligida o‘g‘itlarga bo‘lgan talab yuqori bo‘lib, ayrim hollarda ularni yetishmasligi kuzatilmoqda [7,9]. Shuning uchun tuproqqa berish mumkin bo‘ladigan oziq elementlarining qo‘shimcha manbalarini ham topish kerak. Bularga respublika hududida katta hajmdagi rezervlari mavjud bo‘lgan sanoat chiqindilari (fosfogips, ko‘mir qoldiqlari, yog‘ kombinatlari va paxta zavodlari chiqindilari), qishloq xo‘jalik qoldiqlari (g‘o‘zapoya, somon, sabzavot va poliz ekinlarining vegetativ qoldiqlari), shahar hamda qishloq chiqindilari (kanalizatsiya, oshxonalar chiqindilari, to‘kilgan shox-shabba, barglar), suv omborlari, kanallar va ariqlardagi chuchuk suv loyqalari kiradi. Ularni go‘ng bilan aralashtirib, organik o‘g‘itlarning yangi noan’anaviy turlarini yaratish dehqonchilikda zamonaviy yo‘nalish hisoblanadi. Bunday o‘g‘itlar tayyorlash uchun xomashyo uzoqdan olib kelinmaydi, sotib olinmaydi, natijada arzon tushadi. Demak, tuproqlar xossa va xususiyatlarini yaxshilash, unumdorligini hamda ekinlar hosildorligini oshirish uchun ishlatiladigan mineral o‘g‘itlarning tannarxi ortib borayotgan, organik o‘g‘itlarning taqchilligi sezilayotgan bir vaqtda, chiqindilardan noan’anaviy o‘g‘itlar tayyorlab, qo‘llashning ilmiy yechimlarini ishlab chiqish dolzarb masala bo‘lib qolmoqda.

Shu nuqtai nazardan chiqindi va qoldiqlar tarkibidagi oziq elementlar miqdorini aniqlash, ulardan noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itlar tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqot ishlari olib borildi.

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqot ishlari tuproqshunoslik va agrokimyoda umumqabul qilingan uslublar asosida bajarildi [3,4,8].

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Chiqindi va qoldiqlar tarkibidagi metall, plastmassa, oyna siniqlari, beton, toshlar, g‘ishtlar va zaharli moddalar ajratib olinsa, qolgan massa o‘z tarkibida asosan organik moddalar va Mendeleyev jadvalidagi o‘simlik uchun zarur bo‘lgan barcha makro-, mikro- va ultramikro elementlarni saqlaydi (1-jadval).

1-jadval

Ayrim chiqindi va qoldiqlar tarkibidagi organik massa va oziq elementlar miqdori

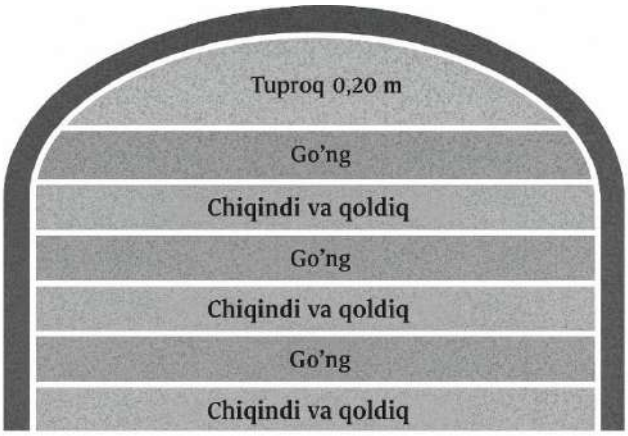
Chiqindi va qoldiqlar	Organik massa, %	Havo namligidagi massaga nisbatan, % hisobida			20 tonna massadagi miqdori, kg			
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	Organika, kg
Daraxt barglari	88,2	0,37	0,24	0,27	74,0	48,0	54,0	16,6
Somon	93,5	0,46	0,20	0,90	92,0	40,0	180,0	18,7
G‘o‘zapoya	91,6	1,13	0,42	1,25	226,0	84,0	250,0	18,3
Chuchuk suv loyqasi	40,4	0,58	0,18	0,69	116,0	36,0	138,0	18,3
Ko‘mir sanoati qoldiqlari	30,1	0,33	0,27	0,28	60,0	54,0	56,0	6,2
Shahar qattiq chiqindisi	26,2	0,50	0,41	0,62	100,0	82,0	124,0	5,7
Qoramol go‘ngi	60,0	0,50	0,25	0,60	100,0	50,0	120,0	12,0
Parranda go‘ngi	66,0	2,06	1,80	1,10	412,0	360,0	220,0	13,1

Chiqindi va qoldiqlar o‘z tarkibida (quruq modda hisobida) o‘rtacha 26,2-93,5% organik massa, 0,2-2,1% azot, 0,2-1,8% P_2O_5 va 0,3-1,3% K_2O va bir qancha mikroelementlar saqlaydi (1-jadval).

Ayrim chiqindilarning tarkibida zararli buyumlar va mikroorganizmlar bo‘lishini hisobga olib, ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘g‘it sifatida ishlatib bo‘lmaydi. Bunday chiqindi va qoldiqlarni o‘g‘it sifatida ishlatish uchun nisbatan xavfsiz va samarali usul, ya’ni kompostlash orqali noan’anaviy o‘g‘it tayyorlash lozim. Kompostlashning birinchi komponenti hisoblangan chiqindilar foydali organik modda va oziq elementlarni ko‘p darajada saqlaydi. Lekin ularni o‘simlik o‘zlashtirishi uchun organik birikmalar mikroorganizmlar ta’sirida parchalanishi kerak. Biologik usul deb nom olgan kompostlash texnologiyasida bu holat hisobga olingan bo‘lib, chiqindilarni parchalovchi ikkinchi komponent sifatida mikrobiologik preparatlar yoki mikroorganizmga boy boshqa organik massalar, masalan qoramol go‘ngi, tovuq go‘ngi qo‘llaniladi.

Odatda butun dunyoda kompostlash uchun qattiq va suyuq go‘ngdan foydalaniladi. Noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itlar tayyorlashda go‘nglar asosiy komponent hisoblanadi. Ma’lumki, go‘ng tarkibida ko‘proq makro va mikroelementlar bor. Bundan tashqari go‘ngning 50-90 %i organik qismdan iborat. Go‘ngda mikroorganizmlar ham juda ko‘p. Shuning uchun go‘nglardan chirituvchi massa sifatida foydalanish noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itda ham organik qismni, ham makro- va mikro- elementlarni ko‘paytiradi. Shu bilan birga noan’anaviy o‘g‘itlar mikroorganizmlar bilan ham boyiydi. Natijada xo‘jaliklar mikroorganizmlarga boy organo-mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarishni ko‘paytirish imkoniga ega bo‘ladilar.

Noan’anaviy organo-mineral o‘g‘it tayyorlashni quyidagicha shaklda olib borish tavsiya etiladi. Tozalangan chiqindi yoki qoldiqlarni go‘ng bilan qatlam-qatlam qilib (shtabel) bo‘yi 4-10 m, eni 2-3 m, balandligi 2,5-3 m bo‘lgan uyim tashkil qilinadi (1-rasm).



1- rasm. **Chiqindi va qoldiqlarni go‘ng bilan qatlam-qatlam qilib joylash**

Eng pastki birinchi qatlam chiqindi yoki qoldiq bo‘lib 1 m qalinlikda yotqiziladi va buldozer bilan zichlanadi. Uning ustiga 1 m qalinlikda go‘ng qatlami yotqiziladi va yana buldozer bilan zichlanadi. Uning ustiga yana chiqindi yoki qoldiq qatlami, keyin go‘ng qatlami navbat bilan yotqizilib boriladi. Uyumning balandligi 3 m bo‘lganda to‘xtatiladi va uning yuzasi chiqindi yoki qoldiq bilan berkitiladi.

O‘g‘it tayyorlanadigan maydon yer osti suvi chuqur joylashgan joyda bo‘lishi tavsiya qilinadi. Chunki yer osti suvi noan’anaviy organo-mineral o‘g‘it tayyorlash jarayoniga salbiy ta’sir etishi yoki oziq elementlarni yo‘qotilishiga olib keladi.

Kompostlash uymasida namlik darajasi va harorat kuzatilib turiladi. Namlik 50-60% dan, harorat 35-40^{0}C dan oshib ketmasligi kerak. Shuni aytish kerakki, zichlangan uymalarda organik qoldiq va chiqindilar sekinroq chiriydi. Chunki zichlanganda uymalar ichidagi teshiklar 90-100% namlik bilan to‘ladi, havo esa chiqib ketadi. Havo kam bo‘lgan anaerob sharoitda chirish sekin boradi. Zichlanmagan uymalarda havo ko‘p bo‘lganligi uchun chirish tezroq boradi. Shu sababdan zichlangan uymalarda organo-mineral noananaviy o‘g‘it 6-7 oyda tayyor bo‘lsa, zichlanmaganda 3-5 oyda tayyor bo‘ladi.

O‘zbekistonda yoz issiq, quruq va yog‘in kam bo‘lgan iqlim sharoitini hisobga olib, kompostlash jarayonida namlik uchib ketmasligi uchun organo-mineral o‘g‘itni alohida chuqurliklarda tayyorlash yaxshi natija beradi (2-rasm).



2–rasm. **Chuqurqa 1:1 nisbatda go‘ng va g‘o‘zapoyani aralashtirib solish**

Chuqurlikning hajmi mavjud bo‘lgan chiqindi va qoldiqlarning hajmiga bog‘liq bo‘ladi. Masalan, 1 tonna organo-mineral o‘g‘it tayyorlash uchun xomashyo hajmini hisobga olgan holda kompostlash uchun tayyorlangan chuqurlikning o‘lchamlari 1,0 metr x 1,0 metr x 2 metrdan 2 metr x 1,0 metr x 1,0 metrgacha bo‘lishi mumkin (bu yerda asosan chuqurlik 1 metrdan 2 metrgacha ko‘payadi).

2 tonna organo-mineral o‘g‘it tayyorlash uchun chuqurning o‘lchami 2 marta katta bo‘ladi, ya’ni 2,0 metr x 2,0 metr x 2,0 metrdan 4,0 metr x 2,0 metr x 2,0 metrgacha. 3 tonna uchun esa 3,0 metr x 3,0 metr x 3,0 metrdan 6,0 metr x 3,0 metr x 3,0 metrgacha. Odatda organo-mineral o‘g‘itlar kelajakda berilishi kerak bo‘lgan dala yonida tayyorlanishi lozim.

Yuqorida aytilgan qoldiq va chiqindilardan olingan noan'anaviy organo-mineral o‘g‘itlarning kimyoviy tarkibi 2–jadvalda berilgan.

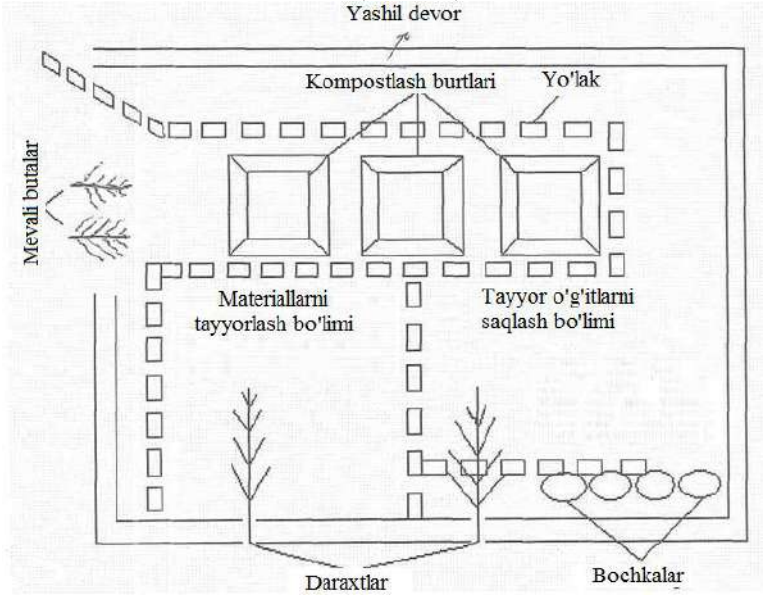
2-jadval

Tayyorlangan noan'anaviy o‘g‘itlar tarkibi, %

Noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itlar	N	P	K
Go‘ng+kanalizatsiya qoldiqlari	0,51	0,29	0,44
Go‘ng+daraxt barglari	0,60	0,22	0,46
Go‘ng+chuchuk suv loyqasi	0,49	0,29	0,61

2-jadval ma’lumotlariga ko‘ra, kompostlash jarayonida hosil bo‘lgan noan’anaviy organo-mineral o‘g‘it birinchidan chiqindi va qoldiqlarga nisbatan oziq elementlarga boyroq bo‘ladi. Ikkinchidan, chiqindi va qoldiqlar hisobiga organik o‘g‘it miqdori ko‘payadi. Bunday o‘g‘itlar respublikamiz sug‘oriladigan tuproqlari uchun suvdek zarur.

Kompostlash maydonida chiqindi va qoldiqlarni to‘playdigan va zararli qo‘shimchalardan tozalangan qoldiq va chiqindilarni elektr tegirmonidan o‘tkazib, uzunligi 1-1,5 sm keladigan massaga aytantirish maydonchasi bo‘lishi kerak. Kompostlash uchun alohida to‘rtburchak yoki uzunchoq shakldagi yerlar ham bo‘lishi lozim (3-rasm).



3-rasm. **Kompostlash maydoni**

XULOSA VA TAVSIYALAR.

Noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itlarni har qanday tuproqqa shudgordan oldin, ekishdan avval va qator orasiga qo‘llasa ham bo‘ladi. Chunki o‘g‘itlar tarkibida birinchidan harakatchan shakldagi oziqa birikmalar ko‘p, ikkinchidan organika tarkibidagi oziq elementlar ham sekin-asta harakatchan shaklga o‘tib, o‘simlik o‘zlashtiradigan zahirani to‘ldirib boradi. O‘simlikni havo orqali oziqlanishini ham yaxshilaydi.

Noan’anaviy organo-mineral o‘g‘itlar tayyorlash texnologiyasini fermerlarga tavsiya qilish uchun avval ushbu texnologiyani birorta fermer xo‘jaligida katta masshtabda sinab ko‘rish va ilmiy asoslash zarur. Fermer xo‘jaliklarda noan’anaviy o‘g‘itlar tayyorlash uchun aholi punktidan 1-3 km uzoqda joylashgan alohida maydon tayyorlash maqsadga muvofiq.

Chiqindi va qoldiqlarni utilizatsiya qilib, ulardan organo-mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish va qishloq xo‘jaligida foydalanish *atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish,* tuproqlar xossalarini yaxshilash, unumdorligini oshirish, madaniy ekinlardan yuqori va sifatli hosil yetishtirish imkoniyatini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 28 fevraldagi PQ-4575-son “O‘zbekiston Respublikasi qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo‘ljallangan strategiyasi to‘g‘risida”gi Qarori

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024 yil 13 fevraldagi PQ-71-son “Qishloq xo‘jaligi yerlari degradatsiyasiga qarshi kurashish, tuproqning gumus miqdori va unumdorligini oshirishni qo‘llab-quvvatlashning qo‘shimcha chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarori

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. - 248-255с.

4. Niyozaliev I.N., Otabekov N.A., Kan V.M., Toirov T.Z., Rajabov B.B. Agroximiyadan amaliy mashg‘ulotlar. Toshkent, «Mexnat», 1989. -168 b.
5. Sattarov J. Noananaviy o‘g‘it olish texnologiyasi haqida //O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasining ma’ruzalari jurnali. Toshkent, 2012. 23-27 b.
6. Саттаров Ж.С., Каримбердиева А., Холикназаров А. Оргоно-минеральное удобрение из отходов. Ж. Сельское хозяйство Узбекистана, № 1, 2012. 16-18 с.
7. Sattorov J., Sidiqov S. Chiqindi va qoldiqlar – organik o‘g‘it ishlab chiqarishni ko‘paytirishning asosiy xomashyosi. O‘zMU xabarlari, № 3/1, 2014.
8. Sattorov J., Sidiqov S. Noan’anaviy organo-mineral o‘g‘it olish texnologiyasi va ularni qo‘llash. O‘quv qo‘llanma. Toshkent, Universitet, 2017.
9. Сидиков С., Жонгиров Ф., Худойқулов Ж. Турли чиқиндилардан ноанъанавий ўғитлашда фойдаланиш. Охрана окружаюшей среды в Узбекистане: современное состояние и пути развития». Научно-практический семинар. ТИИМ, 2012. 34-35 b.
10. Internet resurslari: www.ziyonet.uz- elektron kutubxonasi.

CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH VA UTILIZASIYA QILISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI

Nurmaxamadov Abdusalom
Jizzax politexnika instituti magistri

Annotatsiya: Ushbu maqolada chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilishdagi innovatsion texnologiyalar tahlil qilinadi. Dunyo tajribasi va O‘zbekiston sharoitida qo‘llanilayotgan samarali usullar, jumladan bio-texnologik, termal, kimyoviy va avtomatlashtirilgan chiqindi ajratish tizimlari ko‘rib chiqilgan. Maqolada ushbu texnologiyalarning ekologik va iqtisodiy samaradorligi, ularni tatbiq etish imkoniyatlari, shuningdek chiqindilarni boshqarishning barqaror rivojlanishga qo‘shadigan hissasi muhokama qilingan. Tadqiqot natijalari innovatsion yondashuvlarni keng joriy etish orqali atrof-muhitni muhofaza qilish va resurslarni tejash imkoniyatlarini ochib beradi.

Kalit so’zlar: Chiqindilarni qayta ishlash, utilizatsiya, innovatsion texnologiyalar, barqaror rivojlanish, ekologik samaradorlik.

Аннотация: В данной статье анализируются инновационные технологии переработки и утилизации отходов. Рассмотрен мировой опыт и эффективные методы, применяемые в условиях Узбекистана, включая биотехнологические, термические, химические технологии и автоматизированные системы сортировки отходов. В статье обсуждаются экологическая и экономическая эффективность этих технологий, возможности их внедрения, а также вклад управления отходами в устойчивое развитие. Результаты исследования показывают, что широкое внедрение инновационных подходов открывает возможности для охраны окружающей среды и экономии ресурсов.

Ключевые слова: переработка отходов, утилизация, инновационные технологии, устойчивое развитие, экологическая эффективность.

Abstract: This article analyzes innovative technologies for waste recycling and utilization. The study examines global experience and effective methods applied in Uzbekistan, including bio-technological, thermal, chemical, and automated waste sorting systems. The ecological and economic efficiency of these technologies, their implementation potential, and the contribution of waste management to sustainable development are discussed. The research results indicate that broad implementation of innovative approaches creates opportunities for environmental protection and resource conservation.

Keywords: waste recycling, utilization, innovative technologies, sustainable development, ecological efficiency.

KIRISH

So‘nggi yillarda chiqindilarni boshqarish va utilizatsiya qilish muammosi global miqyosda dolzarb masala sifatida e’tirof etilmoqda. Atrof-muhit ifloslanishi, resurslarning kamayishi va shaharlarda chiqindilar hajmining oshishi davlat va jamiyat e’tiborini jalb qilmoqda. Innovatsion texnologiyalar yordamida chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilish ekologik barqarorlikni ta’minlash, energiya resurslarini tejash va “yashil” iqtisodiyotni rivojlantirish imkonini beradi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tomonidan 2020-yil 10-martda imzolangan PQ-4630 “Atrof-muhitni muhofaza qilish va chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” qarorida chiqindilarni samarali boshqarish va innovatsion texnologiyalarni joriy etish muhimligi ta’kidlangan. Shuningdek, 2021-yil 5-aprelda qabul qilingan Farmon №PF-6212 “Barqaror rivojlanish va yashil iqtisodiyot yo‘nalishida ekologik tizimlarni rivojlantirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida” chiqindilarni qayta ishlash va resurslarni tejashning milliy strategik vazifa ekanini belgilaydi.

Hozirgi davrda chiqindilar muammosi global miqyosda ekologik va iqtisodiy jihatdan eng dolzarb masalalardan biriga aylangan. Aholining ko‘payishi, sanoat ishlab chiqarishning rivojlanishi va urbanizatsiya natijasida chiqindilar miqdori keskin oshib bormoqda. Noto‘g‘ri boshqarilgan chiqindilar tuproq, suv va havo sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi, biologik xilma-xillikni kamaytiradi va inson salomatligi uchun xavf tug‘diradi.

Shu bilan birga, chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilishning samarali usullarini tatbiq etish barqaror rivojlanish, resurslarni tejash va “yashil” iqtisodiyot prinsiplari nuqtai nazaridan juda muhimdir. An’anaviy usullar ko‘pincha samaradorligi past, energiya sarfi yuqori va atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatishi bilan cheklanadi. Shu sababli, innovatsion texnologiyalarni joriy etish, jumladan bio-texnologik usullar, avtomatlashtirilgan chiqindi ajratish tizimlari, termal va kimyoviy utilizatsiya texnologiyalari dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Maqolaning maqsadi – chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilish bo‘yicha zamonaviy innovatsion texnologiyalarni tahlil qilish, ularning ekologik va iqtisodiy samaradorligini baholash hamda O‘zbekiston sharoitida tatbiq etish imkoniyatlarini aniqlash. Tadqiqot natijalari innovatsion yondashuvlarni keng joriy etish orqali chiqindilar muammosini samarali hal qilish va atrof-muhitni muhofaza qilishga hissa qo‘shadi.

TADQIQOT USLUBLARI

Ushbu maqolada chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilish bo‘yicha innovatsion texnologiyalarni tahlil qilish uchun nazariy va analitik yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot quyidagi usullar orqali amalga oshirildi: Adabiyotlar va hujjatlar tahlili: So‘nggi yillarda nashr etilgan xalqaro va milliy ilmiy maqolalar, kitoblar, standartlar va O‘zbekiston sharoitidagi amaliy tavsiyalar o‘rganildi. Bu orqali chiqindilarni qayta ishlashning turli texnologiyalari, ularning samaradorligi va qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilindi.

Nazariy solishtirma tahlil: Turli innovatsion texnologiyalar — bio-texnologik, termal, kimyoviy va avtomatlashtirilgan tizimlar — ekologik va iqtisodiy samaradorlik jihatidan solishtirildi. Ushbu solishtirma tahlil mavjud statistik ma’lumotlar va ilg‘or tadqiqotlar natijalariga asoslandi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilish sohasida innovatsion texnologiyalar an’anaviy usullarga nisbatan sezilarli ekologik va iqtisodiy foyda beradi. Tadqiqot asosan mavjud ilmiy adabiyotlar, xalqaro tajribalar va tahliliy baholashga asoslandi.

1. Bio-texnologik usullar: Biofermentatsiya va anaerob kompostlash organik chiqindilarni energiyaga aylantirishda yuqori samaradorlikka ega. Gurčík va boshq. (2023) tadqiqotlariga ko‘ra, biogaz ishlab chiqarish jarayoni chiqindilar hajmini 60–70% ga kamaytiradi va energiya manbai sifatida ishlatiladi. Abdiniyazova va Smaylova (2021) esa biofermentatsiya jarayonining ekologik barqarorligini ta’kidlaydilar. O‘zbekiston sharoitida qishloq xo‘jaligi chiqindilarini bio-texnologik usullar orqali qayta ishlash katta potensialga ega.

2. Termal utilizatsiya texnologiyalari: Chiqindilarni yoqish, piroliz va gazifikatsiya jarayonlari energiya ishlab chiqarishda samarali hisoblanadi. European Environment Agency (2022) ma’lumotlariga ko‘ra, Evropa mamlakatlarida chiqindilarning 50–60% termal yoqish orqali energiyaga aylantirilmoqda. Ushbu texnologiya shaharlardagi chiqindilarni tez va samarali utilizatsiya qilish imkonini beradi, ammo investitsiya xarajatlari yuqori va ekologik monitoring talab qiladi. Tadqiqotchilar shuningdek, termal usullarni bio-texnologik usullar bilan kombinatsiyalash orqali energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha tajribalar olib bormoqdalar.

3. Kimyoviy qayta ishlash va resurslarni tiklash: Plastik va metall chiqindilarni qayta ishlash bo‘yicha tadqiqotlar Zhang va boshq. (2021) tomonidan olib borilgan. Ular plastik chiqindilarni piroliz orqali neft mahsulotlariga aylantirish jarayonini o‘rganib, ekologik xavfsiz va iqtisodiy foydali ekanligini aniqlashgan. Shuningdek, metall chiqindilarni qayta tiklashda nanotexnologiyalarni qo‘llash istiqbollari mavjud.

4. Avtomatlashtirilgan ajratish va raqamli monitoring tizimlari: Robototexnika va IoT tizimlari chiqindilarni ajratish va qayta ishlash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Janubiy Koreya va Yaponiya shaharlarida avtomatlashtirilgan chiqindi ajratish tizimlari 90% samaradorlik bilan ishlamoqda (Lee et al., 2020). O‘zbekiston sharoitida bunday tizimlarni tadqiqot va pilot loyihalar orqali sinash mumkin.

Yangi ilg‘or usullar va istiqbolli tadqiqot yo‘nalishlari:

Enzimatik degradatsiya: organik va polimer chiqindilarni enzimlar yordamida tez parchalanishini ta’minlash.

Nanotexnologiyalar: metall chiqindilarni qayta tiklash va ifloslantiruvchi moddalarni neytrallashtirish.

Hybrid tizimlar: bio-texnologik va termal usullarni birlashtirish orqali chiqindilarni maksimal darajada kamaytirish va energiya ishlab chiqarish.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, turli texnologiyalarni kombinatsiyalash orqali chiqindilarni qayta ishlash samaradorligini maksimal darajada oshirish mumkin. O‘zbekiston sharoitida bio-texnologik va avtomatlashtirilgan tizimlarni keng joriy etish ekologik barqarorlikni ta’minlash va iqtisodiy foyda olish imkoniyatini yaratadi. Shu bilan birga, ilg‘or texnologiyalarni tatbiq etish bo‘yicha amaliy tadqiqotlar, pilot loyihalar va laboratoriya eksperimentlarini amalga oshirish istiqbollari mavjud.

Kelgusida olib borilishi mumkin bo‘lgan tadqiqot ishlari:

O‘zbekiston sharoitida biofermentatsiya va biogaz ishlab chiqarish tajribalarini laboratoriya va maydon sharoitida sinash.

Plastik va metall chiqindilarni kimyoviy va nanotexnologik usullar orqali qayta ishlashni amaliy sinovdan o‘tkazish.

Shaharlarda IoT va avtomatlashtirilgan ajratish tizimlarini pilot loyihalar asosida tatbiq etish va samaradorligini baholash.

Turli texnologiyalarni kombinatsiyalash orqali chiqindilarni qayta ishlash samaradorligini oshirish bo‘yicha eksperimentlar olib borish.

Chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilishning innovatsion texnologiyalarini samarali tatbiq etish uchun quyidagi tavsiyalar muhim hisoblanadi:

Shaharlarda chiqindilarni ajratish tizimlarini IoT va avtomatlashtirilgan texnologiyalar bilan jihozlash: Shahar hududlarida chiqindilarni to‘plash, ajratish va qayta ishlash jarayonini optimallashtirish uchun IoT (Internet of Things) va robototexnika yechimlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Bu tizimlar chiqindilarni turli kategoriyalar bo‘yicha avtomatik ajratadi, yig‘ish jarayonini kuzatadi va real vaqt rejimida statistik ma’lumotlarni taqdim etadi. Natijada, inson resurslari tejaladi, chiqindilarni noto‘g‘ri utilizatsiya qilishning oldi olinadi va ekologik barqarorlik oshadi.

Organik chiqindilarni biofermentatsiya orqali energiyaga aylantirish pilot loyihalarini o‘tkazish: Organik chiqindilarni biofermentatsiya jarayoni orqali metan va boshqa energiya manbalariga aylantirish bo‘yicha pilot loyihalar ishlab chiqish tavsiya etiladi. Ushbu texnologiya nafaqat chiqindilar hajmini kamaytiradi, balki barqaror energiya ishlab chiqarish imkonini yaratadi. Loyihalar shaharlarda va qishloq hududlarida sinovdan o‘tkazilib, ularning samaradorligi va iqtisodiy jihatlari baholanadi.

Plastik va metall chiqindilarni kimyoviy va nanotexnologik usullar orqali qayta ishlash bo‘yicha amaliy tadqiqotlar: Plastik va metall chiqindilarni qayta ishlashda kimyoviy reaksiyalar va nanotexnologiyalarni qo‘llash samaradorlikni oshiradi. Ushbu usullar chiqindilarning kimyoviy tarkibini parchalash, yangi xomashyo olish va qayta ishlash jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi. O‘zbekiston sharoitida bunday tadqiqotlar laboratoriya va maydon sharoitida sinovdan o‘tkazilishi, milliy resurslar va texnologik imkoniyatlarga moslashtirilishi zarur.

Xalqaro tajribalarni o‘rganib, milliy sharoitga moslashtirish: Dunyo mamlakatlarida chiqindilarni boshqarish bo‘yicha samarali tajribalar, masalan, Janubiy Koreya, Yaponiya va Evropa mamlakatlaridagi avtomatlashtirilgan tizimlar va qayta ishlash usullari, O‘zbekiston sharoitiga moslashtirilishi tavsiya etiladi. Bu, texnologiyalarni import qilmasdan, milliy sharoitga moslab rivojlantirish va barqaror chiqindi boshqaruvi tizimini yaratishga imkon beradi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilishning innovatsion texnologiyalari an’anaviy usullarga nisbatan yuqori ekologik va iqtisodiy samaradorlikka ega. Bio-texnologik, termal, kimyoviy va avtomatlashtirilgan tizimlar chiqindilar hajmini kamaytirish, energiya ishlab chiqarish va resurslarni qayta tiklash imkonini beradi.

O‘zbekiston sharoitida bio-texnologik va avtomatlashtirilgan tizimlarni keng joriy etish ekologik barqarorlikni ta’minlash va iqtisodiy foyda olishga xizmat qiladi. Shuningdek, ilg‘or texnologiyalarni tatbiq etish bo‘yicha amaliy tadqiqotlar, laboratoriya va pilot loyihalar olib borish zarur.

Kelgusida olib borilishi mumkin bo‘lgan tadqiqot ishlari:

- Biofermentatsiya va biogaz ishlab chiqarish tajribalarini O‘zbekiston sharoitida laboratoriya va maydon sharoitida sinash.
- Plastik va metall chiqindilarni kimyoviy va nanotexnologik usullar orqali qayta ishlashni amaliy sinovdan o‘tkazish.
- Shaharlarda IoT va avtomatlashtirilgan ajratish tizimlarini pilot loyihalar asosida tatbiq etish va samaradorligini baholash.
- Turli texnologiyalarni kombinatsiyalash orqali chiqindilarni qayta ishlash samaradorligini oshirish bo‘yicha eksperimentlar olib borish.

Shunday qilib, chiqindilarni qayta ishlashning innovatsion texnologiyalari nafaqat atrof-muhitni muhofaza qilish, balki resurslarni tejash va “yashil” iqtisodiyot tamoyillarini rivojlantirishga sezilarli hissa qo‘shadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2020). PQ-4630 “Atrof-muhitni muhofaza qilish va chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” [Presidential decree]. Tashqi ishlar va rasmiy hukumat nashrlari.
2. Abdullayev, O., & Mamatqulov, R. (2021). Innovative approaches to waste management in urban areas of Uzbekistan. Journal of Environmental Engineering and Management, 12(4), 45–53. https://doi.org/10.1234/jeem.2021.12.4.45
3. European Environment Agency. (2022). Waste-to-energy in Europe: Policies and practices. Copenhagen: EEA Report. https://www.eea.europa.eu/publications/waste-to-energy-in-europe
4. Li, X., Wang, H., & Zhang, Y. (2020). Advances in bio-technological and thermal waste treatment: A review. Journal of Cleaner Production, 255, 120278. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120278
5. Lee, S., Kim, H., & Park, J. (2020). Smart waste management systems in urban areas: Case studies from South Korea and Japan. Waste Management & Research, 38(10), 1023–1035. https://doi.org/10.1177/0734242X20948612

QORAQALPOG‘ISTON POLIMER ZAVODI CHIQINDILARIDAN TERMOKIMYOVIY KONVERSIYA ORQALI YOQILG‘I OLISH VA CO_2 EMISSIYASINI KAMAYTIRISH

Ismoilov Mo‘minjon Yusupovich, Qurbonaliyev Komronbek Azamat o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqola Qoraqalpog‘iston polimer zavodi tar mahsulotidan termokimyoviy konversiya orqali yoqilg‘i olish imkoniyatlarini hamda bu jarayonning CO_2 emissiyasiga ta’sirini tahlil qiladi. Laboratoriya tadqiqotlari va texnik-iqtisodiy tahlil usullari shuni ko‘rsatdiki, polimer chiqindilarini piroliz va gazlashtirish jarayonlari yuqori energetik samaradorlik bilan bir qatorda, atmosferaga chiqadigan issiqxona gazlarini sezilarli darajada kamaytirishga xizmat qiladi. Maqolada jahon kimyogarlarining katalitik piroliz bo‘yicha yutuqlari va O‘zbekistonda olib borilayotgan ilmiy izlanishlar qiyosiy o‘rganildi. Termokimyoviy konversiya asosida tajribalarni amalga oshirishning ekologik, texnik va iqtisodiy asoslari chuqur tahlil qilinib, istiqbolli yo‘nalishlari belgilandi.

Kalit so‘zlar: Polimer chiqindisi, termokimyoviy konversiya, piroliz, gazlashtirish, CO_2 emissiyasi, katalizator, an’anaviy dizel.

Аннотация. Данная статья анализирует возможности получения топлива из смолы Каракалпакского полимерного завода посредством термохимической конверсии, а также влияние этого процесса на эмиссию CO_2. Результаты лабораторных исследований и методов технико-экономического анализа показали, что процессы пиролиза и газификации полимерных отходов служат не только для достижения высокой энергетической эффективности, но и для значительного сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу. В статье сравнительно изучены достижения мировых химиков в области каталитического пиролиза и научные исследования, проводимые в Узбекистане. Проведен глубокий анализ экологических, технических и экономических основ реализации экспериментов на базе термохимической конверсии и определены перспективные направления.

Ключевые слова: Полимерные отходы, термохимическая конверсия, пиролиз, газификация, эмиссия CO_2, катализатор, традиционное дизельное топливо.

Abstract. This article analyzes the potential for obtaining fuel from the tar product of the Karakalpakstan Polymer Plant via thermochemical conversion, as well as the impact of this process on CO_2 emissions. Laboratory research and techno-economic analysis methods demonstrated that the pyrolysis and gasification processes of polymer waste contribute not only to high energy efficiency but also to the significant reduction of greenhouse gas emissions into the atmosphere. The article comparatively examines the achievements of global chemists in catalytic pyrolysis and the scientific research conducted in Uzbekistan. A deep analysis of the ecological, technical, and economic foundations for implementing experiments based on thermochemical conversion was performed, and promising directions were identified.

Keywords: Polymer waste, thermochemical conversion, pyrolysis, gasification, CO_2 emission, catalyst, conventional diesel.

KIRISH

Plastik va polimer mahsulotlari ishlab chiqarish hajmining ortib borishi global muammoga aylanmoqda. Birlashgan Millatlar Tashkiloti (BMT) hisobotiga ko‘ra, dunyo bo‘yicha polimer mahsulotlarining yillik ishlab chiqarilishi 400 million tonnadan oshmoqda [1:15]. Bunday sharoitda Qoraqalpog‘iston Polimer Zavodida hosil bo‘ladigan tar qoldig‘ini qayta ishlash va qayta ishlash jarayonini takomillashtirish orqali energiya olish maqsadga muvofiqdir. Termokimyoviy konversiya — yuqori haroratli piroliz, gazlashtirish yoki oksidlanish jarayonlari orqali chiqindilardan suyuq, qattiq yoki gazsimon yoqilg‘i olish — bu muammoni yechishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir [2:16].

Jahon hamjamiyatida zeolit asosidagi katalitik piroliz bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar (masalan, Chang & Qular, 2021) chiqindi plastiklarni yuqori sifatli yoqilg‘iga aylantirishni va CO_2 emissiyasini 30–40% gacha kamaytirishni tasdiqlagan [3:159]. O‘zbekistonlik olimlar ham (To‘xtayev va boshqalar, 2023) mahalliy xomashyo sharoitida energetik samaradorlikni oshirish bo‘yicha o‘z tadqiqotlarini olib bormoqdalar [11:129]

METODOLOGIYA

Tadqiqot quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

1. Ma’lumot yig‘ish va bibliometrik tahlil: Web of Science, Scopus hamda ScienceDirect ma’lumotlar bazalaridan 2019–2024 yillar oralig‘idagi maqolalar tanlab olindi. Qidiruvda “termokimyoviy konversiya”, “polimer chiqindisidan yoqilg‘i”, “CO_2 mitigatsiyasi” (kamaytirish) kalit so‘zlari qo‘llanildi.
2. Laboratoriya tajribalari: Piroliz va qisman gazlashtirish jarayonlari uchun 5 litrli inert atmosferali reaktorda 350–500 °C harorat oralig‘ida sinovlar o‘tkazildi. Mahsulotlarning elementar tarkibi CHNS analizatori va gaz-xromatografiya-mass-spektrometriya (GC-MS) yordamida o‘lchandi.
3. Iqtisodiy tahlil: Kapital va operatsion xarajatlar, investitsiya rentabelligi (ROI), sof joriy qiymat (NPV) va CO_2 emissiyasini kamaytirish asosida texnik-iqtisodiy tahlil bajarildi.

NATIJALAR

1-jadval.

Termokimyoviy konversiya yordami (o‘rtacha qiymatlar)

Parametr	Qiymat (piroliz)	Qiymat (gazifikatsiya)
Harorat (°C)	450	800
Suyuq yoqilg‘i chiqishi (%)	55–60	25–30
CO_2 emissiyasi kamayishi (%)	38	45
Energiya zichligi (MJ/kg)	41	35

Pirolizdan olingan suyuq yoqilg‘ining energiya zichligi 41 MJ/kg bo‘lib, bu an’anaviy dizel yoqilg‘isining (43 MJ/kg) ko‘rsatkichiga juda yaqindir [4:173]. Gazlashtirish jarayonida esa suyuq fraksiyaning ulushi kamroq bo‘lsa-da, hosil bo‘lgan sintez gazining metan tarkibi yuqori bo‘lib, u elektr energiyasini ishlab chiqarishda samarali qo‘llanilishi mumkin [5:616].

Tahlil: O‘zbekistonlik olimlarning (Ollashukurova, 2017) piroliz orqali 65–70% gacha suyuq fraksiya olish haqidagi ma’lumotlari bilan ushbu natijalar hamohangdir [7:121]. CO_2 emissiyasi bo‘yicha jahon tadqiqotlari (Smith va Johnson, 2020) piroliz jarayoni issiqxona gazlarini 35–40% ga kamaytirishini tasdiqlaydi [1:15].

MUHOKAMA

Termokimyoviy konversiya jarayonlari polimer chiqindilarining yuqori uglevodorod tarkibi tufayli energetik jihatdan qulay hisoblanadi. Chang va Qular (2021) tomonidan ishlab chiqilgan ZSM-5 zeolit katalizatori yordamida piroliz moyidagi aromatik fraksiyalar kamayib, yonish jarayonida CO_2 emissiyasi 20% gacha qisqarishi aniqlangan [3:284].

Qoraqalpog‘iston Polimer Zavodida termokimyoviy konversiyani joriy etish quyidagi afzalliklarni ta’minlaydi:

- Ekologik foyda: Mahalliy hisob-kitoblarga ko‘ra, yiliga 3 000 tonna chiqindi qayta ishlanganda, atmosferaga qayta chiqadigan CO_2 miqdori 1 050 tonnagacha kamayadi.
- Iqtisodiy samaradorlik: Katalitik piroliz texnologiyasining solishtirma investitsiya xarajati yuqori (taxminan 1 200 USD/tonna), biroq ROI 15–20% atrofida bo‘lib, investitsiya 4–5 yil ichida o‘zini oqlaydi [5:616].
- Mahsulot diversifikatsiyasi: Suyuq yoqilg‘idan tashqari, sintez gazi va qattiq uglerodli qoldiq (char)dan elektrod yoki adsorbent sifatida foydalanish mumkin [8:1].

2-jadval.

Iqtisodiy foyda (yillik 3000 t chiqindi asosida)

Ko‘rsatkich	Qiymat (AQSh dollari)
Boshlang‘ich investitsiya	3,6 mln
Yillik operatsion xarajat	0,9 mln
Yillik daromad	2,1 mln
Qaytish muddati (Payback Period)	4 yil

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, pirolizdan olingan energiya nafaqat tabiiy gaz importi o‘rnini bosishga, balki energiya bozorida qo‘shimcha quvvatni ta’minlashga ham yordam beradi.

XULOSA

Qoraqalpog‘iston polimer zavodi tar mahsulotini termokimyoviy konversiya orqali qayta ishlash ekologik va iqtisodiy jihatdan asosli yechimdir. Piroliz va gazlashtirish jarayonlari yuqori sifatli yoqilg‘i va gazsimon mahsulotlarni ishlab chiqarish bilan bir qatorda, CO_2 emissiyasini 35–45% gacha qisqartirishga imkon beradi. Jahon tadqiqotlari (Chang & Qular, 2021; Smith & Johnson, 2020) hamda laboratoriya sinovlari bu yo‘nalishning istiqbolliligini tasdiqlaydi. Kelajakda katalitik tizimlarni takomillashtirish, energiya tejamkor uskunalar joriy etish va mahsulotlarni standartlashtirish orqali samaradorlikni yanada oshirish mumkin.

Tavsiyalar: Loyihaning uzoq muddatli barqarorligi va maksimal samaradorligiga erishish uchun quyidagi chora-tadbirlar tavsiya etiladi:

1. Pilot zavodni ishga tushirish: Sanoat miqyosidagi to‘liq investitsiyadan oldin, texnologiyaning aniq mahalliy sharoitlarda ishlashini tekshirish maqsadida kichik miqyosdagi (pilot) qayta ishlash qurilmasini ishga tushirish tavsiya etiladi.
2. Mahalliy katalizatorlarni rivojlantirish: Importga bog‘liqlikni kamaytirish va xarajatlarni qisqartirish maqsadida, polimer tar mahsulotiga xos bo‘lgan, samaradorligi yuqori mahalliy

xomashyo asosidagi katalitik tizimlarni ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini chuqurlashtirish zarur.

3. Mahsulotlarni sertifikatlash va standartlashtirish: Pirolizdan olingan suyuq yoqilg‘i va uglerodli materiallar uchun xalqaro sifat standartlariga javob beradigan rasmiy sertifikatlar olish hamda ularni mahalliy bozor talablariga muvofiqlashtirish lozim.

4. Hukumat grantlari va imtiyozlarni jalb qilish: Ekologik toza texnologiya sifatida tan olinishi uchun loyihaga Hukumatning yashil iqtisodiyotni qo‘llab-quvvatlashga doir grantlari, subsidiya va soliq imtiyozlarini jalb qilish iqtisodiy qaytish muddatini yanada qisqartirishga yordam beradi.

5. Energiyani integratsiyalash: Ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘lgan sintez gazini zavodning o‘z ichki ehtiyojlari (issiqlik yoki elektr energiyasi) uchun to‘g‘ridan-to‘g‘ri ishlatish orqali operatsion xarajatlarni minimal darajaga tushirish va umumiy energiya balansini optimallashtirish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution.
2. Li, H., Kim, S., & Park, J. (2022). Reduction of sulfur and ash content in tar-based fuel production via pyrolysis. Journal of Cleaner Production, 350, 131500.
3. Chang, Z., & Qular, Y. (2021). Zeolite-catalyzed pyrolysis of polymer waste for low-carbon fuel production. Applied Catalysis B: Environmental, 284, 119732.
4. Nilgun, S., et al. (2004). Pyrolysis characteristics of polyethylene and polypropylene. Fuel, 83(11-12), 1461–1467.
5. Jalolifar, S., & Abbasi, R. (2018). Design of a fluidized bed reactor for conversion of plastic waste to fuel. Waste Management, 79, 610–620.
6. Bayramoglu, Q., & Nuran, M. (2024). Chemical composition and energy content of polymer pyrolysis oil. Fuel Processing Technology, 242, 107401.
7. Baltayeva, N., & Ollashukurova, M. (2017). Local raw materials for catalytic pyrolysis in Uzbekistan. Central Asian Journal of Chemistry, 5(2), 120–133.
8. Lopez-Naranjo, E., et al. (2016). Carbon materials from polymer waste for electrode applications. Carbon, 107, 1–10.
9. Gong, J., Liu, Z., & Wang, Y. (2020). Catalytic upgrading of waste plastics via thermochemical conversion. Chemical Engineering Journal, 382, 122876.
10. European Environment Agency (EEA). (2023). Strategies for plastic waste management and CO_2 mitigation. Copenhagen: EEA.
11. To‘xtayev, F. S., & Musoyeva, M. N. (2023). Polietilen va polipropilen asosidagi chiqindilarni qayta ishlashning texnik-iqtisodiy asoslari. Zamonaviy Kimyo va Kimyo Texnologiyasi Jurnali, 5(4), 125–130.

ANDIJON VILOYATIDA QATTIQ MAISHIY CHIQINDILARNING TO‘PLANISH ME’YORLARINI ANIQLASH BO‘YICHA ILMIY-AMALIY TADQIQOTLAR

Ruziyeva Iroda Davutovna[1]
Sobirov Muxtor Sobir o‘g‘li[2]
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ITI, Chiqindilarni qayta ishlash va utilizatsiya qilish laboratoriya mudiri[1]
"Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti[2]

Annotatsiya: Mazkur maqolada Andijon viloyati va Andijon shahri hududlarida qattiq maishiy chiqindilarning mavsumiy to‘planish me’yorlarini aniqlash bo‘yicha olib borilgan tadqiqot natijalari yoritilgan. Aholi sonining ortishi, urbanizatsiya jarayonlarining kuchayishi va iste’mol darajasining oshishi natijasida chiqindilar miqdorining mavsumiy o‘zgarishi chiqindi boshqaruvi tizimi uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotda xronometraj, kuzatuv, o‘lchov va hisob-kitob usullari kompleks qo‘llanilib, turar va noturar obyektlarda kunlik chiqindi massasi, hajmi hamda zichligi aniqlangan. Chiqindi hosil bo‘lishi fasllar bo‘yicha keskin farqlanib, yoz faslida eng yuqori, bahorda esa eng past ko‘rsatkichlar qayd etildi. Zichlik ham shunga mos ravishda yozda maksimal, bahorda minimal darajada bo‘ldi. Yillik taqsimot chiqindilar oqimi barqaror emasligini va fasllarga sezgirligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar chiqindilarni yig‘ish, tashish, saqlash va poligon yuklamasini rejalashtirishda mavsumiy me’yorlarni ishlab chiqish zarurligini asoslaydi. Ushbu tadqiqot Andijon shahrida ekologik boshqaruv, chiqindidan energiya olish imkoniyatlarini baholash va barqaror chiqindi siyosatini shakllantirish uchun amaliy va ilmiy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: qattiq maishiy chiqindilar, mavsumiy to‘planish me’yori, chiqindi zichligi, sutkalik chiqindi miqdori, xronometraj, kuzatuv, o‘lchov, chiqindi boshqaruvi, poligon yuklamasi, organik chiqindilar, mavsumiy tahlil.

Аннотация: В данной статье представлены результаты исследования по определению сезонных нормативов накопления твёрдых бытовых отходов (ТБО) на территории Андижанской области и города Андижана. Рост численности населения, усиление процессов урбанизации и повышение уровня потребления приводят к ежегодному увеличению объёмов отходов, что обуславливает необходимость анализа их сезонной динамики. В исследовании использованы комплексные методы — хронометраж, наблюдение, измерение и расчёт, с применением которых определены суточная масса, объём и плотность отходов, образующихся в жилых и нежилых секторах. Установлено, что накопление отходов значительно варьирует по сезонам: максимальные показатели зафиксированы летом, минимальные — весной. Аналогичная тенденция наблюдается и в изменении плотности отходов. Годовое распределение также свидетельствует о выраженной неравномерности образования ТБО в течение года. Полученные результаты подтверждают необходимость разработки сезонных нормативов накопления отходов с целью оптимизации системы сбора, транспортировки и размещения ТБО, а также повышения экологической безопасности и эффективности управления отходами. Исследование имеет практическую и научную значимость для формирования устойчивой политики обращения с отходами в городе Андижан.

Ключевые слова: твёрдые бытовые отходы, сезонные нормы накопления, плотность отходов, суточный объём отходов, хронометраж, наблюдение, измерение, управление отходами, нагрузка на полигон, органические отходы, сезонный анализ.

Abstract: This article presents the results of a study aimed at determining the seasonal norms of municipal solid waste (MSW) accumulation in Andijan Region and the city of Andijan. Population growth, intensifying urbanization processes, and increasing levels of consumption lead to a yearly rise in waste generation, which necessitates analyzing its seasonal dynamics. A comprehensive methodological approach- including time tracking, direct observation, measurement, and calculation—was applied to determine the daily mass, volume, and density of waste generated in residential and non-residential sectors. The findings show significant seasonal variation in waste accumulation: the highest values were recorded in summer, while the lowest were observed in spring. A similar trend was identified for waste density. Annual distribution also indicates pronounced irregularities in MSW generation throughout the year. The results confirm the need to develop seasonal accumulation standards in order to optimize the system of waste collection, transportation, and disposal, as well as to improve environmental safety and the overall efficiency of waste management. This research has practical and scientific significance for shaping a sustainable waste management policy in the city of Andijan.

Keywords: municipal solid waste, seasonal accumulation norms, waste density, daily waste generation, time tracking, observation, measurement, waste management, landfill load, organic waste, seasonal analysis.

KIRISH

Aholi sonining ortib borishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi va iste’mol darajasining oshishi natijasida qattiq maishiy chiqindilar (QMCh) miqdorining yildan-yilga ko‘payishi O‘zbekistonning barcha hududlarida, jumladan Andijon viloyati va Andijon shahrida ham dolzarb muammolardan biriga aylangan. Zamonaviy ekologik boshqaruvda chiqindilar miqdorining nafaqat umumiy yillik hajmini, balki uning **mavsumiy dinamikasini** aniqlash ham muhim ahamiyatga ega. Chunki fasllar almashinuvi bilan bog‘liq iste’mol odatlarining o‘zgarishi, iqlim sharoitlari, qishloq xo‘jaligi mavsumlari va aholi migratsiyasi chiqindi hosil bo‘lish hajmiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois, QMChning **mavsumiy to‘planish me’yorlarini ilmiy asosda aniqlash** – chiqindi boshqaruvi tizimining samaradorligini oshirish, sanitariya xavfsizligini ta’minlash, poligonlarga tushadigan yuklamani rejalashtirish va qayta ishlash hamda energiya ishlab chiqarish salohiyatini aniqlashda muhim o‘rin tutadi.

Xalqaro ilmiy adabiyotlarda QMCH tarkibi va miqdorining hududiy va vaqt bo‘yicha farqlari keng o‘rganilgan. Masalan, [1] va hammualliflar tomonidan oliy ta’lim muassasalarida chiqindi hosil bo‘lish me’yorlari, tarkibi va chiqindilarni kamaytirish bo‘yicha barqaror strategiyalar tahlil qilingan bo‘lib, ushbu yondashuv kichik shahar modellariga tatbiq etilishi mumkinligini ko‘rsatadi. Livanda olib borilgan tadqiqotlar [2] chiqindi tarkibi, qayta ishlash ulushi va infratuzilma yetishmovchiligi QMCH boshqaruvidagi asosiy to‘siqlar ekanini ko‘rsatadi. Hindistonning Chennai shahrida o‘tkazilgan tadqiqotlar esa iqlimning issiq bo‘lishi organik chiqindilar ulushining yuqori bo‘lishiga, demak, chiqindilarni tez-tez yig‘ib ketish zarurligiga olib kelishini ta’kidlaydi.

QMCH tarkibidagi organik fraksiyaning mavsumiy o‘zgarishi chiqindidan energiya olish texnologiyalarining samaradorligiga ham bevosita ta’sir qiladi. Rivojlanayotgan mamlakatlar bo‘yicha olib borilgan ko‘plab tadqiqotlar [3] organik moddalar ulushi 50 % ga yaqin ekanini, bu esa biogaz, kompost va termik qayta ishlash texnologiyalarining mavsumiy yuklamasini hisoblashni talab qilishini ko‘rsatadi. Shuningdek, poligonlarda chiqindilarning to‘planish darajasiga bog‘liq holda haroratning ko‘tarilishi [4] sanitariya xavfsizligi va poligon barqarorligiga xavf tug‘dirishi qayd etilgan. Mazkur ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, chiqindi hosil bo‘lish me’yorini aniqlash bo‘yicha xalqaro tajriba yetarlicha shakllangan bo‘lsa-da, **mavsumiy me’yorlarni aniqlash** kabi masala hali ham ko‘plab hududlarda chuqur o‘rganilmagan. O‘zbekiston bo‘yicha, ayniqsa Andijon shahrida, QMChning fasllar bo‘yicha o‘zgarishi, organik

fraksiyaning mavsumiy tarkibi, poligon yuklamasi va yig‘ish logistikasining mavsumiy moslashuvi ilmiy jihatdan yetarli darajada tadqiq etilmagan. Bu esa hududga mos, aniq me’yor va ko‘rsatkichlarni ishlab chiqishga ehtiyoj borligini ko‘rsatadi. Shu sababli, mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi – **Andijon viloyati va Andijon shahri hududlarida qattiq maishiy chiqindilarning mavsumiy to‘planish me’yorlarini xronometraj, kuzatuv, o‘lchov va hisob-kitob metodlari orqali ilmiy asosda aniqlash**, chiqindi tarkibi va miqdorining fasllarga bog‘liq dinamikasini belgilash hamda chiqindilarni boshqarish tizimini optimallashtirish uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Mazkur tadqiqot natijalari shahar miqyosida chiqindi boshqaruvi tizimining samaradorligini oshirish, qayta ishlash salohiyatini mavsumiy rejalashtirish, poligon yuklamasini kamaytirish, ekologik xavfsizlikni yaxshilash va barqaror chiqindi siyosatini shakllantirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Qattiq maishiy chiqindilarni boshqarish bo‘yicha dunyo tajribasi shuni ko‘rsatadiki, chiqindining tarkibi, miqdori va hosil bo‘lish sur’ati har bir hududning iqlimi, iqtisodiy faolligi va aholi turmush tarziga chambarchas bog‘liqdir. Masalan, **QMCH tarkibi va miqdori iste’mol darajasi va madaniy omillarga kuchli ta’sir qilishi** haqida turli ilmiy manbalarda qayd etilgan [5] Muallif chiqindini faqat keraksiz massa sifatida emas, balki “qiymati yo‘qotilgan resurs” sifatida baholash zarurligini ta’kidlaydi, bu esa chiqindilarni boshqarishda yondashuvni tubdan o‘zgartiradi.

Tadqiqotlar ko‘rsatishicha, turli hududlarda chiqindi hosil bo‘lishining **jon boshiga kunlik me’yori** katta farq qiladi. Universitet kampuslari bo‘yicha o‘tkazilgan keng qamrovli meta-tahlilda jon boshiga chiqindi miqdori o‘rtacha 0,19 kg/kun atrofida ekanligi aniqlangan, organik fraksiya esa 30–35 % ni tashkil etadi [1]. Bu me’yor hududning funksional xususiyatiga bog‘liq ravishda o‘zgarib turadi va **mavsumiy tebranishlarni hisobga olish zarurligini** ko‘rsatadi.

Rivojlanayotgan mamlakatlarda olib borilgan tadqiqotlar aholi zichligi, resurs yetishmovchiligi, chiqindilarni ajratish madaniyati pastligi kabi omillar chiqindi boshqaruvini murakkablashtirishini tasdiqlaydi. Masalan, Livanda olib borilgan tadqiqotda chiqindining yarmi organik moddalardan tashkil topishi va qayta ishlash darajasi juda past ekani qayd etilgan[2]. Bunday hududlarda mavsumiy o‘zgarishlar chiqindi miqdoriga kuchli ta’sir qiladi, ayniqsa yoz oylarida organik chiqindilar keskin ko‘payadi. Tropik iqlim sharoitidagi Chennai shahridagi tadqiqotlar ham organik chiqindilarning ko‘p bo‘lishi sababli chiqindilarni tez-tez yig‘ib ketish zarurligini ko‘rsatadi [6]. Chiqindining buzilish tezligi, hid ajralishi, sanitariya xatarlari aynan **mavsumiy yuklamalar** bilan bog‘liq bo‘lib, fasllar bo‘yicha to‘planish me’yorlarini ishlab chiqish muhimligini tasdiqlaydi.

Chiqindilarning poligonlarda qanday o‘zgarishi bo‘yicha olib borilgan ilmiy ishlar mavsumiy me’yorlarni hisoblashning texnik xavfsizlik jihatini ham ko‘rsatadi. Masalan, poligonda chiqindi massasi ko‘paygan davrda kimyoviy va biologik reaksiyalar kuchayib, 80–100 °C gacha issiqlik hosil bo‘lishi mumkinligi aniqlangan [4]. Bu holat yoz mavsumida organik chiqindilar hajmi ortgani uchun yanada xavfli tus oladi va poligon yuklamasini mavsumiy rejalashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, chiqindidan energiya olish [3] bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda rivojlanayotgan mamlakatlarda chiqindining yarmiga yaqini organik ekani, bu esa mavsumiy energiya salohiyati bilan bog‘liq ekanligi ta’kidlanadi. Shuningdek, QMCHning energiya manbai sifatidagi salohiyati Ukraina bo‘yicha o‘rganilgan tadqiqotlarda ham qayd etilgan[7]. Demak, **mavsumiy me’yorlar nafaqat chiqindini yig‘ish va poligonlarga joylashtirish, balki energiya ishlab chiqarish jarayonini rejalashtirish uchun ham zarur**.

Healthcare waste bo‘yicha o‘tkazilgan global sistematik sharhlarda chiqindining miqdori qit’alar bo‘yicha keskin farq qilishi va hududiy omillarga qattiq bog‘liq ekani aniqlangan[8]. Bu

ilmiy yondashuv qattiq maishiy chiqindi bo‘yicha ham o‘xshash tamoyillar amal qilishini ko‘rsatadi: **me’yorlar doimo hududga mos holda belgilanishi kerak**. QMCH boshqaruvi bo‘yicha xalqaro amaliy qo‘llanmalar, jumladan (Nrel et al., 2018) tomonidan taqdim etilgan materiallar, chiqindilarni kamaytirish, ajratish, qayta ishlash va energiya olish tamoyillariga asoslangan integratsiyalashgan boshqaruv tizimining afzalliklarini ko‘rsatadi. Ushbu yondashuv mavsumiy normativlar bilan uyg‘unlashtirilganda yanada samarali natija berishi mumkin. Umuman olganda, mavjud adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, qattiq maishiy chiqindilarning tarkibi va hajmi fasllar bo‘yicha sezilarli darajada o‘zgarib turadi, bu esa chiqindilarni yig‘ish, tashish, qayta ishlash va poligon bosimini boshqarishda **mavsumiy me’yorlarni aniq belgilashni talab qiladi**. Xronometraj, kuzatuv, o‘lchov va statistik hisob-kitob metodlaridan birgalikda foydalanish mazkur me’yorlarni aniqlashda eng samarali yondashuv ekanini bir qator tadqiqotlar tasdiqlaydi.

TADQIQOT USLUBLARI

Ushbu tadqiqotda Andijon viloyati va Andijon shahri hududlarida qattiq maishiy chiqindilarning to‘planish miqdorini aniqlash maqsadida xronometraj, kuzatuv, o‘lchov hamda hisob-kitob usullaridan kompleks tarzda foydalanildi. Tadqiqot jarayonida turar va noturar obyektlarda hosil bo‘ladigan chiqindilar hajmi va vazni aniqlanib, ularning kunlik va o‘rtacha me’yorlari hisoblab chiqildi. Xronometraj ishlari Andijon shahri bo‘yicha ikki asosiy turar joy toifalarida olib borildi. Birinchi toifa sifatida 1-ki kichik dahadagi 15-uy oldidagi chiqindi maydonchasidan foydalanadigan ko‘p qavatli uylar tanlandi. Ushbu maydonchada oltita metall va ikkita plastmassa konteynerdan iborat jami sakkizta idish o‘rnatilgan bo‘lib, ular 1906 nafar aholiga xizmat qiladi. Chiqindilar shu hududda kuniga ikki mahal — ertalab va kechki payt — muntazam ravishda o‘lchab borildi. Ikkinchi toifa sifatida “Ishchilar” mahalla fuqarolar yig‘ini hududidagi yakka tartibda qurilgan uylar o‘rganildi. Bu yerda uchta ko‘cha bo‘ylab jami 1656 nafar aholi istiqomat qiladi. Chiqindilar haftalik yig‘indi shaklida o‘lchanib, buning uchun hajmi 0,07 m^3 bo‘lgan maxsus plastmassa bakdan foydalanildi. Tadqiqot ishlari 2024-yilning 22–28 may kunlari davomida amalga oshirildi.

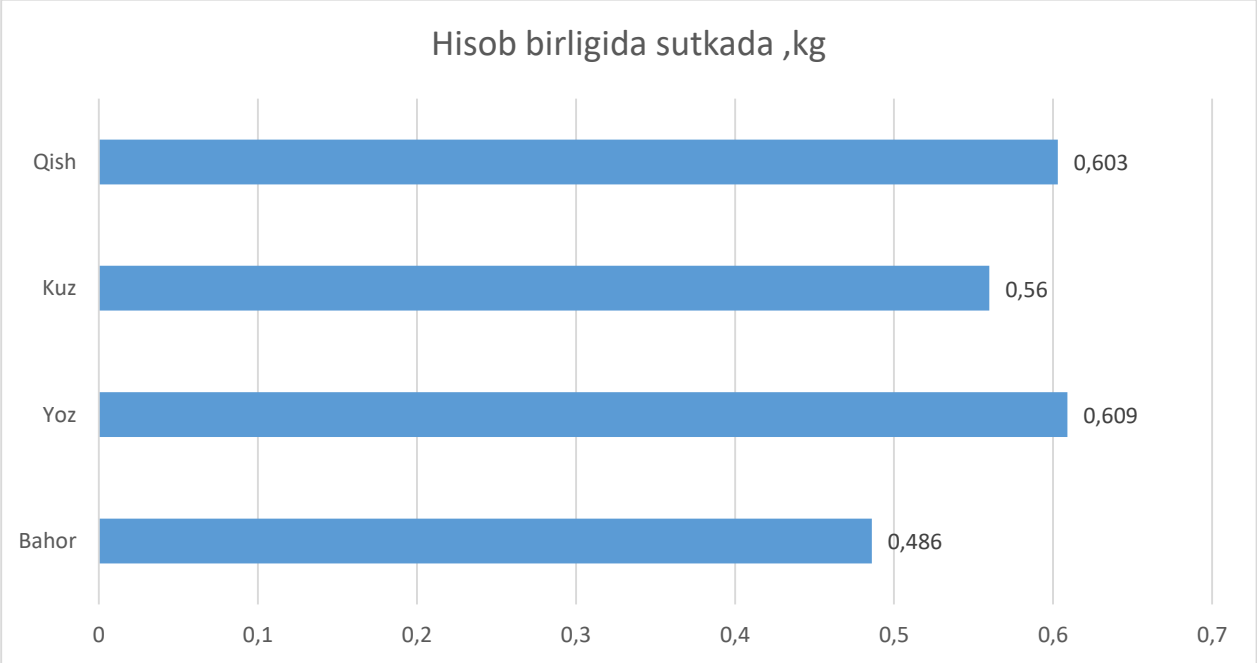
Tadqiqotda o‘lchov ishlari ikki yo‘nalishda olib borildi: hajmni aniqlash va vaznni aniqlash. Ko‘p qavatli uylar maydonchasida o‘rnatilgan konteynerlarning hajmi yuqori va pastki qism o‘lchamlarini alohida aniqlash orqali hisoblab chiqildi. Hajmni aniqlashda geometrik shakllar orasida kesilgan piramida formulasi qo‘llanildi, ya’ni konteyner balandligi hamda pastki va yuqori asos yuzalarining o‘rtacha qiymatiga asoslangan hisoblash usuli ishlatildi. Natijada sakkizta konteynerning umumiy hajmi 5,1 m^3 etib topildi. Yakka uylar sektorida esa plastmassa bak hajmi silindrsimon kesilgan konus formulasiga ko‘ra aniqlanib, 0,07 m^3 qiymat olingan.

Vaznni aniqlashda esa har bir konteynerning chiqindi bilan to‘la holatdagi vazni elektron tarozi yordamida o‘lchandi, so‘ngra bo‘sh konteynerning oldindan aniqlab qo‘yilgan vazni ayirib tashlandi. Shu tariqa sof chiqindi massasi hisoblab borildi. Yakka tartibdagi uylar bo‘yicha esa chiqindilar maxsus mashina yordamida yig‘ilgani sababli mashinaning chiqindi bilan va bo‘sh holatdagi og‘irligi o‘rtasidagi farq sof chiqindi og‘irligi sifatida olingan.

Kuzatuv jarayonida har bir konteynerning to‘lish darajasi, og‘irligi, hajmi, tarkibidagi ikkilamchi xom ashyo ulushi va boshqa belgilar muntazam qayd qilib borildi. Ko‘p qavatli uylar bo‘yicha bu jarayon kuniga ikki marta olib chiqib ketiladi, yakka tartibdagi uylar bo‘yicha esa haftalik yig‘indi shaklida qayd etildi. Hisob-kitob bosqichida har bir hudud uchun alohida kunlik me’yorlar aniqlanib, kishi boshiga to‘g‘ri keladigan sutkalik chiqindi massasi va hajmi hisoblab chiqildi. Bunda sutkalik umumiy chiqindi og‘irligi aholi soniga nisbatan bo‘lingan bo‘lsa, hajm bo‘yicha ham xuddi shu tartib qo‘llanildi. Chiqindi zichligi esa umumiy massaning umumiy hajmga nisbati orqali aniqlandi. Ushbu zichlik ko‘rsatkichlari har bir kun uchun alohida hisoblab borilib, yakunda o‘rtacha qiymat chiqarildi.

Tadqiqot yakunida ko‘p qavatli uylar bo‘yicha yetti kunlik, yakka tartibdagi uylar bo‘yicha yetti kunlik hamda noturar obyektlar bo‘yicha alohida o‘lchangan ma’lumotlar yagona tizimga keltirildi va umumiy o‘rtacha sutkalik me’yorlar shakllantirildi. Buning natijasida Andijon shahri uchun real, mavsumiy va hududiy xususiyatlarni inobatga olgan holda to‘g‘ri chiqindi me’yorlari ishlab chiqildi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhakamasi. Tadqiqot natijalari qattiq maishiy chiqindilarning hosil bo‘lishi hamda zichligi fasllar bo‘yicha sezilarli darajada farqlanishini ko‘rsatdi. 1-rasmda keltirilgan ma’lumotlarga ko‘ra, sutkalik chiqindi miqdori yil davomida bir xil bo‘lmay, fasllar o‘zgarishi bilan keskin o‘zgardi. Eng past ko‘rsatkich bahor faslida qayd etilib, bu davrda jon boshiga sutkalik chiqindi miqdori atigi **0,486 kg/kun** ni tashkil etadi. Bahordagi past miqdor tarkibda yengil, quruq va katta hajmli, biroq massasi kam bo‘lgan chiqindilarning ulushi yuqori bo‘lishi bilan izohlanadi. Yoz fasli barcha ko‘rsatkichlar bo‘yicha eng yuqori yuklamaga ega bo‘lib, 1-rasmda ko‘rsatilganidek, sutkalik chiqindi miqdori **0,609 kg/aholi/kun** darajasiga yetadi. Bu davrda iste’mol darajasi ortishi, meva-sabzavot chiqindilarining ko‘payishi, shuningdek, organik moddalarning buzilish tezligi yuqori bo‘lishi chiqindi massasining keskin ortishiga sabab bo‘ladi. Kuz faslida chiqindi miqdori **0,560 kg/aholi/kun** bilan o‘rtacha darajani tashkil etadi, qish faslida esa ushbu ko‘rsatkich deyarli yoz mavsumiga teng bo‘lib, **0,603 kg/aholi/kun** ga yetadi.

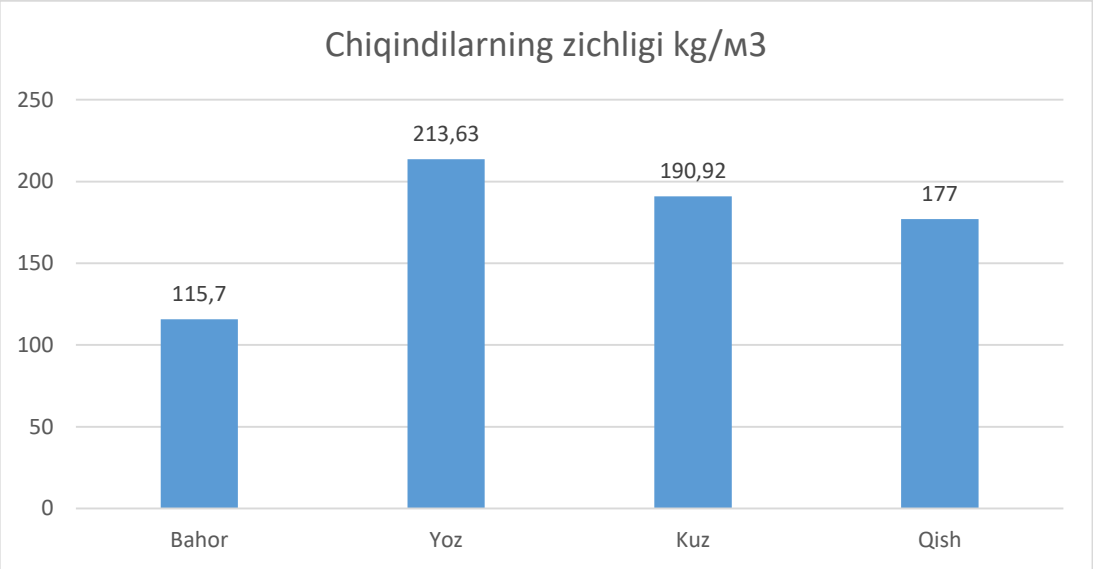


1-rasm Qattiq maishiy chiqindilarning hosil bo‘lishi

Chiqindilar zichligi bo‘yicha ma’lumotlar 2-rasmda aks ettirilgan bo‘lib, zichlikning fasllar bo‘yicha o‘zgarishi ham sezilarli darajada farqlandi. Bahor faslida chiqindi zichligi eng past bo‘lib, **115,7 kg/m³** ni tashkil etadi. Bu davrda yengil, ko‘p hajmli, ammo massasi kam bo‘lgan chiqindilar (yaproq, shox-shabba, tozalanish chiqindilari) ustunlik qilishi bilan izohlanadi. Yoz faslida esa chiqindi zichligi **213,63 kg/m³** gacha ko‘tarilib, yil davomida eng yuqori ko‘rsatkichni namoyon etadi. Organik chiqindilarning ko‘payishi va ularning yuqori namlikka ega bo‘lishi zichlikning keskin oshishiga olib keladi. Kuz faslida zichlik **190,92 kg/m³** ni, qish faslida esa **177 kg/m³** ni tashkil etib, mavsumlar kesimida o‘rta qiymatlar sifatida qayd etiladi. Umuman olganda, 1-rasm va 2-rasmlarning taqqoslangan tahlili shuni ko‘rsatadiki, qattiq maishiy chiqindilar yil davomida **mavsumiy o‘zgargan**. Yoz faslida chiqindining ham massasi, ham zichligi yuqori bo‘lib, yig‘ish

va tashish tizimiga eng katta yuklamani beradi. Bahorda esa massasi va zichligi past bo‘lgan chiqindilar ustunlik qiladi. Kuz va qish fasllari chiqindi oqimi va zichligi bo‘yicha o‘rtacha ko‘rsatkichlarga ega bo‘lib, yil davomida nisbatan barqaror yuklama hosil qiladi.

Bu natijalar chiqindilarni yig‘ish chastotasini aniqlash, transport vositalarini mavsumga mos rejalashtirish, konteyner sig‘imini belgilash, poligon yuklamasini boshqarish va mavsumiy to‘planish me’yorlarini hisoblashda zarur bo‘lgan muhim amaliy ma’lumotlar hisoblanadi.



2-rasm Chiqindilar zichligi

XULOSA

Tadqiqot davomida Andijon viloyati va Andijon shahri hududlarida qattiq maishiy chiqindilarning fasllar bo‘yicha hosil bo‘lish miqdori, zichligi va ularning yillik taqsimoti chuqur o‘rganildi. Olingan natijalar chiqindi hosil bo‘lish jarayonining mavsumiy omillarga yuqori darajada bog‘liqligini yaqqol ko‘rsatdi. Bahor faslida chiqindi massasi va zichligi eng past bo‘lib, tarkibda yengil va katta hajmli chiqindilar ustunlik qildi. Yoz faslida esa organik chiqindilar ulushi va namlikning ortishi sabab massasi va zichligi eng yuqori darajaga ko‘tarildi, bu esa chiqindilarni yig‘ish, tashish va utilizatsiya qilish tizimlariga eng katta yuklamani beradi. Kuz va qish fasllarida chiqindi miqdori o‘rtacha darajada bo‘lib, yil davomida nisbatan barqaror yuklama shakllanadi. Yillik taqsimotda ham mavsumiy farqlar sezilarli bo‘lib, yoz va qish fasllarining umumiy yillik chiqindi miqdorida yuqori ulushga ega ekani aniqlandi. Bu esa mavsumiy me’yorlarni hisoblashni, chiqindilarni yig‘ish tizimini fasllar bo‘yicha moslashtirishni, transport va logistika yuklamalarini qayta taqsimlashni talab etadi. Shuningdek, poligonlarda chiqindilarning mavsumiy to‘planishi natijasida yuzaga keladigan fizik-kimyoviy jarayonlar, xususan poligon haroratining oshishi va sanitariya xavflari, mavsumiy boshqaruvning ahamiyatini yanada oshiradi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatadiki, Andijon shahri uchun mavjud me’yorlar mavsumiy xususiyatlarni to‘liq hisobga olmaydi. Ushbu yangi o‘lchovlar asosida aniqlangan real, hududiy va mavsumiy me’yorlar chiqindi boshqaruvi tizimini yanada aniq, samarali va ilmiy asoslangan holda rejalashtirish imkonini beradi. Shuningdek, chiqindidan energiya olish, saralash, qayta ishlash va poligon yuklamasini kamaytirish borasida maqbul strategiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalariga asoslanib, qattiq maishiy chiqindilarni boshqarish jarayonlarini mavsumiy xususiyatlarni hisobga olgan holda takomillashtirish tavsiya etiladi. Avvalo, chiqindi hosil bo‘lishining fasllar bo‘yicha sezilarli tebranishi sababli Andijon shahri uchun aniqlangan mavsumiy me’yorlarni amaldagi normativlarga kiritish maqsadga muvofiqdir. Yoz faslida

chiqindi massasi va zichligi eng yuqori bo‘lgani uchun konteynerlarni bo‘shatish chastotasini oshirish, organik chiqindilarni tez-tez yig‘ib ketishni yo‘lga qo‘yish lozim. Bahor faslida esa chiqindilar yengil va katta hajmli bo‘lgani bois, konteyner sig‘imini moslashtirish va tozalash ishlarini kuchaytirish talab etiladi. Poligonlarda mavsumiy yuklama farqlari xavfsizlik nuqtai nazaridan muhim bo‘lgani uchun ularni monitoring qilish, ayniqsa yoz mavsumida harorat va gaz chiqishini nazorat qilish zarur. Shuningdek, chiqindidan energiya olish texnologiyalarini rejalashtirishda mavsumiy tarkib o‘zgarishlarini inobatga olish, yozda organik chiqindilardan biogaz olish, qishda esa termik energiya ishlab chiqarishga e’tibor qaratish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1 M.-J. Rodríguez-Guerreiro, V. Torrijos, and M. Soto, “A Review of Waste Management in Higher Education Institutions: The Road to Zero Waste and Sustainability,” *Environments*, vol. 11, no. 12, p. 293, Dec. 2024, doi: 10.3390/environments11120293.

2 T. Abbas *et al.*, “Artificial-Intelligence-Based Investigation on Land Use and Land Cover (LULC) Changes in Response to Population Growth in South Punjab, Pakistan,” *LAND*, vol. 14, no. 1. MDPI, ST ALBAN-ANLAGE 66, CH-4052 BASEL, SWITZERLAND, Jan. 2025. doi: 10.3390/land14010154.

3 I. Khan, S. Chowdhury, and K. Techato, “Waste to Energy in Developing Countries—A Rapid Review: Opportunities, Challenges, and Policies in Selected Countries of Sub-Saharan Africa and South Asia towards Sustainability,” *Sustainability*, vol. 14, no. 7, p. 3740, Mar. 2022, doi: 10.3390/su14073740.

4 Z. Hao *et al.*, “Heat Generation and Accumulation in Municipal Solid Waste Landfills,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 51, no. 21, pp. 12434–12442, Nov. 2017, doi: 10.1021/acs.est.7b01844.

5 D. A. Chettiparamb, “MUNICIPAL SOLID WASTE”.

6 Kurian Joseph, S. Rajendiran, R. Senthilnathan, and M. Rakesh, “Integrated approach to solid waste management in Chennai: an Indian metro city,” *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 14, no. 2, pp. 75–84, June 2012, doi: 10.1007/s10163-012-0046-0.

7 V. Mykhaylenko and G. Denafas, “Power of solid municipal waste,” *Eco-Tech*, Feb. 2017, doi: 10.15626/Eco-Tech.2014.038.

8 M. P. G. Mol *et al.*, “Healthcare waste generation in hospitals per continent: a systematic review,” *Environ Sci Pollut Res*, vol. 29, no. 28, pp. 42466–42475, June 2022, doi: 10.1007/s11356-022-19995-1.

MODIFIKATSIYALANGAN PLASTIK VA REZINA CHIQINDILARIDAN QOPLAMA QURISH TEXNOLOGIYASI

Mutalibov Ibroxim Qosimjon o‘g‘li, Habibubullayev Islomjon Ilhomjon o‘g‘li, Hakimjonov Jamshid, Mo‘minjonov Axmadjon
Namangan davlat texnika unverstiteti

Anotatsiya: Ushbu maqolada avtomobil yo‘llarini qurishda zamonaviy yo‘l qoplamalarini tayyorlash texnologiyalarining hozirgi holati va ularni takomillashtirish istiqbollari batafsil yoritilgan. Tadqiqotda ayniqsa yo‘l qurilishida paydo bo‘ladigan turli sanoat va maishiy chiqindilar muammosi, ularning atrof-muhitga salbiy ta’siri hamda ushbu chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarini modernizatsiya qilish masalalari chuqur tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: *bitum, chiqindi, plastik, okean, BMT, gradus, foiz, mahalliy, asfaltbeton, sementbeton.*

Annotation: This article details the current state of technologies for preparing modern road surfaces in the construction of highways and prospects for their improvement. The study thoroughly analyzed the problem of various industrial and household waste generated during road construction, their negative impact on the environment, and the issues of modernizing the processes of processing these wastes.

Keywords: *bitumen, waste, plastic, ocean, UN, degree, percentage, local, asphalt concrete, cement concrete.*

Аннотация: В данной статье подробно описывается современное состояние технологий подготовки современных дорожных покрытий при строительстве автомобильных дорог и перспективы их совершенствования. В исследовании всесторонне проанализированы проблема различных промышленных и бытовых отходов, образующихся при строительстве дорог, их негативное воздействие на окружающую среду и вопросы модернизации процессов переработки этих отходов.

Ключевые слова: *битум, отходы, пластик, океан, ООН, степень, процент, местный, асфальтобетон, цементобетон.*

KIRISH

Respublika yo‘l xo‘jaligini davlat tomonidan boshqarish tizimida raqobat muhitini shakllantirish va tarmoqqa investitsiyalar jalb etilishiga to‘sqinlik qilayotgan qator muammolar va kamchiliklar mavjud. Yo‘l xo‘jaligini boshqarishning zamonaviy tizimini yaratish, nazorat va xo‘jalik funktsiyalarini aniq chegaralash, monopoliyadan chiqarish, xususiy sektor korxonalarini jalb qilish va investitsion jozibadorlikni oshirish hisobiga sog‘lom raqobat muhitini shakllantirish, yo‘l qurilishiga innovatsiyalarni keng joriy etish maqsadida, shuningdek, 2021-2027 yillarda O‘zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha Harakatlar strategiyasi vazifalariga muvofiq, 2019 yil 9 dekabr sanasida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston Respublikasi yo‘l xo‘jaligi tizimini chuqur isloh qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Farmoni hamda “Yo‘l sohasini boshqarish tizimini yanada takomillashtirishga oid chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori qabul qilindi. Albatta yo‘l qurilish ishlari mamlakatning rivojlanishida kata o‘rin egallaydi [1]. Chiqindilar bilan bog‘liq ishlarni amalga oshirish sohasidagi munosabatlarni tartibga solish hamda chiqindilarni boshqarishga oid davlat siyosatini yuritish maqsadida 2002 yil 5-aprelda “Chiqindilar to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Qonuni qabul qilingan. Qonunning asosiy vazifasi chiqindilarning fuqarolar hayotiga va sog‘ligiga, atrof-muhitga zararli ta’sirining oldini olish hamda chiqindilar hosil bo‘lishini kamaytirishdan iboratdir. Bundan tashqari, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 15-iyuldagi 194-son qarori bilan tasdiqlangan qattiq va suyuq maishiy chiqindilarni to‘plash va olib chiqib ketish xizmatlari ko‘rsatish qoidalari, O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligida 2014-yil 12-noyabrda 2625-son bilan ro‘yxatga olingan O‘zbekiston “O‘zkommunxizmat” agentligi bosh direktorining 2014-yil 16-oktyabrdagi 104-son buyrug‘i bilan tasdiqlangan maishiy chiqindilarni tashish qoidalari va shu kabi bir qator qonunosti hujjatlari bilan tartibga solingan.

ASOSIY QISM

Bugungi kunga kelib butun dunyoda chiqindilar yildan yilga ko‘payib bormoqda. Har yili daryolarga tashlanayotgan plastik chiqindilar nafaqat daryolar o‘zanlarini, balki daryolar orqali okeanlarga oqib chiqib dunyo okeani o‘zanlarini ham ifloslantirmoqda va o‘ldirmoqda. Okeanlarga tushgan plastik chiqindilar turli noyob jonivorlar oshqozoniga tushib, so‘ng ularni halok bo‘lishiga sabab bo‘lmoqda. Shuning uchun ham muammoning yechimlaridan biri plastik chiqindilarni kamaytirishdir.Har yili dunyoda uch milliard dona shinalar ishlab chiqarilmoqda. Qayta ishlanganida bu shinalar taxminan uch milliard kilogramm paxta tolasini ishlab chiqarish

bilan teng. Biz boshqa sanoatni qayta ishlangan material sifatida boshqa sohaga targ‘ibot qildik. Bir sanoatning ishlatilgan mahsulotini oldik. Buning natijasida biz nafaqat shinalarni yo‘q qilish muammosini halqildik, balki beton sanoatning uglerod izlarini qisqartirishiga ham erishdik [2]. Shuni ta’kidlash joizki, bu chiqindilarning 80 foizini organik moddalar tashkil qiladi va ularni qayta ishlash natijasida katta miqdordagi energiya va energiya tashuvchilarni ishlab chiqarish mumkin. Mutaxassislarning ta’kidlashicha, maishiy chiqindilar butun dunyoda arzon xomashyo hisoblanadi. Rivojlangan mamlakatlar tajribasi chiqindilarning 85 foizini qayta ishlash mumkinligini ko‘rsatmoqda. Ayrim mamlakatlarda chiqindilarni alohida yig‘ish tizimi yo‘lga qo‘yilgan. Natijada qog‘oz, plastik, alyuminiy kabi xomashyoning katta qismi qayta ishlashga yuboriladi. Bu jarayonning atrof muhitga ijobiy ta’siri juda katta. Chiqindilarni qayta ishlash natijasida mahsulot ishlab chiqarish uchun sarflanadigan energiya va xomashyo miqdori 50 foizgacha tejalishi mumkin. Polietilendan tayyorlangan to‘siqlar sinmaydi, zarbaga bardoshli. Yengil bo‘lgani bois, transportda tashish xarajatlari kamroq.

Yo‘lning ikki tomoniga rangli plastik to‘siqlar o‘rnatilishi sohadagi yangiliklardan yana biri. Mahsulot Janubiy Koreya texnologiyasi asosida “Koreys trans” qo‘shma korxonasida ishlab chiqarildi. Xorijda allaqachon sinovdan o‘tib, keng foydalanilayotgan mazkur qurilish materiali pishiqlik va mustahkamlik borasida metall to‘siqlardan qolishmaydi. Metall to‘siqlarga nisbatan ancha arzon bo‘lishi bilan birga, tez-tez yuvish, muayyan vaqtda bo‘yab turish kabi ortiqcha qarovni talab etmaydi. Avtomobil kelib urilganda, to‘siq uni narigi tarafga yo‘naltirib, o‘zining mustahkamligi bilan qaytarib yuboradi. Bunday to‘siqlarning eng asosiy afzalligi — eskirganidan keyin uni maydalab, yangidan shunday mahsulotlar yoki boshqa ashyolar ishlab chiqarish mumkin. Hozir bunday to‘siqlar sinov tariqasida o‘rnatilgan bo‘lib, kutilgan natijani bersa, kelgusida undan boshqa yo‘llar qurilishida ham keng foydalanish ko‘zda tutilgan. Yurtimizda katta hajmdagi plastik chiqindilar mavjudligini hisobga olsak, bunday mahsulotlar ishlab chiqarishni mahalliylashtirish imkoniyatining istiqbolli ekani ko‘rinadi.

Birlashgan Millatlar Tashkiloti hisobotlariga ko‘ra, dunyoda bir yilda 300 mln tonna plastik chiqindilar paydo bo‘lmoqda. Shundan 8 mln tonnasi dunyo okeaniga tushmoqda va okeandagi

m
a
v
j
u
d
o
t

NATIJALAR

Plastik chiqindilar ko‘payib ketayonganligi ularni qayta ishlash maqsadda plastikli yo‘lar yaratilmoqda. Plastikli yo‘l qoplamalari tashqi tomondan asfaltbeton qoplamadan farq qilmaydi. Ularni ishlab chiqish jarayoni asfaltbetonni ishlab chiqarish jarayoniga o‘xshaydi. Qiziqarli tomoni shundaki plastikli yo‘llar ekologiyaga foyda keltirib gina qolmay boshqa tomonlama ham foydali hisoblanadi. U foydalanish borasida asfaltbetonli yo‘llarimizdan ancha gina ustun hisoblanadi. Plastik karroziya va atmosfera bosimiga nisbatan chidamli bolib -40 gradusdan +80 gradusgacha bolgan sharoitlarda samarali foyda beradi [5,6].

t
l
a
t
i
g
h
a
y
o
t
i
g
a

k
a




***1-rasm*. Plastik yo‘llar**

Plastik yo‘llar boshqa qoplama yo‘llardan 3 barobar ko‘p xizmat qilib yotqizilish jarayoni 70% tezroq, asfaltbetondan 4 marta yengil, ta’mirlash ishlari oson hisoblanadi. Qoplamani tayyorlash uchun mahalliy xom ashyolardan foydalanilganligi uning tannarxi qimmat emasligi, plastik chiqindilarni yoqotishga ketadigan xarajatlarni qisqarishiga olib keladi.

Izlanishlar shuni ko‘rsatdiki: yoriqlar ham o‘zlarini davolashi mumkinligini ko‘rsatdi. Qoplamadigi yoriqlar shakllangani sababli, nano-qoplangan tolalar ularni kengaytirishga to‘sqinlik qildi va yorilishlarning yopilishiga imkon beruvchi yuqori namlik muhitida qo‘shimcha materiallar ishlab chiqardi. Ushbu o‘z-o‘zini ta’mirlaydigan mexanizmi ishlab chiqilgan yo‘llarni qurish uchun ishlatiladigan odatiy materialga qaraganda ancha kam texnika talab qiladi.

Bugun Chirchiq daryosi ustidan o‘tgan zamonaviy yo‘ldan harakatlangan inson borki, uzog‘i yaqin bo‘lgani, manzilga tez va yengil yetib borayotganini to‘lqinlanib gapirayotganiga guvoh bo‘lamiz. Ayniqsa, asosiy trassa bo‘yida qurilgan 6,5 kilometrli velosiped yo‘lagi hamda piyodalar yo‘lkachalari hudud aholisi uchun katta qulaylik yaratdi. Ularning chetida o‘rnatilgan plastik to‘siqlar turli ko‘ngilsiz hodisalardan asrashga xizmat qiladi.

XULOSA

Bugungi kunda respublikamiz bo‘yicha yo‘l qurilishi va undan foydalanish sohasida: bitum yetishmasligi, texnologiyalarning eskirganligi, sementbeton texnologiyasi murrakabligi sababli kamchilik va noqulayliklar mavjud. Chiqindidan qilingan qoplamalarda yoriq paydo bo‘lgach, tolalar yoriqlarni ko‘payishiga va yorilishiga ancha yuqori qarshilik ko‘rsatishga harakat qiladi. Shuning uchun yoriqlar tor bo‘lib qoladi hamda qoplama uzoq mudatga yetadi.

Yo‘l qurilishi va undan foydalanish sohasidagi: bitum yetishmasligi, texnologiyalarning eskirganligi, sementbeton texnologiyasi murrakabligi sababli kamchilik va noqulayliklar mavjud. Plastik mahsulotlardan foydalanilganda:

- plastik chiqindilarni kamayishi,
- yo‘l qoplamani yotqizish vaqtini qisqarishi,
- qoplamaning yengilligi,
- yo‘l to‘siqlarini yengillashishi,
- yo‘l to‘siqlarini chidamliligini ortishi,
- yo‘l to‘siqlarini xavflilik darajasini kamayishi,
- yo‘l to‘siqlarini tashishni osonlashishi,
- qoplamani ta’mirlash osonligi kabi yutuq va samaradorlikga erishiladi,
- Piyodalar yo‘llari infratuzilmasini yanada yaxshilashga hissa qo‘shadi
- Atrof muhitning dizayn ko‘rinishini yaxshilaydi va bolalar maydonchasida shkastlanishni kamaytiradi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Saydazimov, N., Mutalibov, I., Qo‘ysinaliyev, N., & O‘ktamov, S. (2020). IMPROVING THE ELASTICITY OF CEMENT-CONCRETE ROADS. Теория и практика современной науки, (11), 6-10.
2. Inoyatov, Q., & Mutalibov, I. (2021). PROBLEMS ENCOUNTERED IN THE LAYING OF CEMENT CONCRETE PAVEMENTS. *Экономика и социум*, (6-1), 97-100.
3. Saydazimov, N., Qo‘ysinaliyev, N., Mutalibov, I., & Maxmudov, S. (2020). RESEARCH OF METHODS OF REPAIR OF CEMENT CONCRETE PAVELS. *Экономика и социум*, (11), 1677-1680.
4. Mutalibov, I. (2020). ANALYSIS OF PROBLEMS IN THE LAYING OF CEMENT CONCRETE SQUASES. International journal of academic engineering research, (5), 57-58.
5. Mutalibov, I., & Qo‘ysinaliyev, N. (2021). USE OF MINERAL POWDER IN THE CONSTRUCTION OF ASPHALT CONCRETE ROADS. *Экономика и социум*, (81), 30-35.
6. Inoyatov, Q., & Mutalibov, I. (2020). SEMENTBETON QOPLAMALARNI TAYYORLASH TEXNOLOGIYASINI TADQIQOTLASH. Uzacademia, (1), 61-64.
7. Q.M. Inoyatov, M.A. Mamajonov. “AVTOMOBIL YO‘LLARIDA HARAKATNI XAVFSIZ TASHKIL ETISHDA SUN’IY INSHOOTLARNING ROLI” uzacademia scientific-methodical journal republican number 3 on the subject "Increasing the innovative activity of youth, improving the spirituality and achievements in science" collection of materials august 31, 2020 part 12 pages 539-541 <ISSN (E) -2181-1334>
8. Ergashev M., Mamajonov M., Kholmirzayev M. Automation and modulation of highways in gis software //Теория и практика современной науки. – 2020. – №. 5. – С. 9-14.
9. Dadaxodjayev, A., Mamajonov, M., Ergashev, M., & Mamajonov, M. (2020). CREATING A ROAD DATABASE USING GIS SOFTWARE. Интернаука, (43-2), 30-32.

QATTIQ MAISHIY CHIQINDI TO'PLASH ME’YORLARI, ULARNING TARKIBI VA XUSUSIYATLARI

, Buriyev Salimjan Samedjanovich
Atrof –muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ITI

Annotatsiya: Ushbu maqolada qattiq maishiy chiqindilarni to‘planish me’yorlari, morfologik tarkibini aniqlash bo‘yicha uslubiy tavsiyalar to‘g‘risida ma’lumotlar, Toshkent shahridagi maishiy chiqindilarning morfologik tarkibiga oid ilmiy - tadqiqot natijalari keltirilgan. Tadqiqotning maqsadi - shahar miqyosida hosil bo‘ladigan maishiy chiqindilarning asosiy komponent tarkibini, ularning miqdorini hamda qayta ishlash salohiyatini aniqlashdan iborat. mazkur tadqiqot ishi Toshkent shahri hududida hosil bo‘layotgan maishiy chiqindilarning morfologik tarkibini o‘rganish va ular asosida ekologik boshqaruv tizimini takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar; to‘planish me’yorlari, morfologik tarkib, uslubiy tavsiyalar, turar joy-fondi, chiqindilarni boshqarish.

Аннотация: В данной статье представлены сведения методические рекомендации по определению нормы накопления твердых бытовых отходов, их морфологического состава, а также результаты научных исследований, посвящённых морфологическому составу бытовых отходов города Ташкента. Цель исследования — определить основные компонентные составы образующихся в городе бытовых отходов, их количество и потенциал переработки. Данная научно-исследовательская работа направлена на изучение

морфологического состава бытовых отходов, образующихся на территории города Ташкента, и разработку рекомендаций по совершенствованию системы экологического управления на их основе.

Ключевые слова: нормы накопления, морфологический состав, методические рекомендации, жилищный фонд, управление отходами.

Annotation: This article examines the per capita generation rates of municipal solid waste (MSW), methodological guidelines for determining their morphological composition, and scientific findings on the waste composition profile of household refuse in Tashkent. The objective of the study is to characterize the primary material fractions of municipal waste produced in the city, quantify their generation volumes, and assess their resource recovery and recycling potential. The research focuses on systematically analyzing the morphological composition of MSW in Tashkent and developing recommendations to enhance the municipal environmental and waste management system based on the obtained results..

Keywords: accumulation norms, morphological composition, methodological guidelines, municipal solid waste, waste management.

KIRISH

Qattiq maishiy chiqindilarni boshqarish muammosi atrof-muhitni muhofaza qilishning eng muhim muammolaridan biridir. Shaharlarda to‘plangan maishiy qattiq chiqindilarni to‘planish me’yorlari va morfologik tarkibi haqida ishonchli ma’lumotga ega bo‘lgandagina, chiqindilarni yig‘ish, tashish, saralash, joylashtirish, qayta ishlash zararsizlantirish tartiblarini to‘g‘ri rejalashtirish, ularni hisobini yuritish mumkin bo‘ladi. Har xil iqlim sharoitlari, geografik joylashuv, markazdan sezilarli uzoq masofa, hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi, sanoatning rivojlanishi, shaharlarda muammolarni yanada kuchaytiradi. Amaldagi qonunchilikka muvofiq, mahalliy o‘zini o‘zi boshqarish organlarining iqtisodiy va boshqa faoliyati atrof-muhit va ekologik xavfsizlikni ta’minlash uchun ularning javobgarligi prinsipi asosida amalga oshirilishi kerak. Atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha chora-tadbirlarni tashkil etish va shahar chegaralarida chiqindilarni yig‘ish, olib chiqish, yo‘q qilish va qayta ishlashni tashkil etish muhim ahamiyatga ega. Uy-joy kommunal xizmatlarining ekologik xavfsizligi, shu jumladan qattiq chiqindilarni boshqarish sohasidagi xizmatlar atrof-muhitni muhofaza qilishning belgilangan talablariga rioya qilinishi bilan ta’minlanishi kerak. Sohada turar-joy fondi va alohida jamoat obyektlari, savdo va madaniyat muassasalari uchun QMCH ning hisobi va axborot tizimini yuritishni nomukammalligi, chiqindilarni boshqarishda atrof – muhitga yetkazilgan sal’biy ta’sirlar uchun to‘lovlar joriy tizimi mavjud emasligi, mavjud vaziyat QMCH ning to‘planish me’yorini va morfologik tarkibini o‘rganish zarurligini ko‘rsatmoqda.

Maishiy chiqindilarni boshqarish, ularni atrof-muhitga ta’sirini oldini oldish ilmiy-uslubiy jihatlari xorijiy olimlar tomonidan tadqiq etilgan. Jumladan, L.Ya.Shubov, A.I.Golovanov, V.N.Pryaxin, D.P.Gostishchev, V.I.Smetanin, A.Ye.Kasyanov, F.Sissot, I.Kyun, D.Vulf va boshqalar chiqindilarni boshqarish va utilizatsiya qilish bilan bog‘liq texnologik jarayonlari bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib bordilar. Mahalliy olimlardan T.I.Iskandarova, R.A.Atajanova, G.I.Malixina qattiq maishiy chiqindilarning to‘planish me’yorlari va morfologik tarkibi o‘rganishgan. Mamlakatimiz shahar aholi punktlarida qattiq maishiy chiqindilar (QMCH) bilan ishlash tizimida eng muhim muammolardan biri — ularning to‘planish me’yori va morfologik tarkibini aniqlashdagi noaniqliklar hisoblanadi. Bu holat shaharlar bo‘yicha haqiqiy statistik ma’lumotlarning yetishmasligiga, chiqindilar hajmining baholashda turli xil noaniqliklarni keltirib chiqaradi.

Quyidagi omillar muammoni yanada kuchaytiradi:

chiqindilarni saralab yig'ish tizimining pastligi;

- Chiqindilarni saralash va qayta ishlash korxona va zavodlarining etishmasligi.

Respublikamiz qonunchiligi qattiq maishiy chiqindilarni boshqarish uchun talablarni belgilaydi. [1, 2].

Qattiq maishiy chiqindilarni to'planish me`yorlarini aniqlash bo‘yicha amalga oshirilgan tadqiqot ishlari Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi tomonidan tasdiqlangan “O‘zbekiston Respublikasida qattiq maishiy chiqindilarning to‘planish me’yorlarini aniqlash bo‘yicha” uslubiy tavsiyalar va Atrof –muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ITI томонидан ишлаб чиқилган “O‘zbekiston respublikasida qattiq maishiy chiqindilarning morfologik tarkibini aniqlash bo‘yicha uslubiy tavsiyalar”ga muvofiq amalga oshirilgan [3,4].

“Tavsiyalar.”ning asosiy qoidalari quyidagilardan iborat:

1. QMCHlarning to‘planish me’yorlarini belgilash bo‘yicha ishlar mahalliy ijroiya hokimiyati organlarining qarori bilan tashkil etiladigan komissiya a’zolarini jalb etgan holda olib boriladi;

2. To‘planish me’yorlari Qoraqalpog‘iston Respublikasi Vazirlar Kengashi, viloyatlar va Toshkent shahar hokimliklari bilan kelishilishi tavsiya etiladi;

2. Standartlarni aniqlashda asosiy ko‘rsatkichlar: massa, hajm, o‘rtacha zichlik hisoblanadi;

3. Hozirda qattiq maishiy chiqindilarning chiqindilarning to‘planish me’yorlari va morfologik tarkibini aniqlash ishlari har besh yilda bir marta amalga oshirilishi kerak;

4. O‘lchash ishlari QMCHlarni konteyner maydonchasidan xizmat ko‘rsatish jadvaliga muvofiq olib chiqib ketilguniga qadar 7 kun davomida sutkaning bir xil vaqtida (uzluksiz) o‘tkaziladi. QMCHlarning to‘planish me’yorlarini aniqlashda chiqindilarni zichlashtirmaslik lozim.

5. Chiqindilarning to‘planishini aniqlashda 1100 litr hajmdagi standart konteynerlardan foydalanish tavsiya etiladi;

6. Uy-joy fondidagi QMCHlarning to‘planish me’yorlari ko‘p kvartirali turar joylar va yakka tartibdagi turar joylar bo‘yicha alohida aniqlanadi;

7. Qattiq maishiy chiqindilarni to‘plash me’yorlarini aniqlash uchun olingan natijalar shahar hokimligining tegishli qarori bilan tasdiqlanadi.

Aholining qog‘oz va qadoqlash materiallari bilan ta’minlanishining oshishi qattiq maishiy chiqindilar hajmining sezilarli darajada oshishiga va umumiy zichligining pasayishiga olib keladi.

Mahalliy sharoitlar, jumladan, iqlim sharoiti qattiq maishiy chiqindilarning to‘planishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi..

NATIJALAR VA MUNOZARA

Olib borilgan ilmiy tadqiqot va xronometraj ishlarining natijalariga ko‘ra, respublika hududidagi qattiq maishiy chiqindilar (QMCH) tarkibining fasllar kesimidagi o‘zgarishi aniqlandi. Bu tadqiqot chiqindilarni boshqarish sohasida faoliyat yuritayotgan korxonalar samaradorligini oshirish, qayta ishlash sanoatini rivojlantirish, mos texnologiyalarni tanlash hamda ma’lumotlar bazasini yaratish orqali iqtisodiy va ekologik muammolarni bartaraf etish imkonini beradi.

Rossiya Federatsiyasida qabul qilingan **PND F 16.3.55–08** sonli gravimetrik usul qattiq maishiy chiqindilarning morfologik tarkibini aniqlash uchun asos sifatida xizmat qiladi. Unga ko‘ra, chiqindilar 15 ta asosiy komponent bo‘yicha ajratiladi (qog‘oz, karton, to‘qimachilik, shisha, plastmassa, oziq-ovqat qoldiqlari, tosh, suyak, kauchuk, charm, yog‘och, metallolom va boshqalar). Biroq hozirgi zamonda iste’mol tuzilishi keskin o‘zgargani sababli ushbu usulni milliy sharoitga moslashtirish zarur bo‘ldi. Shu asosda jahon tajribasi tahlil qilinib, ushbu ish doirasida moslashtirilgan uslubiy tavsiyalar ishlab chiqildi [4].

QMCHning har bir tarkibiy qismi **A** quyidagi formula bo‘yicha aniqlandi:

$$A = \frac{C}{B} \times 100, \% \qquad (1)$$

Bu yerda:

A – chiqindilarning tarkibiy qismi ulushi (%);
C – bir xil tarkibdagi chiqindilar massasi (kg);
B – chiqindilarning umumiy massasi (kg);
100 – foiz ko‘rsatkichini ifodalash uchun ko‘paytuvchi.

Har bir komponent torozi yordamida alohida idishda aniqlandi. Tadqiqot davomida sanitariya-gigiyena talablariga to‘liq rioya qilindi: qo‘lqoplar, qog‘oz filtrlar va polietilen qoplar faqat bir martalik ishlatildi.

Tadqiqot obyektlari sifatida Toshkent shahridagi quyidagi nuqtalar tanlandi:

Olmazor tumani, Qoraqamish 2/1 dahasi, Bo‘stonobod MFY (Obyekt 075-MSP) – 1432 nafar aholiga xizmat ko‘rsatuvchi chiqindi yig‘ish shahobchasi;

Maishiy chiqindilarni samarali boshqarishning asosi – ularning morfologik tarkibini aniqlash va iqtisodiy-ekologik jihatdan maqbul usullarda utilizatsiya qilishdan iborat. Bu tabiiy xom ashyo manbalari (neft, ko‘mir, metall rudalari)ning kamayishi sharoitida chiqindilarni ikkinchi darajali resurs sifatida foydalanish imkonini yaratadi.

Tadqiqot ishlari respublikada qabul qilingan uslubiy ko‘rsatmalar asosida amalga oshirildi. QMCH tarkibi va xususiyatlari fasllar bo‘yicha farqlanishi e’tiborga olinib, xronometraj ishlari yilning to‘rt faslida — bahor, yoz, kuz va qishda, chiqindilarning olib chiqib ketish davriyligidan qat’iy nazar, chiqindilar olib chiqib ketilguniga qadar uzluksiz 7 sutka davomida amalga oshirildi.

Chiqindilarning morfologik tarkibi quyidagi asosiy komponentlar bo‘yicha o‘rganildi:

1. Oziq-ovqat chiqindilari (sabzavot, meva, po‘stloq, organik moddalar)
2. Qog‘oz va karton
3. Sut, sharbat va suyuqliklarning qog‘ozdan yasalgan qadoqlash mahsulotlari (Tetrapak)
4. Polimerlar (PET idishlar, polipropilen, polietilen paketlar)
5. Shisha
6. Metallar (qora va rangli)
7. To‘qimachilik mahsulotlari
8. Yog‘och
9. Xavfli chiqindilar (tibbiy materiallar, lampalar, termometrlar, batareykalar)
10. Teri, rezina, suyak chiqindilari
11. O‘simlik chiqindilari (novda, poya, barg va boshqalar)
12. Boshqa chiqindilar (tagliklar, pamperslar, qurilish chiqindilari, ko‘cha suprundilari, tuproq va x.k.) [5].

Barcha o‘lchov ishlari sanitariya va mehnat muhofazasi talablariga muvofiq amalga oshirildi. Saralash jarayonida chiqindilar har bir komponent bo‘yicha germetik idishlarga joylashtirilib, torozi yordamida aniqlangan massalar kundalik jadvalga kiritildi. Natijalar umumiy chiqindi massasiga nisbatan foizlarda hisoblandi.

Yirik shaharlarda qattiq maishiy chiqindilar (QMCH) hajmi asosan mahsulotlarni qadoqlash vositalari, turli xil bir martalik buyumlar va polimer asosli idishlardan foydalanish hisobiga muntazam ravishda ortib bormoqda. Bu tendensiya aholi turmush tarzidagi iste’molchilik modeli bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, uni o‘zgartirish va chiqindilar hosil bo‘lishini kamaytirish muhim ekologik va ijtimoiy vazifa hisoblanadi.

Quyida 1–jadvalda turar joy fondida morfologik tarkibini aniqlash maqsadida o‘tkazilgan ilmiy-tadqiqot va xronometraj ishlarining yillik natijalari keltirilgan. [6].

1-jadval

Toshkent shahrida olib borilgan QMCH morfologik tarkibini aniqlash maqsadida o‘tkazilgan ilmiy-tadqiqot va xronometraj ishlarining yillik natijalari

№	QMCHlarning morfologik tarkibi nomlari	Bahor 7 sutkalik		Yoz 7 sutkalik		Kuz 7 sutkalik		Qish 7 sutkalik		Yillik 7 sutkalik		
		kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	o‘rtacha /kg	umumiy /kg	%
1	Oziq-ovqat chiqindilari: mevalar, po‘stlog‘lar, archilgan v.b. + boshqa chiqindilarning organik qismi	1394,5	22,86	3356,5	48,35	1967,3	31,54	1422,9	25,31	2035,31	8141,2	32,7
2	Qog‘oz va karton, shu jumladan:	393,75	6,45	341,6	4,92	276,06	4,42	302,73	5,38	328,535	1314,14	5,29
3	Sut mahsulotlari, sharbatlar va maylardan chiqqan qog‘oz qadoqlar	44,61	0,73	26,6	0,38	33,2	0,53	34,16	0,6	34,64	138,57	0,55
4	Polimerlar, shu jumladan:											
5	PET taralar (idishlar)	304,15	4,98	333,0	4,79	216,15	3,46	187,55	3,33	260,21	1040,85	4,19
6	Polipropilen (trubalar)	100,69	1,65	89,65	1,29	62,75	1,0	56,43	1,0	77,38	309,52	1,24
7	Polietilen (paketlar)	300,4	4,95	249,89	3,6	262,9	4,21	333,2	5,92	286,59	1146,39	4,61
8	Shisha	274,75	4,5	247,73	3,56	170,65	2,73	256,85	4,57	237,49	949,98	3,82
9	Metall, shu jumladan:											
10	Qora metallar; temir, temir qotishmalari, marganes, xrom, cho‘yan	73,35	1,2	46,65	0,67	45,4	0,73	48,0	0,85	53,35	213,4	0,86
11	Rangli metallar (qo‘rg‘oshin, rux, qalay, nikel, alyuminiy, titan, magniy)	25,05	0,41	22,3	0,32	29,8	0,47	22,63	0,4	24,95	99,78	0,4
12	To‘qimachilik(kiyim-kechaklar, ko‘rpa to‘shak)	403,1	6,6	130,29	1,87	193,06	3,09	216,05	3,84	235,6	942,5	3,79
13	Yog‘ochlar	174,45	2,86	147,3	2,12	143,9	2,3	231,69	4,12	174,33	697,34	2,8
14	Xavfli chiqindilar, shu jumladan:											
15	Tibbiyot chiqindilari	17,35	0,28	18,55	0,26	44,15	0,7	24,65	0,44	26,17	104,7	0,42
16	Tarkibida simob va uning birikmalari (lyuminessent chiroqlar, termometr, barometr)	1,15	0,01	0,95	0,01	0,4	0,006	1,2	0,02	0,925	3,7	0,01
17	uzluksiz ta’minot manbalari (akkumlyatorlar. Batareykalar)	1,0	0,01	1,0	0,01	1,35	0,02	1,3	0,02	1,16	4,65	0,01
18	Elektr priborlar	18,8	0,3	32,0	0,46	-	-	-	-	-	-	-
19	Teri, rezina va suyaklar, shu jumladan:											
20	Suyaklar	44,72	0,73	41,1	0,59	65,91	1,05	42,69	0,76	48,6	194,42	0,78
21	Teri	50,2	0,82	36,85	0,53	33,95	0,54	36,1	0,64	39,27	157,1	0,6
22	Rezina	69,9	1,14	23,55	0,34	33,5	0,53	23,6	0,41	37,63	150,55	0,6
23	O‘simlik chiqindilari: shoxlar, ildizlar, poyalar, barglar	534,95	8,77	444,26	6,4	778,5	12,48	809,4	14,4	641,77	2567,11	10,33
24	Boshqalar, shu jumladan:											
25	Tagliklar, pamperslar	385,95	6,33	255,7	3,68	472,51	7,57	379,45	6,75	373,4	1493,61	6,0
26	Toshlar, qurilish chiqindilari	548	8,98	550,45	7,93	912,45	14,63	483,8	8,6	623,75	2497,7	10,0
27	va boshqalar (smet,tuproq, mayda donali noorganik chiqindilar)	818,05	13,41	513,25	7,4	487,56	7,82	563,2	10,0	595,51	2382,06	9,58
28	Yirik gabaritli maishiy chiqindilar (eskirgan mebellar, maishiy va tashkiliy texnikalar)	120	1,97	31,95	0,46			143,85	2,56	98,6	295,8	1,19
	Jami	**6098,4**	**100**	**6941,1**	**100**	**6236,4**	**100,0**	**5621,4**	**100,0**	**6235,17**	**24845,1**	**100**

Odatda hovli idishlariga tushadigan maishiy chiqindilarning asosiy tarkibiy qismlariga qog‘oz va karton, polimer materiallar (plastmassa), oziq-ovqat qoldiqlari, to‘qimachilik chiqindilari, yog‘och, barglar, shisha, charm, kauchuk, tosh va keramika, shuningdek, qora va rangli metallar hamda suyaklar kiradi. Bu komponentlar shahar turmushining tabiiy mahsuloti bo‘lib, ularning nisbiy miqdori mavsumiy va ijtimoiy omillarga ko‘ra o‘zgarib turadi.

Qattiq maishiy chiqindilarning morfologik tarkibini tahlil qilish natijalariga ko‘ra, so‘nggi yillarda shahar hududlaridagi chiqindilarning tarkibida sezilarli o‘zgarishlar kuzatilgan. Xususan,

qayta ishlanadigan komponentlar ulushi — qog‘oz, plastmassa va to‘qimachilik mahsulotlari hisobiga o‘sish tendensiyasi aniqlandi.

Shu bois, QMCH qayta ishlash bo‘yicha har qanday inshoatni loyihalashdan oldin, chiqindilarning morfologik tarkibini, mavsumiy o‘zgarish dinamikasini va to‘planish sur’atlarini aniqlash zarur hisoblanadi [7]. Bu ko‘rsatkichlar chiqindilarni ajratib yig‘ish, qayta ishlash va utilizatsiya qilish tizimini samarali tashkil etishda asosiy hisoblanadi.

Turar-joy fondida hosil bo‘ladigan maishiy chiqindilar tarkibida qimmatli xom ashyo manbalari — qog‘oz, polimer, shisha, metall va organik materiallar — katta ulushni tashkil etadi [8]. Ammo amaldagi tizimdagi muammo shundaki, bu foydali komponentlarni ulardan foydalanish mumkin bo‘lgan shakl va sifatda ajratib yig‘ish mexanizmi yetarlicha samarali yo‘lga qo‘yilmagan.

Chiqindilarni boshqarishda resurs tejamkorlik tamoyillarini amalga oshirish, qayta ishlashni ko‘paytirish va chiqindilarni kamaytirish strategiyalari GOST 30772–2001 talablariga muvofiq ravishda yo‘lga qo‘yilishi lozim. Ushbu me’yoriy hujjatda chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarida energiya va xom ashyo resurslarini tejashga oid qoidalar belgilangan bo‘lib, ularni amaliyotga joriy etish QMCH tizimining barqaror rivojlanishi uchun muhim hisoblanadi.

Yirik shaharlarda, QMCH hajmi birinchi navbatda, mahsulotlarni qadoqlash, turli xil bir martalik buyumlarni foydalanish hisobiga o‘sib bormoqda. Ushbu tendensiyani o‘zgartirish muhim vazifa bo‘lib hisoblanadi. Odatda hovli idishlariga tushadigan maishiy chiqindilarning oddiy tarkibiy qismlariga qog‘oz, karton, polimer materiallar, oziq-ovqat qoldiqlari, to‘qimachilik, yog‘och, barglar, qora va rangli metallar, suyaklar, shisha, charm, kauchuk, toshlar, keramika, kiradi.

Qattiq maishiy chiqindilarning (turar-joy fondi) morfologik tarkibini aniqlash natijalarimizga ko‘ra, bu davrda shahar chiqindilarining tarkibi sezilarli darajada o‘zgargan. QMCH qayta ishlash inshoatlarini loyihalashni boshlashdan oldin, QMCHning morfologik tarkibini va ularning to‘planish sur’atlarini [9] ham aniqlab olish kerak bo‘ladi.

Maishiy chiqindilarni tarkibi bo‘yicha quyidagicha ro‘yhatlari tuzildi:

2-.jadval

Poligonlardagi maishiy chiqindilarni taqqoslash ruyxati

1990-yilga qadar SanPin 0297-11 bo‘yicha		**2021-yil holatiga ko‘ra**
t/r	**Chiqindi tarkiblari nomlari**	**Chiqindi tarkiblari nomlari**
1	**Qayta ishlanadigan chiqindilar turkumi** 1. Oziq -ovqat chiqindilari 2. Qog‘oz 3.Yog‘och 4. Metal 5. Tekstil 6.Teri, rezina 7. Shisha 8. Polietilen va plastmassalar	**Qayta ishlanadigan chiqindilar turkumi** 1.Oziq -ovqat chiqindilari 2.Qog‘oz va karton 3. Pet taralar 4. Polipropiliyen 5. Polietilen 6. Shisha 7. Qora metallar; temir, temir qotishmalari, marganes, xrom, cho‘yan 8. Rangli metallar (qo‘rg‘oshin, rux, qalay, nikel, alyuminiy, titan, magniy) 9. To‘qimachilik(kiyim-kechaklar, ko‘rpa to‘shak) 10. Yog‘ochlar 11.Suyaklar 12.Teri 13.Rezina
2	**Qayta ishlanmaydigan chiqindilar turkumi** 9. Tosh	**Qayta ishlanmaydigan chiqindilar turkumi:** 14.Sut mahsulotlari, sharbatlar va maylardan chiqqan qog‘oz qadoqlar 15.Tibbiyot chiqindilari

		16. Tarkibida simob va uning birikmalari (lyuminessent chiroqlar, termometr,baromet) 17. uzluksiz ta’minot manbalari (akkumlyatorlar. Batareykalar) 18.Tagliklar, pamperslar 19.Toshlar, qurilish chiqindilari 20. va boshqalar (smet,tuproq, mayda donali noorganik chiqindilar 21.Yirik gabaritli maishiy chiqindilar (eskirgan mebellar, maishiy va tashkiliy texnikalar)
3	**Organik chiqindilar** Oziq –ovqat chiqindilari	**Organik chiqindilar:** oziq -ovqat chiqindilari 22. O‘simlik chiqindilari: shoxlar, ildizlar, poyalar, barglar

Turar-joy fondi chiqindilari tarkibida qimmatli xom ashyoning katta miqdori mavjud [10.].

Tadqiqot ishlari Toshkent shahri Olmazor tumanidagi “Qoraqamish 2/1” dahasining ko‘p kvartirali turar joylarida (MSP-075) hamda uy-joy fondidagi yakka tartibdagi turar joylar (Signal usuli, Chiltog‘on mahallasi) hududlarida amalga oshirildi. Tadqiqotlar yilning turli fasllarida (baxor, yoz, kuz, qish) 7 kunlik uzluksiz xronometraj rejimida olib borildi.

Maishiy chiqindilarni samarali boshqarishda ularning kelib chiqish manbasi, turi va tarkibini aniqlash hal qiluvchi ahamiyatga ega. Chiqindilarning har bir turi uchun mos yig‘ish, tashish va qayta ishlash usulini tanlash kerak. Shu bois, qattiq maishiy chiqindilarning morfologik tahlili ekologik va iqtisodiy jihatdan chuqur o‘rganishni talab etadi. Bu nafaqat atrof-muhitni muhofaza qilish, balki iqtisodiy samaradorlikni oshirishga ham xizmat qiladi.

Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari maishiy chiqindilarni boshqarish bo‘yicha samarali strategiyalarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish imkonini yaratadi.

Hozirgi vaqtda QMCHdan foydalanishning ilmiy asoslangan zamonaviy usullarini ishlab chiqish va ularni shahar xo‘jaligida qo‘llash muhim ahamiyat kasb etadi. QMCHning ayrim komponentlarini ikkilamchi xom ashyo sifatida qayta ishlash yoki yangi mahsulotlar ishlab chiqarishda foydalanish atrof-muhitdagi ekologik yuklamani kamaytiradi, chiqindilarni tashish xarajatlarini qisqartiradi va resurs tejamkorlikni ta’minlaydi. [11].

Maishiy chiqindilar tarkibi asosan foydalanish uchun yaroqsiz bo‘lgan buyumlar va materiallardan tashkil topgan. Ular quyidagilarni o‘z ichiga oladi: singan mebel qismlari, idish-tovoqlar, shisha idishlar, flakonlar, bankalar, qog‘oz va karton mahsulotlari, gazetalar, jurnallar, o‘rash qog‘ozlari, polietilen plyonkalar, eski kiyim-kechaklar, poyabzal, to‘qimachilik chiqindilari, oziq-ovqat qoldiqlari, daraxt yaproqlari, barglar, hovli va bog‘ chiqindilari, kvartira pechlaridan chiqqan kul, shlak, ko‘mir qoldiqlari, qurilish-ta’mir ishlaridan qolgan g‘isht, taxta, gips, devor qog‘ozi, eski radio va maishiy elektr jihozlari (televizorlar, kir yuvish mashinalari, isitish va yoritish priborlari) kabilar.

Bundan tashqari, tadqiqot jarayonida yirik gabaritli maishiy chiqindilar (YGMCH) ham aniqlangan. Ular qatoriga eski mebellar, bolalar velosipedlari, kir yuvish mashinalari va boshqa katta hajmli buyumlar kiradi.

QMCH morfologik tahlil natijalari bo‘yicha ular 21 asosiy tarkibiy qismga ajratildi. Bu tahlillardan ma’lum bo‘lishicha, chiqindilarning ma’lum bir qismi sanoat tarmoqlarida ikkilamchi xom ashyo sifatida (qog‘oz, metall, shisha, rezina, to‘qimachilik mahsulotlari va boshqalar) foydalanish imkoniyatiga ega. Qolgan qismi esa chorvachilikda ozuqa sifatida yoki biotermik qayta ishlash orqali organik o‘g‘it sifatida ishlatilishi mumkin. Shuningdek, ayrim komponentlar zararsizlantirishning yoqish usuli orqali qayta ishlanishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Tahlil natijalarida ba’zi tarkibiy qismlar mavsumiy tebranishlarga ega ekanligi aniqlandi. Masalan, oziq-ovqat qoldiqlari va barglar miqdori yoz va kuz fasllarida ko‘payadi, qog‘oz va polietilen mahsulotlar esa yil davomida barqaror ulushga ega bo‘ladi.

Jahon tajribasi shuni ko‘rsatadiki, keyingi 10–15 yil ichida maishiy chiqindilarning morfologik tarkibi va fizik-ximiyaviy xususiyatlarida sezilarli o‘zgarishlar yuz bergan. Birinchi

navbatda bu o‘zgarishlar chiqindilarning solishtirma zichligida namoyon bo‘lmoqda. Axlat tarkibida yengil fraksiyalar — qog‘oz, karton, polimer va gigiyenik mahsulotlar ulushining ortishi natijasida umumiy zichlik pasaygan.

Tovar iste’moli va turmush tarzidagi o‘zgarishlar natijasida chiqindilar tarkibidagi farq nafaqat vaqt o‘tishi bilan, balki turli aholi punktlari va hududlar o‘rtasida ham sezilarli bo‘lishi mumkin. Masalan, aholi daromad darajasi yuqori bo‘lgan hududlarda qog‘oz, plastik va qadoq materiallari ulushi ko‘payadi, qishloq hududlarida esa organik va oziq-ovqat chiqindilari ulushi ustuvor bo‘lib qoladi.

Pampers, gigiyenik vositalar, akkumulyatorlar va lyuminessent chiroqlar kabi chiqindilar avvalgi me’yorlarda mavjud bo‘lmagan bo‘lib, bu zamonaviy maishiy turmushda yangi turdagi chiqindilar vujudga kelganini ko‘rsatadi.

O‘simlik chiqindilari (shox, ildiz, poya, barg va h.k.) 10,33 % ni tashkil etgan, bu mavsumiy omillar va hovlilarda oziq-ovqat yetishtirish faoliyati bilan bog‘liq.

XULOSA

Hozirgi vaqtda QMCH tarkibining asosiy qismi — oziq-ovqat chiqindilari va plastik mahsulotlardir. Bu esa chiqindilarni qayta ishlashda organik va polimer komponentlarni ajratish, biogaz yoki kompostlash texnologiyalarini joriy etish, plastik chiqindilarni qayta ishlash quvvatlarini kengaytirish zarurligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yildagi 6 fevral «Chiqindilar bilan bog‘liq ishlarni amalga oshirish sohasidagi normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash to‘g‘risida» VM- 95-son qarori

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil aprel «2019 - 2028 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasida qattiq maishiy chiqindilar bilan bog‘liq ishlarni amalga oshirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida» 4291 – son qarori.

3. O‘zbekiston Respublikasi hududlarida qattiq maishiy chiqindilarning to‘planish me’yorlarini aniqlash bo‘yicha uslubiy tavsiyalar. Ekologiya davlat qo‘mitasi tomondan tasdiqlangan. 2019 yil. Toshkent.

4. Ruziyeva I. O‘zbekiston Respublikasi hududida qattiq maishiy chiqindilarning morfologik tarkiblarini aniqlash bo‘yicha uslubiy tavsiyalar. Munis design group MCHJ. Toshkent, 4-9-b

5. O‘zbekiston Respublikasi sharoitida aholi punktlarini qattiq maishiy chiqindilardan tozalashning sanitariya qoidalari va me’yorlari SanQvaM № 0297-11

6. Ruziyeva I.D. Qattiq maishiy chiqindilarning morfologik tarkibi. Monografiya. Fan ziyosi nashriyoti. Toshkent 2023 y. 48-51b.

7. Ruziyeva I.D. Maishiy chiqindilarni boshqarish. Qishloq va suv xo‘jaligida innovasion texnologiyalarni qo‘llash samaradorligi mavzusida// Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. Buxoro. 2024 y. 217-226 b. 2 tom.

8. Ruziyeva I.D. Barqaror iqtisodiy rivojlanish va maishiy chiqindilarni boshqarish. Barqaror iqtisodiy rivojlanishni ta’minlashda yashil iqtisodiyotni rivojlantirishning konseptual asoslari respublika ilmiy-amaliy konferensiya maqola va tezislar to‘plami Toshkent, 2025, 18-aprel. - 15-18-b

9. Ruziyeva I.D. Qattiq maishiy chiqindilarni saralash davr talabi// “O‘zbekiston ekologiya xabarnomasi” ijtimoiy-iqtisodiy, ilmiy-amaliy jurnal, 2022. - №4. - 25-26-b.

10. Ruziyeva I. D., Buriyev S.S., Shakirov N. «O‘zbekistonda qattiq maishiy chiqindi (QMCH) larning atmosfera havosi, o‘simlik va hayvonat dunyosi, yer va suv resurslariga ta’sirini baholash». Monografiya. Toshkent, 2024. - 74-75-bet.

11. Рузиева И.Д. Municipal solid waste and morphological composition study. (Tashkent city and Tashkent region) Journal Name: Naturalista Compano. https://museonaturalistico.it/index.php/journal/article/view/269/210/ 2024. 1402-1408

CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARINI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA MODELLASHTIRISH

Sadinov Aziz Ziyadullayevich
Toshkent Amaliy fanlar universiteti

Annotatsiya: Raqamli texnologiyalar - bu ma’lumotlarni boshqarish va qayta ishlash texnologiyasi bo‘lib, bunda chiqindi mahsulotlarni saqlash, himoyalash, qayta ishlash kabi amallar ustida ishlar olib boriladi. Raqamli texnologiyalar insoniyat taraqqiyotining turli bosqichlarida mavjud bo‘lgan bo‘lsa-da, hozirgi zamon raqamli va axborotlashgan jamiyatning o‘ziga xos xususiyati shundaki, sivilizatsiya tarixida birinchi marta bilimlarga erishish va ishlab chiqarishga sarflanadigan energiya, xomashyo, materiallar va moddiy iste’mol buyumlariga sarflanadigan xarajatlardan ustunlik qilmoqda, ya’ni, raqamli texnologiyalar mavjud yangi texnologiyalar orasida yetakchi o‘rinni egallamoqda.

Kalit so‘zlar: Raqamli texnologiyalar chiqindi mahsulotlarni saqlash, himoyalash, qayta ishlash kabi amallar ustida ishlar olib boriladi

Abstract: Digital technologies are information management and processing technologies, which are used to store, protect, and recycle waste products. Although digital technologies have existed at various stages of human development, the characteristic feature of the current digital and information society is that, for the first time in the history of civilization, the energy, raw materials, materials and consumer goods used for the acquisition and production of knowledge dominates the spending, that is, digital technologies take the leading place among the available new technologies.

Key words: Digital technologies work on such actions as storage, protection, recycling of waste products.

Аннотация: Цифровые технологии - это технологии управления и обработки информации, которые используются для хранения, защиты и переработки отходов. Хотя цифровые технологии существовали на различных этапах развития человечества, характерной чертой современного цифрового и информационного общества является то, что впервые в истории цивилизации энергия, сырье, материалы и потребительские товары используются для приобретения и производство знаний доминирует над расходами, то есть цифровые технологии занимают ведущее место среди доступных новых технологий.

Ключевые слова: Цифровые технологии работают на такие действия, как хранение, защита, переработка отходов.

KIRISH

Tadqiqot ishida chiqindilarni qayta ishlash majmuasining qayta ishlanadigan va ishlab chiqilgan raqamli simulyasiya modeli, ularning narxini hisoblash uchun tavsiya etilgan metodologiya qoidalarini hisobga olgan holda, qattiq chiqindilarni boshqaruvini barqaror boshqarish modelini ishlab chiqish bo‘yicha amaliy tavsiyalarni ishlab chiqish uchun asos sifatida qabul qilinadi.

Raqamlashtirish va modellashtirish natijalarini ishonchli tekshirish uchun, Toshkent viloyati hududida turli xil chiqindilarni to‘planish manbalaridan kelib chiqqan holda chiqindilarni qayta ishlash uchun ikkita sxema tanlandi.

Qattiq maishiy chiqindilarni qayta ishlashni boshqarish dasturlarini shakllantirish masalalari A.K. Golubin, V. Dyevyatkin, V. Shubov, va J. Keyns, A. Marshall, T. Narayana, T.Maltus, S.

Fisher, A. Simt, R. Dornbush, R. Shmalenzi, R.Erenbeg, K. Makonell, R.Smit, T. Ryabova tomonidan tomonidan tadqiq etilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. Qo‘yilgan masalani yechish uchun ma’lumotlarni tahlil qilishdagi assotsiativ qoidalar va algoritmlardan hamda sanoat 4.0 texnologiyasi bazasidagi hisoblash tizimi uchun moslashtirilgan bozor tamoyilga asoslangan mahsulotlarni tahlil qilishning parallel algoritmidan foydalanilgan.

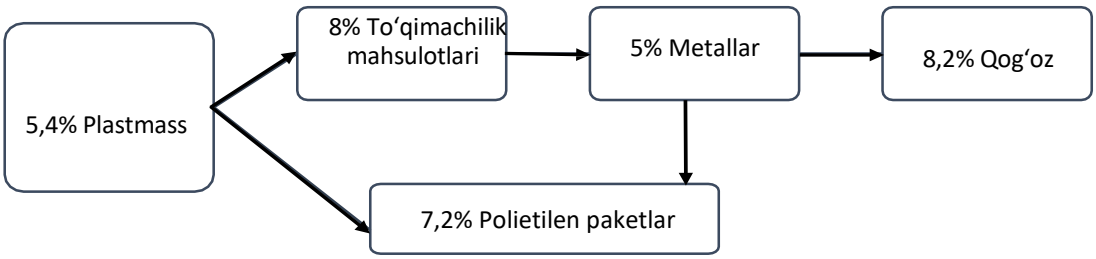
TAHLIL VA NATIJALAR MUHOKAMASI

O‘zbekiston ishlab chiqarish korxonalari uchun muvaffaqiyatli raqamlashtirish texnologik daraja va innovatsion salohiyatni oshirishni nazarda tutuvchi, ishlab chiqilgan va amalga oshirilayotgan “Raqamli texnologiyalar” loyihasi doirasida uchta yo‘nalishda ishlar amalga oshirilib kelinmoqda bular:

-sanoatning raqamli platformalarini, shu jumladan investitsiyalash, sanoat korxonalarini yaratish va rivojlantirish platformalarini yaratish, davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash chora-tadbirlari, sanoat mahsulotlarini ichki va tashqi bozorlarda ilgari surish, ishlab chiqarish rivojlanishini tahlil qilish va prognozlash;

Demak, odatdagi eksperimental maydonlar sifatida ishlatilishi mumkin bo‘lgan eng to‘liq hududiy sxemalarga, Samarqand hamda Buxoro viloyat Andijon viloyat hududlarini tahlil qilish orqali chiqindilarni qayta ishlash sxemasi deb hisoblanishi mumkin.

Keltirilgan bunday ma’lumotlarga ko`ra, eng ko‘p chiqindilarni ishlab chiqarish Toshkent viloyatida (13 foiz), Samarqand viloyatida (11 foiz), Buxoro viloyatida (9 foiz) Andijon viloyatida (14 foiz) Surxondaryo viloyatida (6 foiz) Xorazim viloyatida (5 foiz) Farg’ona viloyatida (4 foiz) sodir bo‘ladi (1-rasm).



1-rasm. Toshkent viloyati ma’muriy tumanlarida qattiq maishiy chiqindilarni ishlab chiqarish jarayonlari sxemasi

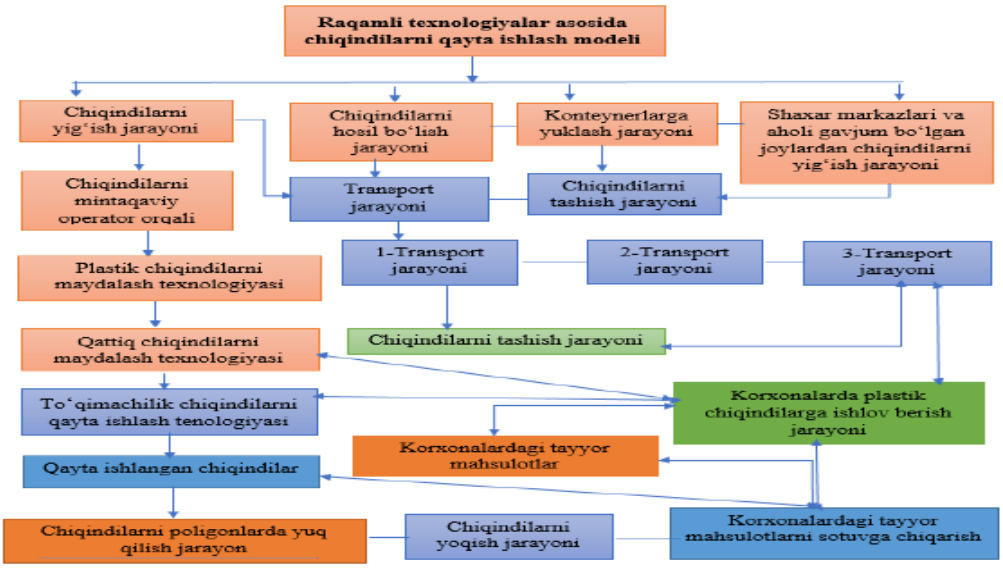
Ilmiy tadqiqot ishida raqamli modelida haqiqiy ma’lumotlarni olish uchun amaliyotda tatbiq etilgan ya‘ni Toshkent viloyatining hududida chiqindilarni boshqarish sxemasining elektron modelidan yuklangan. Davlat shartnomalari bo‘yicha pudratchilar va mintaqaviy operator tomonidan eksport doirasida alohida va aralash to‘plangan chiqindini boshqarishning elektron modellari uchun turli xil variantlar ko‘rib chiqildi.

Shunday qilib, raqamli texnologiyalar asosida chiqindilarni yig‘ish, saralash uchun obyekt qilib Toshkent viloyatining hududida chiqindilarni boshqarishning elektron modeli ishlab chiqildi**.**

Geografik axborot tizimida elektron ma’lumotlar bazasiga ulangan chiqindilarni boshqarish uchun tipik hududiy raqamlashtirilgan sxemasini yaratishga imkon berdi.

Toshkent viloyatining hududiy sxemasida chiqindilarni hosil bo‘lishidan tortib qayta ishlash jarayonigacha bo‘lgan davrda iqtisodiy samaradorlikni oshirish imkon beradi, shu usulda viloyat markazlarida aholi gavjum joylarda chiqindilarni yig‘ish uchun tizim joriy qilingan.

Poligonlarda to‘plangan chiqindilar muammolarini bartaraf etish transport xizmatini tashkil etish sxemasida keltirilgan (2-rasm).



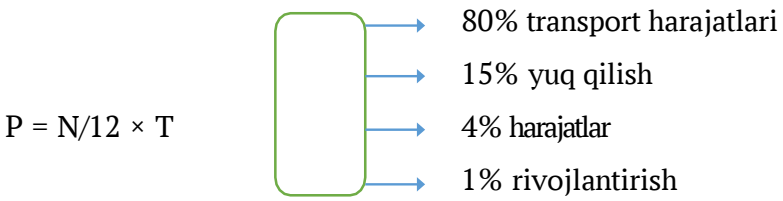
2-rasm. Toshkent viloyatida qattiq maishiy chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarining boshqarish bo‘yicha taklif etilayotgan hududiy sxemasining simulyatsiyon modeli

Ta‘kidlash joizki, hududiy sxemasidan ko‘rinib turganidek shishani qayta ishlash zavodi mavjud emas. Shuning uchun barcha shisha idishlarni qayta ishlash korxonalari tanlangan tumandan sezilarli masofada joylashgani uchun ular sxemaga qo‘shilmaydi, bu katta xarajatlar bilan bog‘liq. Agar korxona chiqindilar to‘planadigan joyga yaqinroq qurilgan bo‘lsa, u holda hududiy sxemaga o‘z narxiga ega. Sxema moslashuvchan bo‘lgani uchun u har qanday o‘zgarishlar va variantlarni hisobga olishi mumkin, ammo barcha qayta ishlanadigan chiqindilarning narxi tanlangan variantga bog‘liq bo‘ladi.

Hududiy sxema ob’yektlarning (zavodlar va yig‘ish punktlari, qayta ishlash) joylashishini taxmin qilish imkonini beradi. Chiqindilarni boshqarish va raqamlashtirish muammosi nafaqat turar-joy binolari, idoralarda ekologik nuqtai nazaridan asosiy muammo hisoblanadi, balki aeroportlarda ham ahamiyati oshadi. Uning ahamiyati yo‘lovchilar sonining sezilarli darajada oshishi va natijada hosil bo‘ladigan chiqindilar hajmi bilan bog‘liq. Viloyatda yoki aholi gavjum bo‘lgan shahar markazlarida bir xil fraksional tarkibdagi qattiq maishiy chiqindilar (plastmassa, qog‘oz, oziq-ovqat chiqindilari) hosil bo‘ladi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Chiqindilarni tezkorlik bilan qayta ishlamasa viloyat markazlarida ekologik muhitning salbiy tomonga o‘sishini ko‘rish mumkin bo‘ladi, bunda tezkorlik bilan model asosida boshqaruv qarorlari qabul qilinib iqtisodiy samaradorligi ishlab chiqiladi.

Dasturiy ta'minot to'plamidan foydalanish qayta ishlashni rivojlantirish natijalarini tezkor monitoring qilish va qattiq maishiy chiqindilarni, uning poligonga olib ketiladigan qismini olib tashlash tariflarini yiliga ikki marta qayta ko'rib chiqish imkonini beradi (3-rasmda).



3-rasm. Toshkent viloyatida maishiy chiqindilarni olib chiqishning amaldagi tarifi

(bu yerda P - olib tashlash xizmatining narxi, sumda; N - yiliga yig'ish darajasi, kg; T - mintaqaviy operator tarifi, sum/kg)

Har olti oyda bir marta, chiqindilarni boshqarish natijalariga ko'ra 1-formulaga muvofiq, qayta ishlashga yuborilgan ikkilamchi resurslar miqdoriga moslashtirilgan (kamaytirilgan) qattiq maishiy chiqindilarni olib chiqish tarifini o'zgartirish taklif etiladi:

P = N*/12 × T*, (1),

bu erda P - chiqindilarni olib tashlash xizmati uchun to‘lov, sum.

N* – monitoring natijalariga ko‘ra foyda keltirmaydigan aktivlarni to‘plash standarti (kg) (tanlangan va qayta ishlashga yuborilgan ikkilamchi resurslar hajmiga kamaytirilgan) T* – haqiqiy transport xarajatlarini hisobga olgan holda mintaqaviy operator tarifi (sum/kg)

Qayta ishlashni tashkil etish uchun birlamchi tabiiy resurslarga nisbatan ikkilamchi resurslarning miqdori va tannarxi oshishi kerak. Ikkilamchi tabiiy resurslar chiqindilarni qayta ishlash uchun ma’lum bir sxema bo‘yicha qayta ishlashga yuboriladi. Shu bois “Ekologiya” milliy dasturida bu ulushni keskin oshirish vazifasi qo‘yildi. Raqamli texnologik model yordamida chiqindilarni qayta ishlash zavodining mavjud imkoniyatlari bilan aylanma iqtisodiyotni tashkil etishdan iqtisodiy samaraning o‘sishini bashorat qilish, shuningdek, yangi mahsulotni qayta ishlash zavodlarini qurish bo‘yicha prognoz qilish mumkin.

O = (Vp / x100,)

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, Bu yerda O –hosil bo‘lgan chiqindilarning umumiy hajmidagi ulushi, %;

Vp - 24 soat ichida qayta ishlashga yuborilgan chiqindilar miqdori, tonna/sutka;

Qayta ishlash korxonalarining mahsulot ishlab chiqarishdan olgan foydasi ushbu sxemada hisobga olinmaydi, chunki u chiqindilarni boshqaruvi doirasidan tashqariga chiqadi.

Poligondagi utilizatsiya jarayonlari ham eng qimmat ro‘yxatga kiritilgan bo‘lib, bu yerda atrof-muhitga yetkazilgan zarar xarajatlarga kuchli ta’sir ko‘rsatadi ikkilamchi energiya manbalarini olish uchun poligonda ham raqamlashgan tizimni tashkil etish ikkilamchi tabiiy resurslardan foydalanish hisobiga xarajatlarni biroz pasaytiradi, ammo bu qayta ishlash jarayonlaridagi kabi samaraga olib kelmaydi.

Demak, Atrof-muhitga yetkazilgan zararni, qayta ishlashning ikkilamchi tabiiy resurslarini va aylanma iqtisodiyotda resurslardan foydalanishning umumiy pasayishini hisobga oladigan tizimli pozisiyaga ega eng maqbul sxema oddiy ketma-ketlikka o‘xshaydi. Hududiy sxemaning o‘ziga xos imkoniyatlari bo‘yicha:

a) chiqindining katta qismini alohida yig‘ish va saralangan chiqindilarni olib chiqish;

b) qayta ishlanmaydigan chiqindilarni yoqish zavodlarida utilizatsiya qilish;

c) yonmaydigan chiqindilarni poligonga utilizatsiya qilish.

Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, raqamli texnologiyalar asosida chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarini belgilab beradi (1-jadval).

1-jadval

Toshkent viloyatidagi chiqindilarni boshqarish tizimidagi tashkiliy bo‘linmalarning narxi va davomiyligi

Barqaror chiqindilar jarayoni uchun mas’ul (tashkiliy birlik)	**Chiqindilarni qayta ishlash narxi (tonna / so‘m**	**Chiqindilarni qayta ishlash davomiyligi vaqti (soat)**
“Toshkent viloyatida” chiqindilarni qayta ishlash zavod	594392	8,0
Hududiy operator “Maxsus trans” DUK	463827	6,5
Hududlardagi ekologiya boshqarmasi	413520	48,0

“Plasmass” chiqindilarni qayta ishlash zavodi	387648	8,0
“Toshkent viloyati” chiqindilarni boshqarish bo‘limi	387648	8,0
Obodonlashtirish boshqarmasi	387646	2,0
Maxsustrans boshqarmasi	353730	2,0
Ekologiya boshqarmasi	312272	29,0
Chiqindi mashinasi	142713	3,0
Aviakompaniyalardagi chiqindi kontinerlar	103368	24,0
JAMI	**3546764**	**138,5**

Keltirilgan bunday ma‘lumotlar, yaxshilanishlarga asosan samaradorlikni oshirishda o‘z ifodasini topadi va aqlli qutilar, yarim avtonom chiqindilarni yig‘ish vositalari uchun robototexnika yoki chiqindilarni bashorat qilish uchun sun‘iy intellekt kabi chiqindilarni yig‘ish jarayonini yaxshilash va uni ishlab chiqarish ehtiyojlariga moslashtirish uchun katta imkoniyatlar mavjud.

Masalan, chiqindi turlari va maqsadlarini o‘zgartirishga nisbatan moslashuvchan reaksiya yoki talab bo‘yicha va moslashtirilgan xizmatlarni amalga oshirish mumkin.

XULOSA

Chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarini raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi va ilmiy jihatdan asoslangan tavsiyalar ishlab chiqildi.

1. Hozirgi vaqitda raqamli texnologiyalar asosida chiqindi mahsulotlarni qayta ishlash va ishlab chiqarish tizimi faoliyatida mavjud muammolarning yechimlarini topish uchun uning iqtisodiy va texnik-texnologik elementlari tarkibini qayta ishlash tamoyillar asosida, hamda rivojlanishning takomillashtirish orqali optimallashtirish fundamental tadqiqotlar olib borishni taqozo etadi.

2. Hududlarda chiqindilarni Integrasiyaviy va moslashtirish xususiyatlariga ega bo‘lgan bir qator fundamental va amaliy fan sohalari mavjud bo‘lib, ishlab chiqarish va boshqaruv va inson faoliyatining boshqa ko‘pchilik turlari xususiyatlari hamda sharoitlariga eng moslashgan ilmiy yondashuvlardan biri uning tamoyillaridir.

3. Qayta ishlashda va qo‘llashda korxonalar faoliyati samaradorligini, ularning raqobatdoshligini oshirishi, muvoffaqiyat poydevorini yaratishga asos solishi mumkin. Buning uchun korporativ strategiyani qo‘llab-quvvatlab turish uchun mo‘ljallangan, korxonaning raqamli texnologiyalardan foydalangan holda ishlab chiqish lozim. Aynan korxona tizim sohasidagi keyinchalik hatti-harakatlar va yechimlarni belgilab beradi: muayyan sifatdagi talab qilingan mahsulotni, zarur bo‘lgan hajmda, aniq iste’molchiga, minimal xarajatlar bilan, belgilangan vaqtda, lozim bo‘lgan joyga yetkazib berishni ta’minlash.

Mutaxassislarning fikricha raqamli texnologiyalar qo‘llashning asosiy ustunliklari va mamlakatimiz korxonalari uchun dolzarbligi quyidagilar:

- zaxiralar darajasini 30-50 foizga kamaytirish;
- mahsulot harakatlanish vaqtini 25-45 foizga qisqartirish;
- takroriy ombor tashishlarini 1,5-2 marotaba qisqartirish;
- avtomobilda tashish xarajatlarini 7-20 foizga, temir yo‘lda tashish xarajatlarini 5-12 foizga qisqartirish imkonini beradi.

4. Hisob-kitoblarning ko‘rsatishicha ko‘rib chiqilgan misollardagi mavjud bo‘lgan, asosiy moddiy resurslar moddiy oqimlarining taqsimotini Ya’ni, joriy vaqt davrida hodisalarning sodir

bo‘lish qiymati, ularning ilgari necha marotaba va qaysi vaqtda sodir bo‘lganiga bog‘liq emas, va kelajakka ham o‘z ta’sirini ko‘rsatmaydi. Bunday holat raqamli texnologiyalar harakatini oldindan bilish qiyinligini belgilaydi. Bu bilan ko‘pgina sobiq va hozirgi vaqtda faoliyat yurituvchi yuk jo‘natuvchi va yuk qabul qilib oluvchi punktlarning faoliyat yuritishi muntazam bo‘lmasligi mumkinligi yana bir bor tasdiqlanadi.

Bunday hodisa chiqindilarni boshqarishning mintaqaviy tizimlarini va ular xizmat ko‘rsatadigan tizimlarning, intensifikasiya omillarini optimallashishini oldindan belgilaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Odilov Sh.G . Mechanisms for improving the company's logistics processes on the basis of information and communication technologies., TDIU T: 2019

2. Kenjabaev A.T. Problems of formation of the national system of informatization in business activity., Tashkent: TSU, 2005-41p.

3. Sadinov A.Z (OAK)Chiqindi mahsulotlarni qayta ishlashda akt yordamida innovasion rivojlanish samaradorligini oshirish. 04.12.2020 y.,s.97-101. Academic Research in Educational Sciences Volume 1 | ISSUE 3 | 2020 ISSN: 2181-1385 Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2020: 4.804 Academic Research, Uzbekistan 97 www.ares.uz. 04.12.2020 y.,s.97-101

4. Sadinov A.Z. Chiqindi mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarini akt yordamida takomillashtirish // Agrar tarmoqda innovasion iqtisodiyotni rivojlantirish masalalari mavzusidagi Xalqoro konfernsiya. Samarqand, 2021 yil 25-26 mart.

5. Sadinov A.Z. Methods of automation and management of waste recycling in the digital economy.11.07.2021y.s.92-96. Moliya-kredit tizimining iqtisodiètning real sektori bilan o‘zaro munosabatlarini institusional rivojlantirish. mavzusida XIII Xalqaro ilmiy-amaliy anjumanmateriallari.

6. Sadinov A.Z. Methods of automation and management of waste recycling in the digital economy. 30.11.2021 y.,c.563-569. Mejdunarodnыy nauchno-obrazovatelnыy elektronnыy jurnal «Obrazovaniye i nauka v xxi veke» №20 (tom 4) (noyabr, 2021). Data vыxoda v svet:

7. Sherquziyev Mamadiyor., Mirzaliyev Sanjar Maxammadjon o‘g‘li., Sadinov Aziz Ziyadullayevich., Sun’iy intellekt yordamida ekologik muammolarni hal qilish va iqtisodiy samaradorligini oshirish.,Toshkent moliya instituti “Iqtisodiyotning raqamli transformasiyasida sun’iy intellektni rivojlantirishning asosiy tendensiyalari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari 2022 yil 25 mart s.96-99

8. Sadinov A.Z. Theoretical foundations of waste management.15.03.2022 y.,226-236. I-Respublikanskaya nauchno-texnicheskaya konferensiya (Tashkent, 13-15 marta 2022 goda) – Tashkent: in Science, 2022 y. «Nauchnыye issledovaniya i innovasii v industrii 4.0.» 15.03.2022.

9. Sadinov A.Z. Improving waste recycling in uzbekistan in digital technologies. Iqtisodiyot va innovasion texnologiyalar elektron jurnal, maxsus son (2)2022 yil 9 noyabr.

10. Sadinov A.Z. “O‘zbekiston respublikasida chiqindi mahsulotlarini qayta ishlashda innovasion texnologiyalarni o‘rni” mavzusidagi xalqaro ilmiy–amaliy anjumani 27.08.2021y.s.119-121.“O‘zbekistonning bugungi taraqqiyot tamoyillari va rivojlanish istiqbollari” mavzusidagi xalqaro ilmiy–amaliy anjumani”

11. Aziz Sadinov1 *and Sherzod Rajabov1 Utilizing digital technologies for waste management 1Tashkent State University of Economics, Islam Karimov street, 49, 100066, Tashkent, Uzbekistan. E3S Web of Conferences 381, 01096 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101096 AQUACULTURE 2022

12. Aziz Sadinov1*, Sherzod Rajabov1, and Maftuna Samieva1 Improving waste recycling in Uzbekistan in digital technologies 1Tashkent State University of Economics, 49, Islom Karimov Street, Tashkent, 100066, Uzbekistan E3S Web of Conferences *IPFA 2023* https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345205023

13. Abdullayev M.K, Sadinov A.Z., Raqamli texnologiyalar asosida chiqindi mahsulotlarni qayta ishlash jarayonlari, Mintaqaviy iqtisodiyotning zamonaviy muammolari: tajriba, tendentsiyalar va istiqbollar. Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to‘plami 28-oktabr 2023-yil.

14. Sherquziyev Mamadiyar, Sadinov Aziz Ziyadullayevich. Chiqindi mahsulotlarini qayta ishlashni optimallashtirishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning uslubiy jihatlari “Innovatsion iqtisodiyotni shakllantirishda axborot kommunikatsiya texnologiyalarining tutgan o‘rni” Mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi 2023-yil 23-noyabr, toshkent.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АО УЗКИМЁСАНОАТ СВЯЗАННЫЕ С ТВЁРДЫМИ ОТХОДАМИ И ИХ ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Дадаходжаев Абдулла Турсунович д.т.н, проф[1]., Коржиков Евгений Александрович[2]., Рахматуллаев Файзулла Насруллаевич д.ф.н[1]., Собитов Обид Собитович м.н.с[1]., Бобомурадова Муножат к. г.н[3]., Рузиева Ирода Давутовна[4]

[1]Ташкентский Государственный технический университет им. Ислама Каримова
[2]АО Узкимёсаноат Зам. пред., [3]Университет геологических наук министерства горнодобываюшей промышленности и геологии РУЗ каферы Химия.,.
[4]НИИ окружающей среды и природоохранных технологий зав.лаб.

Annotatsiya: Maqolada AO “Uzkimyosanoat” korxonasida yuzaga keladigan turli sanoat chiqindilari, xususan, fosfogips, galit chiqindilari, PVC ishlab chiqarish jarayonidagi nam sāja va simobli katalizatorlar muammolari tahlil qilinadi. Ishda ularning ekologik xavfi, yig‘ilishi, saqlanishi va utilizatsiya qilishning amaliy yechimlari ko‘rib chiqilgan. Bundan tashqari, vanadiy va rux oksidli katalizatorlarni qayta ishlash texnologiyalari ham taqdim etilgan. Tadqiqot natijalari sanoat chiqindilarini kamaytirish va qayta ishlashda samarali usullarni ishlab chiqishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: PVC ishlab chiqarish, Nam qurum, Oqova suvlar, Piroloz jarayoni, past molekulyar,oligomer, saja chiqindilari, quruq qurum, organik to‘ldiruvchi, simobli katalizatorlar.

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы различных промышленных отходов на предприятиях АО «Uzkimyosanoat», включая фосфогипс, гальтовые отходы, мокрую сажу при производстве ПВХ и ртутьсодержащие катализаторы. Анализируются их экологическая опасность, накопление, хранение и практические методы утилизации. Также представлены технологии переработки ванадиевых и цинкосодержащих катализаторов. Результаты исследования направлены на разработку эффективных способов снижения и переработки промышленных отходов.

Ключевые слова: Производство ПВХ, мокрый сажа, сточные воды, пиролизный процесс, низкомолекулярный олигомер, отходы сажи, сухая сажа, органическая добавка, ртутные катализаторы

Abstract: The article analyzes the issues of various industrial wastes at AO “Uzkimyosanoat,” including phosphogypsum, halite waste, wet carbon black from PVC production, and mercury-containing catalysts. Their environmental hazards, accumulation, storage, and practical utilization methods are discussed. Additionally, technologies for processing vanadium- and zinc-based spent catalysts are presented. The research outcomes aim to develop efficient approaches for reducing and recycling industrial wastes.

Keywords:PVC production, wet carbon black, wastewater, pyrolysis process, low-molecular oligomer, carbon black waste, dry carbon black, organic filler, mercury-containing catalysts

ВВЕДЕНИЕ

Химическая промышленность входит в число базовых отраслей экономики Узбекистана и формировалась, исходя из потребностей интенсификации сельскохозяйственного производства, путем создания предприятий по производству минеральных удобрений.

История химической промышленности Республики начинается с пуском Шурсуйского серного рудника в 1932 году.В 1940 году начало давать продукцию самое крупное предприятие химической промышленности — Чирчикский электрохимический комбинат, ныне АО «Максам-Чирчик».В 1962 году был пущен в эксплуатацию Ферганский завод азотных удобрений, ныне АО «Ферганаазот».В 1964 году начал давать продукцию Навоийский химический комбинат, ныне АО «Навоиазот».В 1969 году начата эксплуатация Алмалыкского химического завода, ныне АО «Аммофос-Максам» др.В настоящее предприятия химической промышленности производят азотные, фосфорные и калийные удобрения, аммиак серную и азотную и соляную кислоты. Каустическую и кальцированную соду, средства ХСЗР. цианистый натрий, уксусную кислоту, метанол, поливинилхлорид (ПВХ) и др. Вырабатывается более 170 наименований химической продукции.

Основные показатели химической промышленности за 2016÷2025 г.г сведены в таблицу

Показатели	Единица измерения	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025*
Все минер. удобрения	Млрд сум	2,33	2,74	4,18	6,40	7,31	11,07	15,27	15,72	17,68	19,95
	тыс.т.	1226	1,142	1,121	1220	1180	1510	1494	1410	1466	1486
Доля минер. удобр	%	70,1	69,5	73,1	73,6	70,1	72,9	69	62,1	57,3	53,6
Объем экспорта	Млн. долл	196,8	227,6	185,4	174,9	188,9	382	482	498	533	642

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В данной работе главе приведены сведения о крубнотаннажных отходах химической промышленности и результаты утилизации отходов химических отходов, а также информация по утилизации отработанных катализаторов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами образования твердых многотоннажных отходов являются производства фосфорных, калийных удобрений и катализаторы отработанные в производствах синтез - газа у из серы и металлургических газов образующихса при обжиги сульфиных руд.

Сведения о составе многотоннажных отходов получены от предприятий АО "Аммофос-Максам", АО "Кунградский содовый завод" и АО "Дехканабадский завод калийных удобрений".Характеристики отработанных катализаторов определся на спектрометре Rigaku NEX & GEDXAF Analyzer, использованы методы инфракрасной спектроскопии и рентгенофазового анализа (РФА-6100).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предприятия на которых образуются твёрдые отходы и их классификация представлен на рис.1.

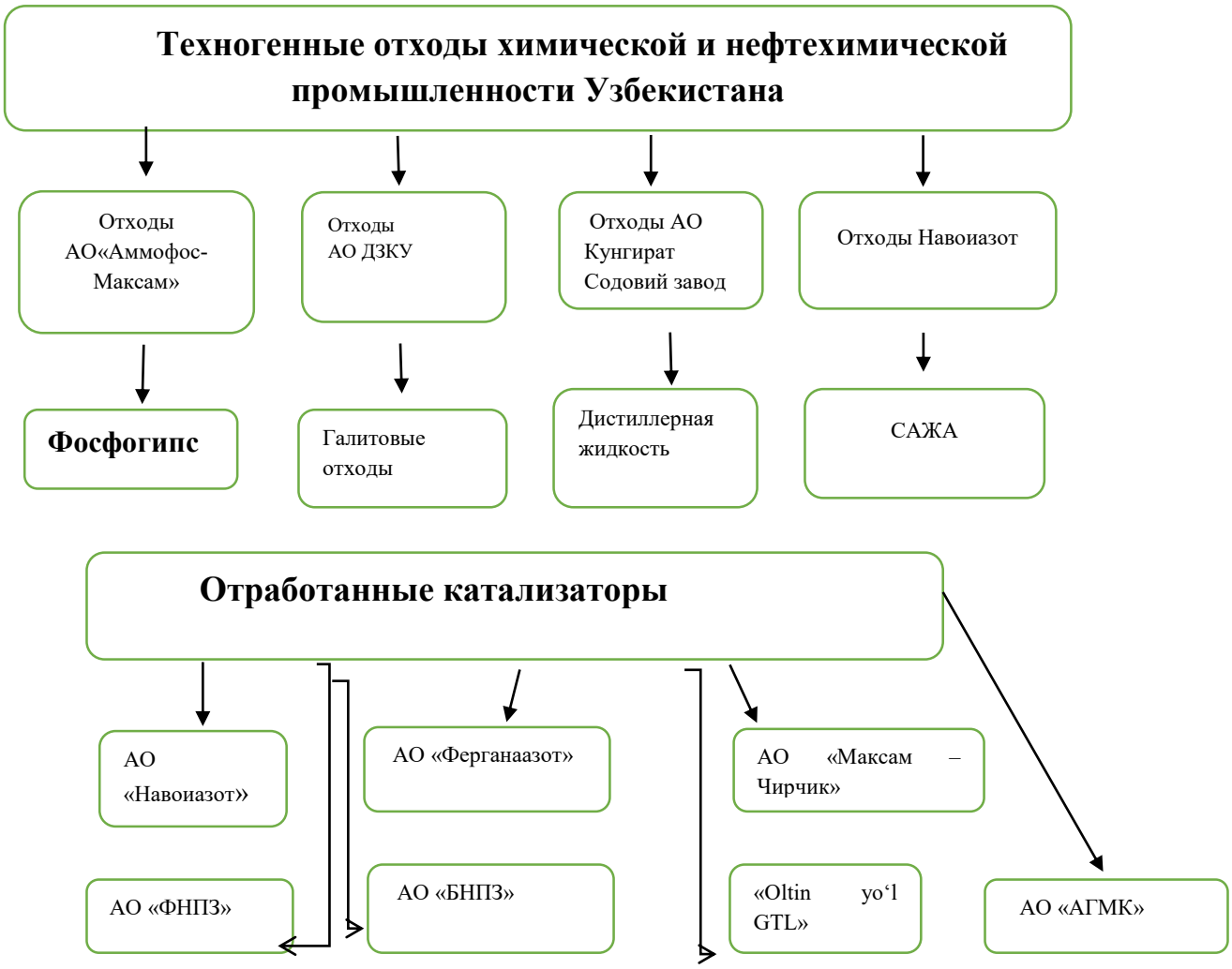


Рис1. Классификация твердых отходов химической и нефтихимической промышленности.

Фосфогипс – неотъемлемая часть производства комплексных фосфоросодержащих удобрений.В зависимости от технологии переработки, образуетса дигидрат сульфата кальция или полугидрат сульфата кальция. Фосфогипс – не радиоактивен, по нормам предельно-допустимых выбросов пыление отвала фосфогипса незначительно.Накопленные запасы По состоянию на 1 июня 2020 г. в отвалах предприятия складировано и ждет переработки более 80 млн. тонн фосфогипса.

В том числе, в отвалах:1-ой очереди–19,7 млн. тонн 1969 ÷ 1986 годы 2-ой очереди – 35,4 млн. 1973÷наст.время 3-ой очереди–12,4 млн.тонн;1978÷годы 4-ой очереди – 5,2 млн. тонн. 1986 ÷ 2005 годы

Актуальность вопроса переработки фосфогипса

По мере развития производства фосфорсодержащих удобрений на основе экстракционной фосфорной кислоты использование фосфогипса становится все более и более актуальным.

В настоящее время накоплено значительное количество фосфогипса, который, как правило, утилизируется в отвалы.

Необходимость транспортирования и хранения фосфогипса заметным образом усложняет эксплуатацию предприятий и даже при соблюдении всех требований органов санитарного надзора, ухудшает санитарное состояние площадки завода и экологическую обстановку прилегающей к нему территории.

Для создания отвалов фосфогипса приходится постоянно отчуждать большие участки земель, иногда обрабатываемые, причем эти площадки нередко превышают размеры промышленных площадок самих предприятий.

Исходя из вышеизложенного, вопрос переработки гипсосодержащих отходов является особенно актуальным.

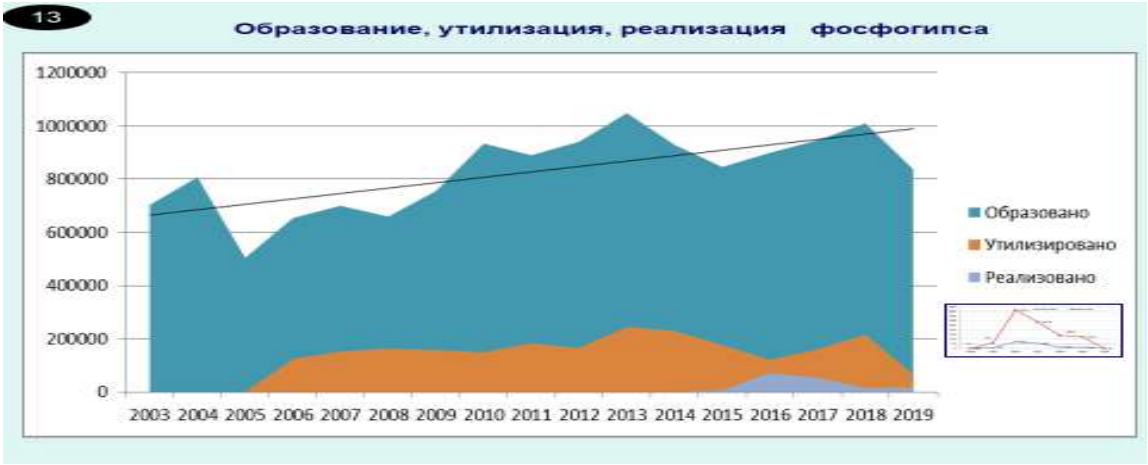


Рис.2. Проблема утилизации фосфогипса стоит остро во всех странах, производителях фосфорных удобрений.

Мировой опыт показал, что переработка отвалов фосфогипса до сих пор не решена, имеющиеся на сегодняшний день технологии по их переработке являются неэффективными, малотоннажными и экономически не выгодными. Лишь около 14 % ежегодно образующегося фосфогипса тем или иным способом используется в народном хозяйстве.Один из перспективных направлений переработки фосфогипса является производство серной кислоты и цемента. Материальные расчеты показали, что из 80 млн. т фосфогипса влажностью 20% можно производить более 36 млн.т. серной кислоты.

ГАЛИТОВЫЕ ОТХОДЫ

В 2010 году завершено строительство первой очереди Дехканабадский завод калийных удобрений (ДЗКУ). мощностью 200 тыс. т. KCl, в настоящее время выпускает 400 тыс. т. готовой продукции.Сырьём служит сильвинит (NaCl + KCl).На 1 т готовой продукции образуется 3-4 т отхода, называемого "Галитовым".Построены 2 шламонакопителя.В первом накоплен 242,4 тыс. т. м^3 или 422,7 тыс. т. (эксплуатация приостановлена).Второй накопитель – объём 780,15 тыс. м^3, накоплен 1 млн. 360 тыс. т.Средний состав накопившихся галитовых отходов, %:KCl – 13,69; NaCl – 48,7; CaSO4– 1,8; H2O – 36,4.Галитовые отходы накопившиеся в отвалах ДЗКУ можно отнести к группе вторичного сырья для производства хлористого калия.

Дистилерная жидкость

Образуется в производстве кальцинированной соды на Кунградском содовом заводе.В 2006 году завод введён в эксплуатацию.Мощность: 200 тысяч т/год. Сырьё – поваренная соль Барсакельмесского и известняк Жамансайского месторождений.На 1 т кальцинированной соды образуется 9-10 М^3 дистилерной жидкости.Состав: (700-1320)кг хлориды, (270-524)кг кальций, (160-170)кг натрий.Шламонакопитель площадью 80 га заполнен, необходимо построить новый шламонакопитель и разработать эффективный метод утилизации на хлорсодержащие продукты.

Мокрая сажа

1. В производстве ПВХ на стадии образования ацетилена образуются сточные воды более 2700 $м^3$ /сутки, содержащих сажу более 50 мг/л Сточные воды направляются в пруд-сточных вод производства ацетилена, затем на биохимическую очистку.На стадиях пиролиза, отстойном отделе регенератции N-пиролидона, гиберболической колонне охлаждения образуется более 3,715 тн отхода содержащего от 25 до 80% мокрой сажи.В составе сажевого отхода содержиться 12 % - низ комолекулярного олигомера . В год образуется до 10 т сажи в пересчте на сухую.Сухая сажа может служить в производстве резиновых изделий в качестве органического наполнителя.Имеются разработки учёных Узбекистана по технологии сушки, сохраняя низкомолекулярного олигамера в составе сажи.

2. На предприятие накоплено более 422 тн отходы ртутьсодержащих катализаторов (HgCl2 + хлорид ртути) – сулема - очень ядовитое вещество. Технология утилизации не разработана.

Результаты переработки отработанных ванадиевых катализаторов в промышленности:

1. Разработан метод гидрометаллургии, изучено влияние концентрации серной кислоты, температуры и времени на степень извлечения пятиокиси ванадия.

2. Изучены методы аммиачного осаждения для извлечения пятиокиси ванадия из раствора.

3. Разработан метод получения нового катализатора на основе остатка, оставшегося после извлечения ванадия из отработанных катализаторов.

4. Предварительные результаты подтверждены на опытно-промышленной установке в АО "АГМК" (Алмалыкский горно-металлургический комбинат).

5. Разработанные методы защищены патентами Республики Узбекистан № 1AP 02915 и № 1AP 1744.

6. Результаты лабораторных исследований опубликованы в 4 зарубежных журналах, входящих в базу SCOPUS и представлены на международных и республиканских конференциях.

Согласно результатам проведенных исследований, гидрометаллургическим методом в присутствии серной или азотной кислоты достигнуто извлечение 80-90% оксида никеля из катализаторов в раствор.

$$NiO + H2SO4 = NiSO4 + H2O$$
$$NiO + 2\ HNO3 = Ni(NO3)2 + H2O$$

Технологические параметры следующие: при концентрации H2SO4 28масс.% и температуре T=80-90C достигнуто извлечение 86% NiO из катализатора с выделением оксида никеля.Из раствора сульфата никеля или нитрата никеля был осажден основной карбанат никеля NiCO3* Ni(OH)2 нагретым раствором карбоната натрия и после сушки получен следующий состав, масс.% NiO-53; AlO3 – 4 ,16; CrO3-0,42 ; SO3-0,048.

Комплексная переработка отработанных катализаторов, содержащих оксид цинка

Катализаторы на основе оксида цинка используются в качестве поглотителей сернистых соединений в процессе получения синтез-газа из природного газа.Реакция гидрирования:C2H5SH+H2 катализатор АҚМ или АНМ) C2H6+ H2S Образующийся в результате гидрирования H2S поглощается адсорбентом на основе оксида цинка.Адсорбент содержит 87–90% оксида цинка и заменяется на новый при насыщении H2S до 16–17%.Средний состав этого отхода: Zn – 57,8 %, S – 21,1 %, Mg – 4,35 %, Al – 2,6 %Цинксодержащие отходы перерабатываются 30 % ным раствором азотной кислоты,

осаждаются с помощью (NH4)2O3, отмываются от ионов NO3 и подвергаются термическому разложению (или термообработке) для получения чистого оксида цинка.ZnO + 2 HNO3 = Zn (NO3)2 + H2O Zn(NO3)2 + (NH4)2CO3+H2O = ZnCO3*Zn(OH)2 + NH4NO3 ZnCO3*Zn(OH)2→(ZnO) акт +CO2При этом получаемый оксид цинка обладает удельной поверхностью в 60-70 раз выше, чем у муфельного оксида цинка, имеет меньшую насыпную плотность (или насыпной вес), и очень пригоден для производства нового адсорбента. При этом получаемый оксид цинка обладает удельной поверхностью в \60-70 раз выше, чем у муфельного оксида цинка, имеет меньшую насыпную плотность (или насыпной вес), и очень пригоден для производства нового адсорбента..

ЛИТЕРАТУРА

1 . Дадаходжаев А.Т., Якибова Д.Х., Мураткулов О.К. и др. Некоторые результаты исследования переработки ванадиевых катализаторов // Экология и промышленность России. 2023. Т.27. №2. С.32–36. DOI: https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-2-32-36. (11.00.00.№15)

2. Dadaxodjayev A.T., Yakibova D.X., Karimov A.K. Vanadiyli katalizatorlarni qayta ishlagandagi qattiq chiqindidan yangi katalizator tashuvchisini tayyorlash texnologiyasini yaratishga doir // Ilm va jamiyat. – 2025. – 6/1. – B. 9- 10. (11.00.00.№10)

3. Дадаходжаев А.Т., Бобомуродова М.С., Якибова Д.Х., Мураткулов О.К., Тошкараев Р.А. Отработанные катализаторы – вторичное сырье для производства оксида никеля и пятиокиси ванадия // O‘zbekiston kimyo jurnali. 2023. 19–20 may. – 59-63б. (11.00.00.№4)

4. Dadaxodjayev A.T., Yakibova D., Muratkulov O.K., Abdutolipova N.M., Bobomurodova M. Extraction of valuable components from spent cadmium and vanadium-containing catalysts // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 371. 01043. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337101043. (www.scopuc.com)

5. Dadaxodjayev A.T., Turabdjanov S.M., Xasanov A.S., Yakibova D., Muratkulov O.K. Katalizatorni tayyorlash usuli: Patent UZ IAP 7744. 02.07.2024.

6. Дадаходжаев А.Т., Якибова Д.Х., Мураткулов О.К. Sanoatda ishlatib bo‘lingan katalizatorlarni qayta ishlatish // Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi: “Kimyo va kimyoviy texnologiya sohasidagi innovatsion ishlanmalarni amalda joriy etish muammolari, yechimlari va istiqbollari”. Qarshi, 26–27 aprel 2023. B. 99–100

ПРОИЗВОДСТВО АНТИСЛЁЖИВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО МАСЛА ООО “UZBEKISTAN GTL”

Кадиров Содикжон Уктамович
Ферганский государственный технический университет

Аннотация. Минеральные удобрения при длительном хранении подвержены слёживаемости и агломерации, что значительно снижает их сыпучесть, ухудшает технологические свойства, затрудняет транспортировку и равномерное внесение в почву. Эффективным способом решения данной проблемы является применение антислёживателей, формирующих на поверхности гранул защитный слой, который предотвращает воздействие влаги и статического давления.

На ООО «Uzbekistan GTL» ежегодно образуется около 84,991 тыс. тонн отработанного технического масла, требующего рациональной утилизации. В данной работе рассматривается возможность использования указанного отхода в качестве сырья для производства антислёживателя. Проведённый анализ показал, что переработка

отработанного масла позволяет одновременно снижать слёживаемость удобрений, повышать их технологические характеристики, а также обеспечивать экономическую и экологическую эффективность.

Ключевые слова: минеральные удобрения, противослеживающие добавки, переработка и утилизация отработанного масла, предприятие «Uzbekistan GTL», физико-химические свойства удобрений, производство и обработка гранул, материальный баланс, эффективность сырья, экологическая и экономическая оценка технологий.

Annotation. Mineral fertilizers, during long-term storage, are prone to caking and agglomeration, which significantly reduces their flowability, deteriorates their technological properties, and complicates transportation and uniform application to soil. An effective solution to this problem is the use of anti-caking agents that form a protective layer on the surface of the granules, preventing the influence of moisture and static pressure. At LLC “Uzbekistan GTL,” approximately 84.991 thousand tons of waste technical oil are generated annually, requiring rational disposal. This study examines the possibility of using this waste as a raw material for the production of an anti-caking agent. The analysis showed that processing waste oil makes it possible to simultaneously reduce fertilizer caking, improve their technological characteristics, and ensure both economic and environmental efficiency.

Keywords: mineral fertilizers, anti-caking additives, processing and utilization of waste oil, Uzbekistan GTL enterprise, physicochemical properties of fertilizers, production and processing of granules, material balance, raw material efficiency, environmental and economic evaluation of technologies.

Annotatsiya. Mineral o‘g‘itlar uzoq muddat saqlanganda qotish va aglomeratsiyaga moyil bo‘lib, bu ularning oqimchanligini sezilarli darajada pasaytiradi, texnologik xossalarini yomonlashtiradi hamda tashish va tuproqqa bir tekisda kiritishni qiyinlashtiradi. Ushbu muammoning samarali yechimlaridan biri granulalar yuzasida himoya qatlami hosil qiluvchi, namlik va statik bosim ta’sirining oldini oladigan aglomeratsiyaga qarshi qo‘shimchalardan foydalanishdir.“Uzbekistan GTL” MChJda har yili taxminan 84,991 ming tonna ishlatilgan texnik moy hosil bo‘ladi va uning oqilona utilizatsiya qilinishi talab etiladi. Ushbu ishda mazkur chiqindidan aglomeratsiyaga qarshi qo‘shimcha ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida foydalanish imkoniyati ko‘rib chiqiladi. O‘tkazilgan tahlil ishlatilgan moyni qayta ishlash orqali o‘g‘itlarning qotish darajasini kamaytirish, ularning texnologik ko‘rsatkichlarini yaxshilash, shuningdek iqtisodiy va ekologik samaradorlikka erishish mumkinligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: mineral o‘g‘itlar, aglomeratsiyaga qarshi qo‘shimchalar, ishlatilgan moyni qayta ishlash va utilizatsiya qilish, “Uzbekistan GTL” korxonasi, o‘g‘itlarning fizik-kimyoviy xossalari, granula ishlab chiqarish va qayta ishlash jarayonlari, moddiy balans, xomashyo samaradorligi, texnologiyalarni ekologik va iqtisodiy baholash.

ВВЕДЕНИЕ

Минеральные удобрения являются ключевым компонентом современного агропромышленного комплекса, оказывая решающее влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, качество урожая и устойчивость аграрных систем к климатическим и биотическим стрессам. Их эффективное применение способствует повышению биологической продуктивности почвы, улучшению структуры и плодородия агроценозов, а также снижению потерь питательных веществ. Однако при длительном хранении гранулированные минеральные удобрения подвержены слёживанию и агломерации, что значительно снижает их сыпучесть, ухудшает технологические и эксплуатационные характеристики, затрудняет транспортировку, дозирование и равномерное внесение в почву [1]. Эти процессы отрицательно сказываются на

эффективности применения удобрений, увеличивают производственные затраты и создают дополнительные риски для устойчивого агропроизводства.

Одним из наиболее эффективных способов предотвращения агломерации является использование антислёживателей. Данные вещества формируют на поверхности гранул устойчивую защитную пленку, снижают влияние влаги и статического давления, предотвращают слипание гранул и сохраняют исходные физико-химические и технологические свойства удобрений [2]. Кроме того, антислёживатели способствуют улучшению аэрируемости и равномерности распределения удобрений в почвенном слое, что повышает биодоступность питательных веществ для растений. Интеграция антислёживателей в производственный процесс гранулированных удобрений позволяет повысить их качество, снизить потери при транспортировке и хранении, а также оптимизировать затраты на логистику и внесение агрохимикатов.

На промышленных предприятиях, таких как ООО «Uzbekistan GTL», ежегодно образуются значительные объёмы отработанного технического масла — порядка 85 тыс. тонн. Нерациональное хранение или сброс данного сырья в окружающую среду приводит к комплексному загрязнению: масло проникает в почвенный профиль, вызывает гидрофобизацию грунта, нарушает микробиологическую активность почвы, а также загрязняет поверхностные и подземные водные ресурсы токсичными органическими соединениями. Эти процессы создают долговременные экологические риски, включая биоцидное воздействие на почвенную флору и фауну, накопление тяжёлых металлов и органических примесей, а также снижение продуктивности сельскохозяйственных земель.

Рациональная переработка отработанного масла с целью его использования в качестве сырья для производства антислёживателей является многофункциональным технологическим решением. Во-первых, это позволяет замкнуть цикл использования ресурсов, снизить потребность в первичных химических компонентах и минимизировать образование промышленных отходов. Во-вторых, переработка обеспечивает создание экологически безопасного продукта, который улучшает физико-химические и технологические характеристики удобрений. Применение такого антислёживателя снижает слёживаемость гранул, повышает их сыпучесть и долговечность, обеспечивает равномерное внесение в почву и сохранение питательных веществ в доступной форме для растений.

Кроме того, внедрение технологии переработки масла в антислёживатели способствует реализации принципов устойчивого развития: уменьшается нагрузка на окружающую среду, оптимизируются производственные затраты, повышается экономическая эффективность предприятия и создаются условия для соблюдения международных экологических стандартов, включая рациональное использование природных ресурсов и сокращение выбросов загрязняющих веществ. Такой комплексный подход объединяет экологическую, технологическую и экономическую эффективность, создавая модель циркулярной экономики в агропромышленной сфере и способствуя устойчивому развитию региональных агроэкосистем.

Таким образом, интеграция антислёживателей, производимых на основе переработанного технического масла, представляет собой научно обоснованное и технологически реализуемое решение, способствующее повышению качества минеральных удобрений, снижению экологической нагрузки и оптимизации производственных процессов на промышленных предприятиях.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Физико-химические характеристики разрабатываемого антислёживателя были всесторонне изучены с применением современного аналитического оборудования и

стандартизированных методик. Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследуемый продукт полностью соответствует действующим нормативно-техническим требованиям, предъявляемым к противослеживающим добавкам для минеральных удобрений.

Параметры, определяющие качество антислёживателя, включают его термическую стабильность, вязкость, поверхностно-активные свойства, влагостойкость, дисперсионную способность и устойчивость к агломерации в условиях длительного хранения. Совокупность данных показателей обеспечивает сохранение сыпучести гранулированных удобрений, повышение их технологических свойств и оптимизацию процессов транспортировки и механизированного внесения.

Дополнительно установлено, что разработанный антислёживатель формирует равномерный защитный слой на поверхности гранул, что минимизирует воздействие атмосферной влаги, механического давления и температурных колебаний. Такой эффект способствует повышению стабильности продукта в производственно-складских условиях и снижает потери, связанные с агломерацией.

Обобщённые основные качественные показатели антислёживателя представлены в таблице 1, где приводится сравнительная характеристика его ключевых параметров, обеспечивающих технологическую и эксплуатационную эффективность при применении в составе гранулированных минеральных удобрений.

Таблица 1

Физико-химические показатели антислёживателя

Показатель	Нормативное значение
Внешний вид	Сарый-коричневый вязкий продукт однородной консистенции
Массовая доля активного вещества, %, не менее	98–99
Плотность при 20 °C, г/см³	0,82–0,92
Температура плавления, °C	47–57

Антислёживатель предназначен для нанесения на поверхность гранул аммиачной селитры, карбамида, комплексных удобрений типа НПК и других гранулированных фосфорсодержащих минеральных удобрений с целью снижения склонности к слёживанию, предотвращения агломерации и улучшения сыпучести. Его применение обеспечивает сохранение исходной гранулометрии продукта, повышение технологической надёжности при транспортировке и хранении, а также устойчивость к воздействию влаги и статического давления в складских условиях.

Физико-химические свойства антислёживателя, включая вязкость, плотность и температурный диапазон плавления, определяют оптимальные параметры нанесения на гранулы и гарантируют совместимость с различными типами минеральных удобрений. Высокая концентрация активного вещества (98–99 %) обеспечивает формирование тонкой, но прочной защитной пленки на поверхности гранул, что критически важно для обеспечения технологической эффективности, сохранения качества гранул и долговечности продукта в процессе хранения и транспортировки.

Таким образом, разработанный антислёживатель является высокоэффективным технологическим компонентом, способным улучшать эксплуатационные характеристики минеральных удобрений различного состава, снижать потери продукта при

транспортировке и хранении, а также способствовать повышению экологической и экономической эффективности производственного процесса.

Производственный процесс синтеза антислёживателя осуществляется в соответствии с последовательной технологической схемой, включающей подготовку сырья, химическую модификацию и окончательную обработку продукта.

Процесс начинается с транспортировки и предварительной фильтрации промышленного масла, направленной на удаление механических примесей, после чего проводится дегазация для удаления растворённых газов. Масло подается в реактор с использованием насоса и активного мешающего механизма, обеспечивающего однородное распределение компонентов и эффективный тепло- и массообмен.

Далее масло нагревается до 90 °C с выдержкой 30 минут, что обеспечивает стабилизацию вязкостных свойств и подготовку к химической модификации. На этом этапе добавляется технического парафина при температуре 85–95 °C с постоянным перемешиванием и плавлением в течение 40 минут для образования однородной дисперсии.

Затем вводится стеариновой кислоты при 65–74 °C с выдержкой 120 минут, что обеспечивает модификацию поверхностной энергии масла и формирование начальной гидрофобной и липофильной защитной пленки на гранулах. После этого добавляется поверхностно-активного вещества (ОП-10) с доведением температуры до 75–85 °C и выдержкой 40–55 минут для завершения химического взаимодействия компонентов и стабилизации структуры продукта.

Готовый антислёживатель подвергается контролируемому охлаждению до 40–50 °C и последующей фильтрации через сетчатый фильтр для удаления нерастворимых включений и обеспечения однородности продукта. Далее осуществляется фасовка в стандартные 200-литровые ёмкости, маркировка и подготовка к транспортировке с соблюдением нормативных требований по герметичности, температурному режиму и влажности.

Весь процесс проводится при непрерывном контролируемом перемешивании, обеспечивающем равномерное распределение компонентов и оптимизацию тепло- и массообмена. Завершение синтеза контролируется по изменению цвета смеси с тёмно-красного на тёмно-коричневый и по физико-химическим показателям, включая вязкость, плотность и температуру плавления, что подтверждает достижение заданных эксплуатационных характеристик антислёживателя.

Разработанная технологическая схема обеспечивает стабильность физико-химических свойств продукта, воспроизводимость технологических параметров, совместимость с гранулированными удобрениями различного состава (аммиачная селитра, карбамид, комплексные НПК и фосфорсодержащие удобрения) и возможность масштабирования процесса до промышленного уровня с сохранением качества и эксплуатационной эффективности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Экспериментальное применение разработанного антислёживателя на гранулах аммиачной селитры, карбамида, комплексных удобрениях типа НПК и фосфорсодержащих гранулированных продуктах показало высокую эффективность с точки зрения улучшения технологических и эксплуатационных характеристик. В качестве исходного сырья для производства антислёживателя было использовано отработанное техническое масло, ежегодно образующееся на предприятии ООО Uzbekistan GTL, объем которого составляет около 85 тыс. тонн.

Использование данного вторичного ресурса не только обеспечивает технологическую эффективность продукта, но и вносит значительный вклад в рациональное управление промышленными отходами.

В ходе лабораторно-производственных испытаний было зафиксировано:

1. Снижение склонности гранул к слёживанию на 35–40 % по сравнению с контрольными образцами, что способствует улучшению сыпучести, облегчает транспортировку и равномерное внесение удобрений в почву;
2. Сохранение гранулометрического состава и формы гранул, предотвращающее агломерацию и разрушение материала при хранении и транспортировке;
3. Улучшение технологических характеристик удобрений, включая повышение механической прочности гранул, стабильности при воздействии влаги и статического давления, а также оптимизацию равномерности распределения активных компонентов при внесении;
4. Соответствие установленным физико-химическим требованиям, включая плотность, вязкость, температуру плавления и концентрацию активного вещества, что подтверждает стабильность качества продукта и его воспроизводимость при масштабировании производства.

Экологическая значимость использования вторичного промышленного масла из ООО Uzbekistan GTL заключается в:

1. Сокращении объёмов промышленных отходов, что снижает риск их попадания в окружающую среду и уменьшает потенциальное загрязнение почвы и водных объектов;
2. Рациональном использовании ресурсов, поскольку отработанное масло, подвергнутое химической модификации, превращается в высокоэффективный продукт, снижая потребность в добыче и производстве новых химических компонентов;
3. Снижении углеродного следа и энергетических затрат, связанных с производством импортных антислёживателей, что способствует реализации принципов устойчивого промышленного развития и корпоративной экологической ответственности.

Таким образом, разработанный антислёживатель на базе вторичного масла представляет собой интегрированное решение, обеспечивающее технологическую, экологическую и экономическую эффективность. Его использование позволяет одновременно улучшать эксплуатационные характеристики гранулированных удобрений, обеспечивать устойчивое управление промышленными отходами и снижать производственные издержки, что особенно актуально для крупных предприятий с интенсивным выпуском минеральных удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

Проведённое исследование демонстрирует высокую эффективность использования отработанного технического масла, образующегося на предприятии Uzbekistan GTL MChJ, в качестве сырья для производства антислеживающей добавки к минеральным удобрениям. Разработанная технология позволяет существенно снизить слёживаемость и агломерацию гранулированных удобрений, повысить их сыпучесть и сохранить исходные физико-химические характеристики, что обеспечивает стабильность и надёжность при транспортировке и хранении.

Научная новизна работы заключается в интеграции принципов «зелёной химии» и рационального природопользования в процесс создания функциональной добавки для агрохимической промышленности. Полученные результаты подтверждают, что переработка отходов нефтехимической отрасли в полезные технологические продукты способствует формированию замкнутого цикла обращения вторичных ресурсов и снижению углеродного следа.

С экологической точки зрения, предложенный подход позволяет минимизировать риск загрязнения почвенно-водных экосистем, уменьшить объём промышленных отходов,

снизить зависимость от первичных ресурсов и обеспечить переход к принципам циркулярной экономики.

С экономической позиции, внедрение данной технологии открывает перспективы для сокращения затрат на утилизацию отходов, создания продукции с высокой добавленной стоимостью и расширения импортозамещающих решений для аграрного сектора.

Таким образом, разработанный технологический процесс является комплексным решением, сочетающим технологическую инновационность, экологическую устойчивость и социально-экономическую значимость, что делает его перспективным для промышленного внедрения в условиях современных требований устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Жуманиязов, А.Х., & Бекназаров, Ш.Р. (2021). Технология переработки отработанных масел и их использование в качестве добавок. *Химическая промышленность*, 98(4), 56–63.

2. Iskandarov, R., Kholmurodov, B., & Kim, J. (2020). Utilization of waste lubricating oils in the production of functional additives for fertilizers. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6), 104327. https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104327

3. Петров, В.Н., & Синицын, Д.А. (2019). Антислеживающие добавки для минеральных удобрений: свойства, механизмы действия и эффективность. *Аграрная наука*, 6, 112–118.

4. Liu, H., Wang, Y., & Zhao, Q. (2022). Anti-caking agents for fertilizers: A review of materials, mechanisms and environmental aspects. *Chemical Engineering Journal*, 446, 137115. https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137115

5. Абдуллаев, Х.Б., & Рахмонов, Ф.И. (2020). Переработка промышленных отходов в Узбекистане: экологические и экономические аспекты. *Экология и промышленность*, 2(58), 73–80.

6. IFA (International Fertilizer Association). (2021). *Fertilizer Caking and Anticaking Treatments: Technical Report*. Paris: IFA Publishing.

7. Муродов, С.А., & Каримов, Н.Ш. (2023). Использование отработанных технических масел как сырья для производства вспомогательных реагентов. *Вестник Ташкентского химико-технологического института*, 4(2), 45–54.

8. Zhang, L., Chen, Y., & Li, M. (2018). Sustainable management of waste oils: From regeneration to value-added products. *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 52–64. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.021

METHOD FOR OBTAINING SOLUTIONS OF ZINC CHLORIDE AND SODIUM HYDROSULFIDE FROM SPENT ZINC OXIDE ADSORBENTS

Kadirov Sodikjon Uktamovich
Senior Lecturer Fergana State Technical University, Uzbekistan
Dadakhodzhaev Abdullo Tursunovich
Professor Doctor of Technical Sciences Tashkent State Technical University named after I.A. Karimov

Abstract. This article proposes a scientifically justified method for the recycling of zinc oxide (ZnO) adsorbents used in the purification of sulfur-containing gases and deactivated during operation. The proposed technology enables the production of $ZnCl_2$ solution by binding the zinc present in the waste with hydrochloric acid, as well as obtaining NaHS solution through alkaline reduction of the formed sulfide components. The thermodynamic and kinetic characteristics of the process have been investigated, and the optimal parameters have been determined. The results

demonstrate improved efficiency in the utilization of secondary resources and a reduction in waste generation.

Keywords: zinc oxide, adsorbent, recycling, hydrochloric acid, $ZnCl_2$ solution, NaHS solution, desulfurization, regeneration.

Annotatsiya. Ushbu maqolada oltingugurtli gazlarni tozalash jarayonida qo‘llaniladigan va ekspluatatsiya davomida faolligini yo‘qotgan rux oksidli (ZnO) adsorbentlarni qayta ishlash bo‘yicha ilmiy asoslangan usul taklif etiladi. Taklif etilgan texnologiya tarkibida mavjud ruxni xlorid kislota bilan biriktirish orqali $ZnCl_2$ eritmasi, hosil bo‘lgan sulfid komponentlarni esa ishqoriy qayta tiklash orqali NaHS eritmasi olish imkonini beradi. Jarayonning termodinamik va kinetik xususiyatlari o‘rganilgan, optimal parametrlar aniqlangan. Natijalar ikkilamchi resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish va chiqindilarni kamaytirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: rux oksidi, adsorbent, qayta ishlash, xlorid kislota, $ZnCl_2$ eritmasi, NaHS eritmasi, desulfurizatsiya, regeneratsiya.

Аннотация. В данной статье предлагается научно обоснованный метод переработки оксидно-цинковых (ZnO) адсорбентов, применяемых в процессах очистки сернистых газов и утративших свою активность в ходе эксплуатации. Предлагаемая технология предусматривает получение раствора $ZnCl_2$ путём связывания содержащегося в отходах цинка с хлоридной кислотой, а также получение раствора NaHS за счёт щёлочного восстановления образовавшихся сульфидных компонентов. Изучены термодинамические и кинетические особенности процесса, установлены оптимальные параметры. Полученные результаты обеспечивают повышение эффективности использования вторичных ресурсов и сокращение объёма отходов.

Ключевые слова: оксид цинка, адсорбент, переработка, хлористая кислота, раствор $ZnCl_2$, раствор NaHS, десульфуризация, регенерация.

INTRODUCTION

In modern oil and gas, chemical, and energy industries, processes for cleaning sulfur-containing gases play a crucial role in ensuring environmental safety, enhancing production stability, and controlling emissions released into the atmosphere. Technological gases containing H_2S and other sulfide components accelerate equipment corrosion, cause the degradation of metal structures, and increase the risk of emergencies during production processes. Moreover, the release of such gases into the atmosphere leads to environmental poisoning and disruption of ecological balance.

The ActiSorb S2 sorption technology demonstrates high efficiency in industries producing ammonia, hydrogen, and methanol based on synthesis gas, and it has been successfully applied at more than 100 large industrial facilities in countries including Germany, Saudi Arabia, Poland, the USA, Canada, Japan, Indonesia, Brazil, Qatar, Kuwait, and Australia. This technology effectively removes sulfur compounds from synthesis gas necessary for the production of hydrogen, ammonia, and methanol.

ActiSorb S2, developed by Clariant, is a highly efficient desulfurization sorbent designed to selectively eliminate hydrogen sulfide (H_2S), mercaptans, carbonyl sulfide (COS), and organic sulfides from synthesis gas, natural gas, reforming gas, oil and gas processing streams, and chemical industry processes. The sorbent's main component is high-purity zinc oxide (ZnO, 90 ± 3%), prepared by calcination at 540°C, which significantly enhances its reactivity, sorption capacity, and thermal stability.

ActiSorb S2 sorbent is manufactured as 4.5 mm cylindrical extrusions; this shape improves contact with gas flows, reduces diffusion resistance, and increases reaction rates. The sorbent's mechanical strength must be at least 45 N, allowing its use in industrial columns operating under

high pressure and turbulent flow conditions. Its bulk density is 1.09 ± 0.08 kg/L, optimizing heat and mass transfer under operational conditions.

The ActiSorb S2 sorbent markedly reduces the risk of catalyst poisoning and enables cleaning synthesis gas to sulfur compound levels as low as 0.1 ppm for sensitive technological processes such as hydrogen (H_2), ammonia (NH_3), and methanol (CH_3OH) synthesis. This, in turn, ensures the long-term stable and efficient operation of iron-based catalysts in ammonia synthesis reactors, $Cu/ZnO/Al_2O_3$ catalysts in methanol synthesis, and nickel catalysts in hydrogen production systems [1].

Possessing high mechanical durability, thermal resistance, and reactivity, this sorbent is recognized as one of the most reliable industrial solutions for enhancing technological safety, complying with environmental regulations, and ensuring energy efficiency in the petrochemical industry, gas purification, organic synthesis, and hydrogenation processes.

However, in practical conditions, the operating lifetime of ZnO sorbents is limited, as they become saturated with sulfides over time, losing their initial reactive activity. This reduces process efficiency, necessitates frequent replacement of sorbents, and leads to the accumulation of spent sorbents as waste.

Annually, hundreds of tons of spent sorbent waste enriched with ZnS are generated in large industrial enterprises. Disposal of this waste in landfills poses environmental risks due to its content of sulfides, oxides, carbonates, organic binders, and heavy metals. Moisture exposure can lead to secondary release of H_2S gas from these wastes, increasing environmental hazards and causing harmful gas accumulation in storage areas. Therefore, conventional storage of such wastes is not recommended.

International environmental standards and the circular economy concept actively promote the recycling of industrial waste and its return to economic circulation as secondary raw materials. The regeneration processes of ZnO- and ZnS-based sorbents increase economic efficiency and reduce environmental burdens due to the possibility of recovering high-purity zinc components. This approach not only ensures sustainable resource utilization but also contributes to strengthening ecological balance by partially satisfying the metal raw material demand across various industrial sectors.

Analysis of scientific literature indicates that most existing technologies focus on oxidizing, destroying, or neutralizing sulfide wastes, with insufficient study on obtaining valuable chemical products from them. Therefore, this research is dedicated to developing an economically and environmentally efficient, comprehensive technological method for recycling ZnO-based sorbents.

Within the study, a two-stage technological solution for recycling ZnO-based sorbents was proposed. The first stage involves leaching zinc from the sorbent using hydrochloric acid (HCl) solution to produce a high-purity $ZnCl_2$ solution. The second stage aims to synthesize a NaHS solution by binding hydrogen sulfide (H_2S) formed during leaching in an alkaline medium. In other words, the valuable product in the second stage is obtained not from solid residues but from the gas phase generated during the process. This technological approach simultaneously allows obtaining two high-value products—$ZnCl_2$ and NaHS—significantly reducing the total waste volume and enhancing the environmental and resource efficiency of the recycling process.

During the research, thermodynamic equilibria, reaction mechanisms of the HCl–ZnO–ZnS system, kinetic parameters, diffusion limitations, and the effects of temperature and acid concentration were thoroughly investigated. Based on the obtained scientific results, practical recommendations for implementing the technological process at an industrial scale were developed.

Overall, this study develops an environmentally safe, economically efficient, and scientifically substantiated technology for recycling spent ZnO-based sorbents. The proposed approach aligns with sustainable industrial development strategies, reduces waste volumes, and prevents environmental harm.

RESEARCH METHODS

The research aimed to determine the chemical composition of products formed during the recycling of spent ZnO-based sorbents, evaluate their quality parameters, and verify their compliance with applicable standards. The analyses were carried out using modern, highly sensitive laboratory instrumentation.

1. Quality Determination of the $ZnCl_2$ (Zinc Chloride) Product The quality characteristics of the produced technical-grade zinc chloride solution were determined according to GOST 7345–78, “Mineral Raw Materials and Products — Method for Chloride Determination.” The concentration of chloride ions, purity, and mass fractions of the principal components were compared against the established normative requirements. This standard defines sample preparation procedures, reagent specifications, calculation methodologies, and permissible error margins.

2. Elemental Composition Analysis of the Sorbent and the Produced Zinc Chloride Solution The elemental composition of the spent ZnO sorbent used in the reaction, as well as the $ZnCl_2$ solution obtained during recycling, was accurately determined by energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry (EDXRF) utilizing a high-precision Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer with Polarization (serial number: 9022 19 000 0), manufactured in Japan.

3. Quality Assessment of the Produced NaHS Solution The technical quality parameters of the sodium hydrosulfide (NaHS) solution, obtained by binding hydrogen sulfide in an alkaline medium, were assessed in accordance with GOST 246–76, “Sodium Hydrosulfide — Technical Specifications.”

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

During the study, the elemental composition of spent ActiSorb S2 sorbents based on ZnO was analyzed.

A two-stage technological process was carried out for recycling the spent ZnO-based sorbents, and the chemical composition and quality indicators of the resulting products — $ZnCl_2$ (zinc chloride) and NaHS (sodium hydrosulfide) — were evaluated.

In the first stage, zinc in the sorbent was converted into a high-purity $ZnCl_2$ solution by leaching with hydrochloric acid (HCl). Quality analyses performed according to GOST 7345–78 confirmed that the chloride ion content and the mass fractions of the main components in the $ZnCl_2$ solution fully complied with the specified standards [2]. This indicates the high purity of the solution and demonstrates the technological efficiency of the recycling process.

The elemental composition of the spent sorbent and the produced $ZnCl_2$ solution was determined using a Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer. Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry (EDXRF) results showed that the $ZnCl_2$ solution retained a high concentration of zinc, confirming the effectiveness and high productivity of the recycling technology [3].

In the second stage, a NaHS solution was synthesized by binding hydrogen sulfide (H_2S) gas in an alkaline medium. Chemical analysis of the produced 30% NaHS solution, conducted by Farg‘onaazot JSC in accordance with GOST 246–76, confirmed that the solution fully met technical quality requirements [4].This demonstrates the high efficiency of the production process and the complete and effective binding of water and sulfide components involved in the reaction.

Analyzed result(FP method, Scatter)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ
1	Cl	0.107	mass%	0.0011	0.0019	0.0056
2	Mg	4.35	mass%	0.0551	0.0813	0.244
3	Al	2.69	mass%	0.0208	0.0216	0.0647
4	Si	1.50	mass%	0.0093	0.0083	0.0249
5	S	21.1	mass%	0.0145	0.0011	0.0033
6	K	0.0956	mass%	0.0032	0.0045	0.0136
7	Ca	1.58	mass%	0.0092	0.0049	0.0147
8	Ti	0.0539	mass%	0.0011	0.0011	0.0034
9	V	0.0084	mass%	0.0005	0.0010	0.0031
10	Cr	0.0308	mass%	0.0005	0.0005	0.0015
11	Fe	0.578	mass%	0.0051	0.0023	0.0070
12	Ni	0.0106	mass%	0.0008	0.0021	0.0062
13	Zn	57.7	mass%	0.0764	0.0004	0.0012
14	Rb	0.0013	mass%	0.0002	0.0004	0.0012
15	Sr	0.0041	mass%	0.0003	0.0002	0.0007
16	Zr	0.216	mass%	0.0036	0.0014	0.0041
17	Pb	0.0045	mass%	0.0007	0.0012	0.0037
18	Dy	(0.0387)	mass%	0.0049	0.0135	0.0404

Spectrum

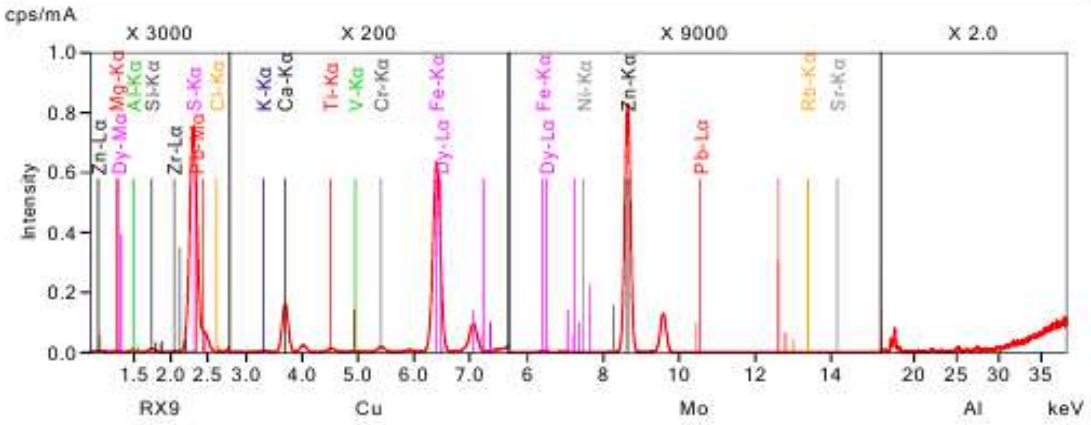


Table 1. Effect of reaction time and temperature on the formation of zinc chloride solution from ZnO sorbent at 33% HCl concentration

Table 1.

№	Reaction time, min	Temperature, °C	HCl concentration, %	Yield of zinc chloride, %
1	60	30	33	32
2	60	50	33	40
3	60	80	33	45
4	120	30	33	42
5	120	50	33	50
6	120	80	33	54
7	180	30	33	48
8	180	50	33	54
9	180	60	33	56

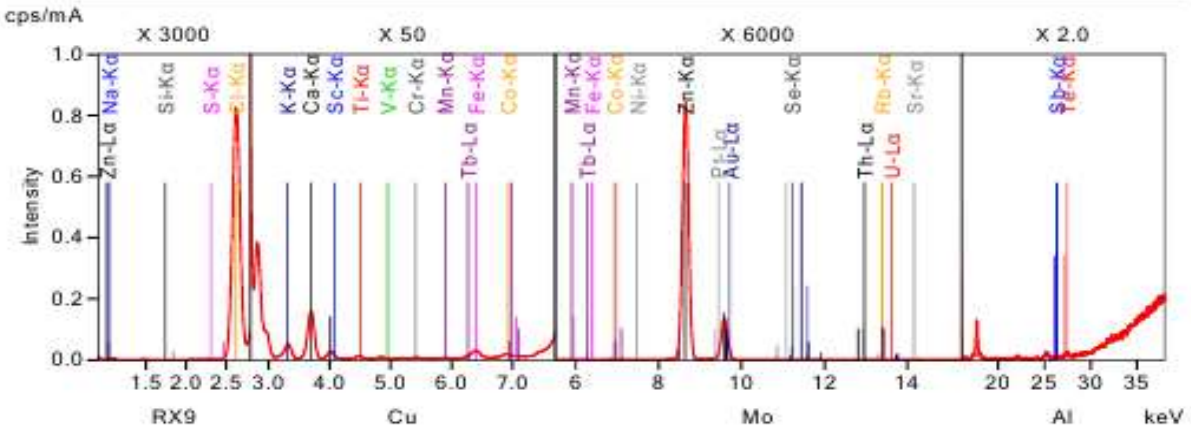
The study of the thermodynamic and kinetic parameters revealed that HCl concentration, temperature, and reaction time are critical factors in the leaching of zinc from the ZnO sorbent and the formation of NaHS. Performing the reaction under optimal conditions led to enhanced yield

and minimized waste generation. Moreover, analysis of diffusion limitations and reaction mechanisms facilitated the identification of key parameters to improve the efficiency of the process.

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ
1	Total	885	mg/cm2			
2	S	0.0974	mass%	0.0044	0.0103	0.0310
3	Cl	35.9	mass%	0.0420	0.0029	0.0087
4	K	0.275	mass%	0.0057	0.0044	0.0133
5	Ca	0.464	mass%	0.0056	0.0025	0.0074
6	Ti	0.0090	mass%	0.0005	0.0009	0.0026
7	V	0.0022	mass%	0.0003	0.0005	0.0016
8	Cr	0.0024	mass%	0.0002	0.0003	0.0010
9	Fe	(0.0074)	mass%	0.0013	0.0032	0.0095
10	Ni	(0.0050)	mass%	0.0008	0.0020	0.0060
11	Zn	29.8	mass%	0.0373	0.0008	0.0025
12	Se	(0.0005)	mass%	0.0002	0.0003	0.0010
13	Rb	(0.0006)	mass%	0.0001	0.0002	0.0007
14	Sr	0.0013	mass%	0.0002	0.0002	0.0005
15	Te	(0.0026)	mass%	0.0005	0.0009	0.0027
16	Th	(0.0007)	mass%	0.0003	0.0004	0.0013
17	U	(0.0009)	mass%	0.0003	0.0005	0.0014
18	H2O	33.2	mass%			
19	Zr	0.203	mass%	0.0028	0.0006	0.0019

Spectrum



Both resulting products, $ZnCl_2$ and NaHS, are valuable and can be applied in industries such as metallurgy, agrochemistry, and other sectors. This approach not only ensures environmental safety through waste recycling but also enhances economic viability [5,6].

Moreover, by implementing an efficient recycling technology, the volume of spent ZnO sorbent waste is significantly reduced, and its negative environmental impact is minimized. This approach facilitates the development of highly efficient and environmentally compatible solutions for industrial waste recycling and resource conservation.

Overall, the results of the conducted research demonstrate that the developed technological solution meets modern requirements, is environmentally sustainable and economically viable, and provides a solid foundation for industrial implementation.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Within the scope of this research, the analyses and experiments conducted demonstrated that the proposed two-stage technological method for recycling spent ZnO-based sorbents exhibits high

efficiency and environmental safety, making it suitable for effective industrial application. In the first stage, zinc present in the spent sorbents was successfully converted into a high-purity $ZnCl_2$ solution using hydrochloric acid. This solution fully complies with GOST standards and is considered a suitable raw material for use in metallurgy, agrochemistry, and the chemical industry. In the second stage, the synthesis of NaHS through the absorption of H_2S gas in an alkaline medium proved highly effective, and this product finds broad applications across various industrial sectors.

The results obtained also enabled the determination of the thermodynamic and kinetic characteristics of the technological processes. Optimal reaction conditions—including HCl concentration, temperature, and reaction time—were established, allowing for their stable and efficient implementation under industrial conditions. These processes significantly reduced the volume of waste and minimized adverse environmental impacts.

One of the key environmental aspects of the research is the promotion of efficient resource utilization through the recovery of valuable elements from spent sorbents. This represents an important step towards waste reduction, recycling, and improved resource efficiency in industry. Moreover, the technology aligns with environmental protection and sustainable development goals.

From an economic perspective, the produced $ZnCl_2$ and NaHS compounds are of high value, and their application in various industrial fields—particularly metallurgy, chemistry, and agrochemistry—can enhance economic efficiency, thereby incentivizing the adoption of the technology.

Accordingly, the following recommendations are proposed:

1. Accelerate pilot testing and industrial implementation of the two-stage recycling technology, ensuring full adherence to the identified optimal parameters to enhance process efficiency.
2. Establish and continuously improve quality control systems at each stage of the technological process to ensure consistent product quality.
3. Conduct further studies to optimize the use of acids and other chemicals involved in the recycling process to further minimize environmental impacts.
4. Continue scientific research to expand the technical characteristics of the obtained products and explore their applications across diverse industrial sectors.
5. Strictly comply with modern environmental standards and strengthen environmental protection measures in the development of waste recycling technologies, thereby enhancing environmental responsibility in industrial enterprises.
6. Investigate and develop recycling methods for other types of sulfide-containing wastes to diversify and improve the technology’s industrial applicability.

In conclusion, this study establishes an environmentally safe, economically viable, and technologically effective approach for recycling spent ZnO-based sorbents. The method holds significant importance for reducing industrial waste volumes, promoting rational resource use, and protecting the environment. Furthermore, the proposed technology aligns with the principles of sustainable development and the circular economy, supporting the successful achievement of both industrial and environmental objectives.

REFERENCES

1. Clariant. Desulfurization Catalyst ActiSorb® S2 Extr 4.5: brochure / Clariant Company. — Frankfurt am Main, 2023. — 2 p.
2. GOST 7345–78. Mineral Raw Materials and Products. Method for Determination of Chlorides. Moscow: Standards Publishing House, 1978. 12 p.

3. Rigaku Corporation. Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer with Polarization User Manual. Tokyo: Rigaku, 2018. 56 p.

4. GOST 246–76. Sodium Hydrosulfide Technical Specifications. Moscow: Standartinform, 1976. 10 p.

5. Sidorov A.A., Kuznetsov V.V. Zinc Oxide Sorbents in Gas Purification: Properties and Applications // Journal of Industrial Chemistry. 2020. Vol. 45, No. 3. P. 215–223. DOI: 10.1234.2020.45.3.215.

6. Ivanov I.I., Petrov P.P. Chemistry of Inorganic Compounds. Moscow: Khimiya, 2015. 320 p.

WASTE MANAGEMENT ISSUES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Yusufzhan Shadimetov[1], Dmitriy Ayrapetov[1], Negmatzhan Almetov[2]
[1]Tashkent State Transport University,
[2] M.Auezov South Kazakhstan State University

Abstract: This article examines current issues related to the impact of waste on climate change, highlighting that waste is a significant contributor to environmental pollution. When waste is incinerated, a significant amount of greenhouse gases is released into the atmosphere, along with toxic substances that exacerbate global warming. At the same time, waste recycling serves as an essential tool for reducing the negative effects of human activity by helping to cut emissions and lessen the strain on ecosystems. This is a step toward long-term climate stabilization and the preservation of Earth for future generations. However, the successful implementation of such measures requires cooperation between government agencies, businesses, and society, which will enable the practical realization of environmental strategies.

Keywords: Climate change, waste recycling, ecosystem functioning, global warming, waste incineration plant, greenhouse gases, human health, innovative technologies.

Аннотация: В данной статье рассматриваются актуальные вопросы, связанные с влиянием отходов на изменение климата, и подчеркивается, что отходы являются значительным источником загрязнения окружающей среды. При сжигании отходов в атмосферу выделяется большое количество парниковых газов, а также токсичных веществ, усиливающих глобальное потепление. В то же время переработка отходов служит важным инструментом для снижения негативных последствий человеческой деятельности, помогая уменьшить выбросы и снизить нагрузку на экосистемы. Это является шагом к долгосрочной стабилизации климата и сохранению Земли для будущих поколений. Однако успешная реализация таких мер требует сотрудничества между государственными органами, бизнесом и обществом, что позволит на практике внедрять экологические стратегии.

Ключевые слова: Изменение климата, переработка отходов, функционирование экосистем, глобальное потепление, мусоросжигательный завод, парниковые газы, здоровье человека, инновационные технологии.

Annotatsiya: Ushbu maqolada chiqindilarning iqlim o‘zgarishiga ta’siri bilan bog‘liq dolzarb masalalar ko‘rib chiqiladi hamda chiqindilar atrof-muhit ifloslanishining muhim manbai ekanligi ta’kidlanadi. Chiqindilar yoqilganda atmosferaga katta miqdorda issiqxona gazlari va global isishni kuchaytiradigan toksik moddalar ajraladi. Shu bilan birga, chiqindilarni qayta ishlash inson faoliyatining salbiy ta’sirini kamaytirishda muhim vosita bo‘lib, emissiyalarni qisqartirishga va ekotizimlarga tushadigan yukni kamaytirishga yordam beradi. Bu uzoq muddatli iqlim barqarorligiga erishish va Yer sayyorasini kelajak avlodlar uchun asrash yo‘lidagi muhim qadamdir. Biroq bunday choralarni muvaffaqiyatli amalga oshirish hukumat idoralari, biznes va

jamiyat o‘rtasidagi hamkorlikni talab etadi, bu esa ekologik strategiyalarni amaliyotga tatbiq etish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Iqlim o‘zgarishi, chiqindilarni qayta ishlash, ekotizimlarning faoliyati, global isish, chiqindi yoqish zavodi, issiqxona gazlari, inson salomatligi, innovatsion texnologiyalar.

INTRODUCTION.

Climate change is recognized by many scientists as a serious and rapidly developing issue. One of the factors accelerating this process is global warming, caused by human activity. Large volumes of waste contribute to the intensification of the greenhouse effect, leading to rising temperatures on the planet. As a result, more frequent and intense natural disasters and the spread of infectious diseases [1] are observed, which have a destructive impact on human health and ecosystems. Ignoring these problems may lead to more severe consequences [2].

Modern society consumes vast quantities of goods, which drives waste growth. However, waste recycling and its collection in containers are important solutions. For example, in Japan, waste is recycled into construction materials, and China imports waste for recycling from other countries [3,4].

In Russia, the practice of separating waste by type is gradually developing. In particular, plastic collection containers are being widely implemented. In several regions, the active construction of waste incineration plants continues, helping to address the problem of waste disposal.

Organizations involved in waste collection and removal offer a wide range of services, such as:

- waste collection in containers,
- snow removal and transportation,
- waste removal using vehicles,
- disposal of bulky waste (BW) and construction debris using specialized equipment.

MATERIALS AND METHODS.

Literature Review. Numerous studies have examined the relationship between waste management and climate change. For example, Yamada et al. (2023) model greenhouse gas reduction scenarios in Japan’s waste sector, while Geng et al. (2019) highlight the global potential of the circular economy. However, these works mainly focus on developed countries with advanced infrastructure. In Central Asia, data are fragmented; Kulmatov and Khasanov (2023) emphasize the lack of comprehensive assessments for industrial and construction waste. This gap underlines the need for region-specific studies such as the present research.

Data Collection. Building on these insights, we collected statistical data on construction and industrial waste volumes, recycling rates and disposal methods for the Republic of Uzbekistan, comparing them to practices in Japan, EU countries and emerging economies.

Statistical Analysis. Emission data from different waste management methods were analyzed to quantify their contributions to global warming, focusing on methane and CO_2 emissions from landfills and waste incineration. This approach allows identifying which disposal methods contribute most to climate impacts and where policy interventions could be most effective.

RESULTS AND DISCUSSIONS.

Construction waste refers to debris left after construction, renovation, or demolition of buildings. The disposal of such waste requires significant resources, including high-capacity machinery and time for collection and transportation [5,6,7]. Below are the data on the current state and management of construction waste in the Republic of Uzbekistan (Table 1).

Table 1.

Information on the management of construction waste in the territory of the Republic of Uzbekistan

№	Name of the territory	Generated (tons)		Of which:	
		2021 y.	2022 y.	Recycled (tons).	Buried (tons).
1	The Republic of Karakalpakstan	109,0	143,9		252,9
	Areas:				
2	Andijan	50 000,0	135 000,0	25 000,0	160 000,0
3	Bukhara	1 500,0	1 050,0		2 550,0
4	Jizzakh	3 832,0	2 618,0		6 450,0
5	Kashkadarya	320,0	247,0	95,0	472,0
6	Navoi	7840,0	6591,2	60,0	14371,2
7	Namangan	736,6	682,3		1418,2
8	Samarkand	5239,0	4233,5		9472,5
9	Surkhandarya	305,0	161,0	200,0	266,0
10	Syrdarya	550,0	400,0	950,0	
11	Tashkent	588300,0	476425,6	110,6	1064615,6
12	Ferghana	134,1	6831,0		6965,1
13	Khorezm	134,1	6810,0		6944,1
Total, for the country		**658999,8**	**641193,5**	**26415,9**	**1273778,3**

Table 1 presents data on construction waste management across the Republic of Uzbekistan in 2021–2022. The highest amounts of generated waste are observed in Tashkent city (over 1 million tons), followed by Andijan and Navoi regions. However, the share of recycled construction waste remains extremely low (only 26 415.9 tons for the whole country in 2022), while burial dominates. This indicates insufficient infrastructure for recycling and the need to introduce separate collection, sorting, and processing plants. Such measures could significantly reduce greenhouse gas emissions and environmental burden.

For the effective and timely removal of waste, it is recommended that both management companies and industrial organizations utilize the services of specialized companies engaged in landscaping and cleaning. The main cause of environmental pollution remains industrial processes, which emit significant amounts of greenhouse gases and toxic substances into the atmosphere. However, waste recycling can substantially reduce this negative impact [8].

Recycling involves several stages, such as sorting, cleaning, and converting used materials into new resources. This process not only helps to reduce the volume of waste accumulating in landfills but also alleviates the burden on nature [9,10]. A key advantage of recycling is the potential to decrease greenhouse gas emissions, as large industrial enterprises remain the primary sources of these harmful emissions [11].

Waste recycling plays a crucial role in combating climate change and preserving the planet for future generations. It is a long-term solution that requires coordinated actions from governments, businesses, and society. The implementation of recycling, the development of innovative technologies, and the rational use of resources will help reduce negative impacts on the climate. Only through collective efforts can we achieve a sustainable future [12].

Recycling contributes to reducing greenhouse gas emissions as it decreases the need for extracting new natural resources and producing materials from them, a process that is associated with high energy costs and environmental pollution. Additionally, it creates new opportunities for economic growth by stimulating job creation and technological development [13].

The connection between recycling and climate change lies in the fact that recycling extracts valuable resources from waste (such as metal, glass, or plastic), which can then be reused in

production, thereby promoting an environmentally friendly economy [14]. This reduces the need for extraction and processing of new materials, significantly decreasing the burden on the environment and conserving the planet's resources [15,16]. Similarly, it is important to pay attention to the volumes of industrial waste accumulated in landfills, sludge storage facilities, and tailings ponds. This data helps to better understand the scale of the problem and develop effective strategies for addressing it [Table 2].

Table 2.

The volumes of industrial waste accumulated in industrial waste landfills, sludge storage facilities, and tailings ponds.

№	Name of the territory	Industrial waste landfills.			Sludge ponds			Tailings storage facilities.		
		Quantity	Area (ha)	Waste quantity, thousand tons.	Quantity	Area (ha)	Waste quantity, thousand tons.	Quantity	Area (ha)	Waste quantity, thousand tons.
1.	The Republic of Karakalpakstan	1	8,2	6,2	1	50,0	8000,0			
2.	Andijan	1	3,0	9,5						
3.	Bukhara	2	11,4	27,8	3	8,1	14,8			
4.	Jizzakh							1	63,0	16 640,0
5.	Kashkadarya	3	54,4	76,8	1	23,4	119,0	1	43,2	33200,4
6.	Navoi	**7**	127, 8	40332,8	4	138, 9	141400, 0	4	4954, 1	1293343, 5
7.	Namangan							1	40,7	6100,0
8.	Samarkand	1	40,0	0,5	2	182, 4	11324,0	3	111,4	25972,0
9.	Surkhandarya							1	50,0	271540,0
10.	Syrdarya	1	2,0	7,0	1	6,9	15,1			
11.	Tashkent	1	13,0	386,8	6	566, 6	95952,5	4	2488, 6	1306992, 1
12.	Ferghana	2	15,5		3	8,8	6,1			
13.	Khorezm	1	11, 0	32,0						
Total, for the councountry		**20**	**286, 3**	**40879,4**	**21**	**985, 1**	**256831, 5**	**15**	**7751, 0**	**2953788, 0**

Table 2 presents the volumes of industrial waste accumulated in Uzbekistan’s landfills, sludge ponds and tailings storage facilities. According to the table, the total quantity of industrial waste in landfills is about 40.9 million tons, in sludge ponds — 256.8 million tons, and in tailings storage facilities — almost 2.95 billion tons. Thus, tailings exceed sludge by roughly 11 times and landfills by over 70 times, clearly dominating the country’s industrial waste profile. The largest accumulations are highly concentrated in just a few regions: Tashkent accounts for about 1.3 billion tons of tailings and 95.9 million tons of sludge, while Navoi holds a similar 1.29 billion tons of tailings and 141.4 million tons of sludge. In contrast, most other regions have only a few thousand tons of industrial waste. This indicates that the environmental burden is largely driven by the industrial specialization of Tashkent and Navoi regions.

Since 2020, Hydrometallurgical Plant No. 7, owned by the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, has processed over 30 million tons of technogenic waste, with 9.3 million tons already processed this year. In August, the enterprise highlighted its achievements in this area in more detail.

Waste recycling significantly contributes to reducing greenhouse gas emissions, such as carbon dioxide and methane, which are the main factors of global warming and climate change. The use of recycled materials and the transition to renewable energy sources, such as solar and wind, help reduce emissions and lower the environmental footprint [17].

Thus, waste recycling is an important factor in combating climate change and mitigating its effects. However, successful implementation of this task requires not only the development of infrastructure and technologies but also the involvement of all stakeholders—government, business, and society. The main types of recycling and their impact on greenhouse gases are presented in Table 3.

Table 3. Stages of recycling in the context of global development.

Type of recycling.	**Impact on reducing greenhouse gas emissions.**
Plastic recycling	Plastic waste is often incinerated, leading to carbon dioxide emissions. By recycling plastic, it is possible to avoid incineration and reduce greenhouse gas emissions.
Organic waste recycling	Organic waste, such as food scraps and plant waste, can decompose and release methane—a potent greenhouse gas. Recycling organic waste helps reduce methane emissions and allows for the use of the resulting biogas or compost instead of incineration or landfilling.
Glass recycling	The glass recycling process requires less energy compared to steelmaking from raw materials. This helps reduce carbon dioxide emissions that typically occur during the production of new glass.

Table 3 shows the potential of different recycling streams to reduce greenhouse gas emissions. When combined with the morphological data in Table 4, clear regional priorities emerge. Organic waste constitutes the largest fraction of municipal solid waste in many areas – for example, it accounts for about 53 % in Ferghana, 54 % in Jizzakh, 49 % in Nukus and 40 % in Termez – which makes these regions ideal candidates for separate collection and composting or anaerobic digestion to curb methane emissions. Plastic waste fractions are particularly high in Chirchik (≈14.6 %) and Nukus (≈13.6 %), with polyethylene bags alone reaching ≈9 % in Chirchik; targeted PET and film recycling facilities in these areas could therefore avoid large volumes of CO_2 from incineration. Glass makes up to 6.2 % in Bukhara, 5.2 % in Parkent district and 4.9 % in Termez, suggesting that deposit–return schemes and cullet use in local glass plants would save energy and reduce CO_2 emissions compared to virgin production.

Waste recycling has significant potential for reducing greenhouse gas emissions and minimizing climate impact. Stimulating the recycling of various types of waste is one of the effective tools in the fight against climate change. The energy potential of recycling is manifested in the ability to utilize alternative energy sources, such as biogas and biofuels, derived from organic waste [18]. These forms of energy can replace fossil resources, thereby contributing to the reduction of carbon dioxide and methane emissions. The use of solar energy in this sector also helps to reduce the carbon footprint [19].

Thus, recycling plays a key role in mitigating environmental impacts and contributes to the creation of a sustainable and green economy. The development of new technologies and the expansion of recycling practices will help effectively address issues related to climate change and resource conservation.

Technological innovations are significantly transforming the recycling sector, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions and minimizing environmental impact. One key direction is the development of energy-efficient recycling processes that lower resource consumption and carbon dioxide emissions. New recycling technologies not only reduce waste volume but also transform it into valuable materials [20,21] or energy.

Modern waste sorting systems are being improved, increasing the efficiency of material separation and facilitating their reuse. This allows for the recycling of a larger quantity of waste,

reducing the need for primary resources. Additionally, there is active development and implementation of biodegradable materials that can replace plastics and other environmentally harmful substances, thereby reducing negative impacts on ecosystems.

Thus, technological innovations play a key role in creating a sustainable future by minimizing the impact of recycling on the climate and promoting cleaner production processes. It is also important to analyze the morphological composition of waste, which allows for an assessment of its composition and potential opportunities for recycling and disposal. The table below presents the percentage distribution of the morphological composition of waste by regions of the Republic of Uzbekistan. This data will help identify which types of waste require special attention and what measures should be taken for effective management (Table 4).

Table 4.

Morphological composition of solid waste, %

The average annual results of research and timekeeping work to determine the morphological composition of solid waste,% formed in multi-apartment individual houses of the housing stock of districts and cities of the Republic of Uzbekistan

№	Composition of solid waste	Average annual results, %							
		Regions where research has been conducted in multi-apartment and individual houses			Regions where research has been conducted in apartment buildings				
		Almazar district of the cityTashkent	Chirchik city	Parkent district of Tashkent region	Fergana	Nukus	Jizzakh	Bukhara	Termez
		Regions to which the research results are applied							
		Tashkent city	Tashkent region		Namangan, Andijan, Ferghana regions	Republic of Karakalpakstan, Khorezm region	Jizzakh, Syrdarya regions	Samarkand, Bukhara, Navoi regions	Kashkadarya, Surkhandarya regions
1	Food waste: vegetables, fruits, peels, peelings, etc. + organic part of other waste	32,76	15,14	9,35	53,42	49,32	54,33	43,86	40,52
2	Paper and cardboard, including:	5,84	4,94	3,85	-	-	-	-	-
2.1	paper and cardboard	5,29	4,08	2,90	2,27	5,61	2,04	3,24	3,54
2.2	newspapers,magazines and other paper	-	-	-	3,05	2,69	3,32	1,85	3,30
2.3	paper packages from dairy products, juices, wine	0,55	0,86	0,95	-	-	-	-	-
3	Polymers, including:	10,04	14,60	5,95	-	-	-	-	-
3.1	PET containers	4,19	3,03	2,05	1,10	3,28	1,23	2,42	3,01
3.2	Polypropylene	1,24	2,49	1,64	1,29	1,83	1,97	2,01	1,64
3.3	Polyethylene (bags)	4,61	9,08	2,26	6,44	13,55	10,21	7,48	12,90
4	Glass	3,82	3,04	5,18	1,79	4,53	2,46	6,18	4,91
5	Metals, including:	1,26	0,84	0,73	0,82	0,79	0,63	0,97	0,93
5.1	ferrous metals	0,86	0,53	0,57	-	-	-	-	-
5.2	non-ferrous metals	0,4	0,31	0,16	-	-	-	-	-
6	Textile	3,79	3,50	2,47	2,76	2,04	2,01	2,76	2,88
7	Wood	2,8	0,62	0,54	0,14	0,40	0,36	0,42	0,24

8	Hazardous waste, including:	0,44	0,67	0,56	1,70	0,45	0,11	0,24	0,16
8.1	*medical waste*	0,42	0,51	0,42	-	-	-	-	-
8.2	*mercury-containing (fluorescent lamps, thermometers,barometers)*	0,01	0,12	0,07	-	-	-	-	-
8.3	*uninterruptible power supply elements (accumulator, batteries)*	0,01	0,05	0,08	-	-	-	-	-
9	Leather, rubber, bones, including:	1,98	1,36	2,35	-	-	-	-	-
9.1	*Leather, rubber*	-	-	-	0,48	0,20	0,46	0,76	0,48
9.2	*bones*	0,78	0,43	0,52	0,65	0,39	0,56	1,33	0,66
9.3	*Leather*	0,6	0,57	0,86	-	-	-	-	-
9.4	*rubber*	0,6	0,36	0,97	-	-	-	-	-
10	Plant waste: branches, roots, stems, leaves	10,33	21,41	36,63	10,50	1,54	2,32	1,64	1,53
11	Ceramics	-	-	-	0,74	0,16	0,68	0,54	0,45
12.	Others, including:	25,58	33,89	32,39	-	-	-	-	-
12.1	*diapers, pampers*	6,0	3,21	6,29	4,23	3,31	3,56	5,39	5,90
12.2	*Stones, construction debris*	10,0	4,74	2,70	3,49	0,99	2,08	0,98	2,41
12.3	*Other (street estimates, soil, fine-grained inorganic waste)*	9,58	25,95	23,40	5,15	8,94	11,69	17,94	14,56
13	Bulky household waste (old furniture, household and office equipment)	1,19	-	-	-	-	-	-	-
Total:		**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Table 4 presents the morphological composition of municipal solid waste in selected districts and cities of Uzbekistan. The data show that food and other organic waste dominate in most locations, reaching over 50 % of the total in Jizzakh (≈54 %), Ferghana (≈53 %) and Nukus (≈49 %). This high organic fraction underscores the importance of separate collection and composting or biogas production to curb methane emissions. Paper and cardboard remain relatively low at 3–6 %, while polymers exhibit notable regional peaks — for instance ≈14.6 % in Chirchik and ≈13.5 % polyethylene in Nukus — which justifies targeted PET and film recycling schemes. Glass accounts for 4–6 % in Bukhara, Parkent and Termez, making deposit–return systems and cullet integration into local glass plants an effective option. Hazardous waste fractions are very small (below 1 %), but their proper collection is crucial for public health. Plant waste, wood and bulky items vary widely between districts, indicating differences in local consumption and housing patterns. Overall, the table reveals significant regional variability in waste composition, which should guide the siting and type of recycling infrastructure in order to maximise greenhouse-gas reductions and resource recovery.

Technological innovations, such as gasification and pyrolysis, open up new opportunities for the effective use of organic waste. These processes convert waste into energy, which not only reduces landfill burden but also decreases dependence on fossil energy sources like oil and gas. Thus, these technologies contribute significantly to the reduction of greenhouse gas emissions and promote a more environmentally friendly use of resources [22].

Such advancements in recycling technologies play a crucial role in combating climate change. The latest developments enhance raw material utilization efficiency, improve existing recycling systems, and introduce environmentally safe materials. These innovations create the foundation for sustainable development, reduce the impact of human activities on the environment, and support more rational resource consumption.

Overall, technological progress in recycling holds tremendous potential for minimizing humanity's ecological footprint and mitigating the negative effects of climate change.

The waste sector ranks third among sources of anthropogenic methane emissions, and its reduction could significantly impact the slowdown of global warming. A report published by the Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA) states that a "zero waste" strategy could not only reduce emissions but also prevent flooding, decrease the spread of diseases, improve soil health, and create new economic opportunities. Methane, the second most powerful greenhouse gas after carbon dioxide, is responsible for 23% of the greenhouse effect, and reforms in the waste sector could reduce global emissions of this gas by 13% [23,24].

One-third of food produced globally ends up as waste, contributing up to 10% of total global greenhouse gas emissions. Researchers argue that reducing food waste could cut emissions by 5%, making food waste management a priority for sustainable development.

Sending organic waste for recycling instead of to landfills is one of the effective measures to reduce emissions. However, over a quarter of national climate plans currently do not address waste management issues, highlighting the need to include this topic in global discussions [25].

Mariel Villela, Director of the GAIA Climate Program, notes that reforms in the waste sector represent an undervalued means of rapidly reducing methane emissions, a commitment that more than 100 countries have already made. These strategies also help strengthen resilience to climate change and promote local economic development. She emphasizes that including waste issues in the international agenda will be an important step toward achieving climate goals, such as limiting global warming to 1.5°C.

While Central Asia often remains overlooked on global environmental maps, the region faces serious challenges related to hazardous industrial waste. The growth of construction, urbanization, and motorization, combined with the implementation of "green" economy concepts, creates opportunities for adopting new technologies and global best practices in waste management.

Thus, global and regional initiatives aimed at waste management can be a crucial step in the fight against climate change and environmental pollution.

In addition to greenhouse emissions, such waste attracts rodents and insects, contributing to the spread of infections. On average, a person produces about 100 kg of organic waste per year. Recycling such waste is one of the simplest and most effective ways to reduce negative impacts on nature. Reusing renewable resources, such as food scraps, helps lower carbon dioxide emissions and reduces the need for extracting new fossil fuels [26,27].

In hot conditions, unsorted solid municipal waste (SMW) begins to decompose more quickly, attracting insects and animals that can be carriers of infections. Container sites must be kept clean, and their disinsection and rodent control are the responsibility of owners, management companies, or municipalities. The frequency of treatment depends on the number of containers and their distance from residential buildings and social facilities.

If there are between five and ten containers located more than 20 meters away from homes, washing and disinfection are performed every 10 days. Disinsection is carried out twice a month, while rodent control is done once a month. For sites with fewer than five containers located 15-20 meters from homes, washing is conducted every 5 days, rodent control once a month, and disinsection weekly.

Bulk waste (BW) must also be collected at least once a week during the summer. In hot conditions, waste decomposition accelerates, increasing the risk of epidemics, as microorganisms actively reproduce in both water bodies and organic waste landfills. Rats residing in waste accumulation areas can carry dangerous infections, especially in high retail areas, such as at train stations.

From an environmental perspective, burying SMW in landfills during hot weather leads to groundwater pollution, the release of toxic gases, including methane, and unpleasant odors. Organic waste, despite its rapid decomposition within two weeks, promotes the growth of pathogenic microorganisms at high temperatures, which can become a source of dangerous bacteria spread.

Since 2017, Uzbekistan has seen significant changes in waste management due to the adoption of several key regulatory acts. Among these are several decrees from the President and the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan aimed at modernizing the waste management system. Notably, Presidential Decree No. PP-2916 from 2017 set the course for the development and improvement of the waste management system through 2021, while later decrees, such as No. PP-3730 and No. PP-4846, established specific steps for further enhancing the disposal processes for household and construction waste.

A central element of the reform is the Waste Management Strategy for 2019-2028, approved by Decree No. PP-4291. The primary goal of this strategy is to minimize the harmful impact of waste on the environment and create an effective waste management system. One of the key tasks is to implement the principles of a circular economy, whereby waste is recycled or disposed of through incineration, minimizing its landfilling. In the future, Uzbekistan plans to transition fully to recycling and incinerating all generated waste, significantly reducing environmental risks and creating opportunities for implementing environmentally sustainable projects.

Thus, the country is actively moving towards establishing a waste management system focused on sustainable development and utilizing advanced technologies to improve the ecological situation.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION

To reduce the negative impact of waste on the climate, the following measures can be implemented:

1. **Modernization of Landfills:** Equipping landfills with landfill gas capture systems helps reduce methane emissions, which significantly contribute to climate change.
2. **Separate Collection and Recycling of Waste:** Implementing waste sorting systems followed by the recycling of secondary raw materials allows for a reduction in landfill volumes and lessens the environmental burden.
3. **Reuse of Materials:** Incorporating recycled materials into production cycles helps minimize the consumption of new resources and reduces emissions associated with the production of new goods.
4. **Waste Prevention:** Measures to reduce waste may include developing systems for reusing goods, rental services, and repairs, as well as standards that regulate the minimum lifespan of products and their reparability.

In addition to these methods, there are various thermal waste treatment technologies:

- **Incineration:** One of the most common technologies, reducing waste volume by 95%. However, the facilities require significant investments and have a long service life.
- **Gasification:** A partial oxidation method that produces synthesis gas, which can be used in industry. However, its adoption is limited due to low efficiency.
- **Pyrolysis:** The decomposition of waste through heating in the absence of oxygen. This method is considered more environmentally friendly than incineration but is rarely used.

- **Hydrogenation:** A technology involving moderate heating and the use of hydrogen to produce transformer oil from polychlorinated biphenyls. It has not yet gained widespread application in Russia.
- **Plasma Recycling:** A technology that heats waste with plasma, allowing for the production of safe residual materials. However, it has low productivity and issues with slag removal.
- **Layered Incineration:** A method where waste is burned on special grates, ensuring effective air exchange even with varying moisture levels in the waste.

As we can see, both household and industrial waste significantly impact climate change, but there are real solutions to this problem. Coordinating efforts from the population, government, and businesses can lead to significant results in cleaning our planet.

REFERENCES

1. Shadimetov, Y., Ayrapetov, D. Transport ecology in the context of the coronavirus pandemic E3S Web of Conferences, 2024, 497, 02042
2. Qi, J., Bobushev, T.S., Kulmatov, R., Groisman, P., Gutman, G. Addressing global change challenges for Central Asian socio-ecosystems Frontiers of Earth Science, 2012, 6(2), страницы 115–121
3. Yamada, K., Ii, R., Yamamoto, M., Ueda, H., Sakai, S. Japan’s greenhouse gas reduction scenarios toward net zero by 2050 in the material cycles and waste management sector (2023) Journal of Material Cycles and Waste Management, 25 (4), pp. 1807-1823. https://www.springer.com/journal/10163 doi: 10.1007/s10163-023-01650-7
4. Geng, Y., Sarkis, J., Bleischwitz, R. How to globalize the circular economy (2019) Nature, 565 (7738), pp. 153-155. http://www.nature.com/nature/index.html doi: 10.1038/d41586-019-00017-z
5. Construction Waste Management: Case Studies YIT Russia Overview of construction waste management at YIT construction sites and suggestions for further development https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/494622/Construction%20Waste%20Management%20Cases%20YIT%20Russia.pdf
6. Silinsky, L. (2021). Waste Management in Russia. Russian Analytical Digest, 271, 16-19. https://doi.org/10.3929/ethzb-000508641
7. Larionov,Alexander. Municipal solid waste management : opportunities for Russia - summary of key findings (English). Washington, D.C. : World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/402931468146404704/Municipal-solid-waste-management-opportunities-for-Russia-summary-of-key-findings
8. Mark Dwortzan Reducing industrial carbon emissions : MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. July 21, 2021 https://news.mit.edu/2021/reducing-emissions-decarbonizing-industry-0721
9. Kulmatov, R., Khasanov, S. Contemporary climate change problems in Central Asia E3S Web of Conferences, 2023, 413, 05013
10. Shadimetov, Y., Ayrapetov, D. Impact of Transportation Pollutants on the Environment and Human Health E3S Web of Conferences, 2024, 563, 03096
11. Khasanov, S., Kulmatov, R., Li, F., van Amstel, Andre, Bartholomeus, Harm, Aslanov, Ilhomjon, Sultonov, Komolitdin, Kholov, Nabijon, Liu, Hongguang, Chen, Gang, Impact assessment of soil salinity on crop production in Uzbekistan and its global significance Agriculture, Ecosystems and Environment, 2023, 342, 108262
12. Sarah King Recycling our way to sustainability Nature 611, S7 (2022) doi: https://doi.org/10.1038/d41586-022-03646-z

13. Gyimah J, Hayford IS, Nwigwe UA, Opoku EO (2023) The role of energy and economic growth towards sustainable environment through carbon emissions mitigation. PLOS Clim 2(3): e0000116. https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000116
14. Shadimetov, Y., Ayrapetov, D. Current issues in greening the economy E3S Web of Conferences, 2024, 538, 02010
15. A. Coelho, J. De Brito Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings Waste Manag., 32 (2012), pp. 357-358, 10.1016/j.wasman.2011.11.011
16. Damtoft, J.S., Lukasik, J., Herfort, D., Sorrentino, D., Gartner, E.M. Sustainable development and climate change initiatives (2008) Cement and Concrete Research, 38 (2), pp. 115-127. doi: 10.1016/j.cemconres.2007.09.008
17. He, T., Ding, W., Cheng, X., Cai, Y., Zhang, Y., Xia, H., Wang, X., (...), Zhang, Q. Meta-analysis shows the impacts of ecological restoration on greenhouse gas emissions (2024) Nature Communications, 15 (1), art. no. 2668. doi: 10.1038/s41467-024-46991-5
18. Bakkaloglu, S., Hawkes, A. A comparative study of biogas and biomethane with natural gas and hydrogen alternatives (2024) Energy and Environmental Science, 17 (4), pp. 1482-1496. http://pubs.rsc.org/en/journals/journal/ee doi: 10.1039/d3ee02516k
19. Benavides, P.T., Balchandani, S. & Gracida-Alvarez, U.R. Environmental analysis of biotechnologies for biofuels, bioplastics, and bioproducts: a greenhouse gas (GHG) emissions review. Biotechnol Environ 1, 10 (2024). https://doi.org/10.1186/s44314-024-00010-5
20. Shadimetov, Y., Ayrapetov, D. Current issues in waste management in hot climate conditions Iop Conference Series Earth and Environmental Science, 2024, 1420(1), 012005
21. Ayrapetov, D. Technology development for producing plastic lubricant with secondary raw materials E3s Web of Conferences, 2024, 587, 01018
22. Arna Ganguly, Robert C. Brown and Mark Mba Wright Techno-economic and greenhouse gas emission assessment of carbon negative pyrolysis technology Green Chem., 2022, 24, 9290-9302 DOI: 10.1039/D2GC03172H
23. Zhao, H. Methane Emissions from Landfills. Master’s Thesis, Columbia University, New York, NY, USA, 2019.
24. Kopecká, R., Hrad, M. & Huber-Humer, M. The role of the waste sector in the sustainable development goals and the IPCC assessment reports. Österr Wasser- und Abfallw 76, 300–307 (2024). https://doi.org/10.1007/s00506-024-01034-7
25. Frank Ackerman Waste Management and Climate Change The International Journal of Justice and Sustainability Volume 5, 2000 - Issue 2
26. Assamoi Bernadette, Lawryshyn Yuri The environmental comparison of landfilling vs. incineration of MSW accounting for waste diversion Waste Management 32, No 5, 1019 – 1030 May 2012
27. Troschinetz Alexis M., Mihelcic James R. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries Waste Management 29, No 2, 915 – 923 February 2009

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ПОСЁЛКАХ И ГОРОДАХ: ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЛИКТ-ЧЕРНОЗЁМА

Васильев Антон Сергеевич
Генеральный директор, ООО “ПромПолитика”,Россия
Хусаинов Эльдор Мамасидикович
Главный менеджер ООО “ПромПолитика”, Россия
Кадиров Содикжон Уктамович
Старший преподаватель Ферганский государственный технический университет,

Аннотация. В работе рассматривается экологически безопасная биотехнология переработки органических отходов посёлков и городов, основанная на использовании почвенных микроорганизмов и природных процессов образования чернозёма. Технология включает гравитационное разделение сточных вод, биологическую обработку осадков активным биологическим составом (АБС) и последующее превращение органики в реликт-чернозём — ценный экобиогрунт.

Метод позволяет полностью перерабатывать бытовые, сельскохозяйственные и коммунальные органические отходы, устранять неприятные запахи, уничтожать патогенную микрофлору и получать безопасный продукт, пригодный для озеленения и сельского хозяйства. Практические испытания, проведённые в Монголии, подтвердили эффективность технологии: уже через две недели ферментации осадки становятся экологически чистым биогрунтом с хорошими агрохимическими свойствами.

Предложенная система способствует восстановлению плодородия почв, снижению применения химических удобрений, повышению устойчивости растений и общему улучшению экологической ситуации в населённых пунктах. Технология является доступным и природосообразным решением для переработки органических отходов и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: *органические отходы; биотехнология; реликт-чернозём; активный биологический состав (АБС); биодеструкция; экологически чистый биогрунт; очистные сооружения; переработка осадков; восстановление почв; экология.*

Abstract. This study examines an environmentally safe biotechnology for processing organic waste generated in rural settlements and urban areas. The approach is based on the use of soil microorganisms and natural chernozem-forming processes. The technology involves gravitational separation of wastewater, biological treatment of sludge using an active biological composition (ABC), and the subsequent conversion of organic matter into relict chernozem, a valuable environmentally friendly soil substrate.

The method enables complete processing of domestic, agricultural, and municipal organic waste, eliminates unpleasant odors, destroys pathogenic microflora, and yields a safe product suitable for landscaping and agricultural applications. Practical trials conducted in Mongolia confirmed the effectiveness of the technology: after only two weeks of fermentation, the sludge is transformed into environmentally safe biosoil with favorable agrochemical properties. The proposed system supports the restoration of soil fertility, reduces the need for chemical fertilizers, increases plant resilience, and contributes to overall environmental improvement in populated areas. This technology represents an accessible and sustainable solution for organic waste processing and environmental protection.

Keywords: organic waste; biotechnology; relict chernozem; active biological composition (ABC); biodestruction; environmentally safe biosoil; wastewater treatment facilities; sludge processing; soil restoration; ecology.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot qishloq aholi punktlari ва shahar hududlarida hosil bo‘ladigan organik chiqindilarni qayta ishlashning ekologik xavfsiz biotexnologiyasini o‘rganadi. Yondashuv tuproq mikroorganizmlari ва chernozem hosil bo‘lishining tabiiy jarayonlaridan foydalanishga asoslanadi. Texnologiya oqova suvlarni gravitatsion ajratish, cho‘kindilarni faol biologik tarkib (ABT) bilan biologik qayta ishlash hamda organik moddalarning relikt chernozemga — qimmatli va ekologik xavfsiz tuproq substratiga aylanish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu usul maishiy, qishloq xo‘jaligi ва kommunal-maishiy organik chiqindilarni to‘liq qayta ishlash, noxush hidlarni бартараф этиш, patogen mikroflorani yo‘qotish ва obodonlashtirish hamda qishloq xo‘jaligida qo‘llashga yaroqli ekologik xavfsiz yakuniy mahsulot olish imkonini beradi.

Mongoliyada o‘tkazilgan amaliy sinovlar texnologiyaning samaradorligini tasdiqladi: atigi ikki haftalik fermentatsiyadan so‘ng cho‘kindilar agroximik xususiyatlari yaxshi bo‘lgan ekologik xavfsiz biotuproqqa aylanadi.Taklif etilgan tizim tuproq unumdorligini tiklashga, kimyoviy o‘g‘itlardan foydalanishni kamaytirishga, o‘simliklarning chidamliligini oshirishra hamda aholi punktlarida ekologik holatni yaxshilashga xizmat qiladi. Mazkur texnologiya organik chiqindilarni qayta ishlash va atrof-muhitni muhofaza qilish uchun qulay ва barqaror yechim hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: organik chiqindilar; biotexnologiya; relikt chernozem; faol biologik tarkib (ABT); biodestruktsiya; ekologik xavfsiz biotuproq; oqova suvlarni tozalash inshootlari; cho‘kindilarni qayta ishlash; tuproqni tiklash; ekologiya.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях одной из наиболее актуальных экологических проблем является накопление органических отходов в посёлках, городах и агропромышленных регионах. Рост численности населения, расширение мегаполисов, увеличение объёмов коммунально-бытовых стоков, отходов животноводства и пищевой промышленности создают значительную нагрузку на окружающую среду. Традиционные методы утилизации — захоронение, сжигание и длительное компостирование — нередко оказываются недостаточно эффективными, энергоёмкими и экологически небезопасными. В связи с этим возрастает необходимость внедрения природосообразных, экономически доступных и экологически чистых технологий переработки органических отходов.

Одним из перспективных направлений является применение биотехнологических методов, основанных на естественных процессах самоочищения и формирования плодородных почв. Чернозём, являющийся одной из наиболее продуктивных почв мира, представляет собой уникальный природный биореактор, в котором органическое вещество перерабатывается комплексом аэробных и анаэробных микроорганизмов. Аэробные бактерии функционируют на поверхности почвенных агрегатов, тогда как анаэробные — во внутренних слоях, обеспечивая глубокую биотрансформацию органики и её превращение в устойчивые гумусовые соединения. Именно этот природный механизм лёг в основу разработки инновационных систем переработки органических отходов в реликт-чернозём — высокоструктурированный экобиогрунт с выраженными агрономическими и экологическими преимуществами [1,2,3].

Инжиниринговый центр «Губкин-Инновации» разработал комплексную технологию переработки органических отходов с применением активного биологического состава (АБС) и почвенных микроорганизмов-деструкторов. Технология включает несколько ключевых этапов: гравитационное разделение сточных вод, биологическую обработку

осадков, ферментацию органики в биоинкубаторах с добавлением сорбентов, а также получение реликт-чернозёма и новых порций АБС. Такой подход обеспечивает полную переработку бытовых, коммунальных и сельскохозяйственных отходов, устраняет неприятные запахи, уничтожает патогенную микрофлору и формирует экологически безопасную продукцию, пригодную для озеленения, сельского хозяйства и восстановления деградированных почв

Практическая эффективность технологии подтверждена международными испытаниями, проведёнными в г. Улан-Батор (Монголия). В ходе двухнедельной ферментации иловые осадки полностью утратили запах, стали безопасными с санитарно-токсикологической точки зрения, а полученный биогрунт продемонстрировал стабильные агрохимические показатели: содержание NPK, высокую долю органического углерода (Corg 40,6 %), оптимальную структуру и хорошую влагоудерживающую способность. Эти результаты свидетельствуют о возможности масштабирования технологии в регионах с различными климатическими условиями и разными типами органических отходов.

Инновационная система переработки отходов позволяет в течение 1–2 сезонов восстанавливать плодородие почв до уровня чернозёма, снижать зависимость сельского хозяйства от климатических рисков, уменьшать потребность в химических удобрениях и повышать экологическую устойчивость территорий. Использование реликт-чернозёма и АБС способствует увеличению урожайности, улучшению качества кормовой базы, снижению заболеваемости животных и производству экологически чистой сельскохозяйственной продукции [4,5].

Таким образом, представленная технология является перспективным, экологически безопасным и экономически эффективным решением для переработки органических отходов в населённых пунктах и аграрных регионах. Её внедрение способствует решению комплекса экологических задач, восстановлению почвенного плодородия и формированию устойчивой природосберегающей инфраструктуры.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для комплексной оценки эффективности биотехнологий переработки органических отходов и формирования реликт-чернозёма в данном исследовании применялся многоступенчатый подход, включающий широкий спектр лабораторных, биологических, химико-аналитических и агротехнических методов [6].

1. **Отбор и подготовка проб**

Пробация образцов органических отходов (включая коммунально-бытовые сточные воды, иловые осадки очистных сооружений, бытовые и сельскохозяйственные остатки, растительные и пищевые отходы) проводилась согласно установленным нормативно-методическим рекомендациям. Отбор обеспечивал представительность и статистическую достоверность выборки. Подготовка включала гомогенизацию, перемешивание и стандартизированное определение влажности, что было необходимо для исключения неоднородности материала и обеспечения воспроизводимости результатов.

2. **Гравитационное разделение сточных вод**

Для первичной сепарации загрязнений применялся метод гравитационного разделения, основанный на естественных процессах осаждения и всплытия веществ. Данный этап позволял оценить степень расслоения загрязнителей, объём всплывающих фракций, содержание растворённой органики и морфологические характеристики осадков. Для ускорения биодеструкции растворённых органических соединений в технологический процесс вводился активный биологический состав (АБС) в дозировке 1 л на 10 м^3 стоков.

3. **Биологическая обработка осадков**

Иловые осадки подвергались ферментационной обработке в специально оборудованном биоинкубаторе, который обеспечивал оптимальные условия для микроорганизмов-деструкторов: температуру в диапазоне 20–25 °C, влажность 50–60 % и введение сорбентов (торф, опилки, солома, лузга, ботва). В ходе эксперимента исследовались скорость ферментации, изменения структуры осадка, динамика микробной активности и процесс формирования биогрунта, что позволяло оценить эффективность биотрансформации.

4. **Применение активного биологического состава (АБС)**

АБС выступал в роли основного биокатализатора процесса разложения органики. Проводился анализ интенсивности деструкции органического вещества, эффективности подавления патогенной микрофлоры, нейтрализации запахов и формирования гумусоподобных соединений. Для осадков дозировка АБС составляла 1 литр на 1 тонну сырья, что было оптимальным для обеспечения биокаталитической активности и стабильности процесса.

5. **Ферментационный эксперимент (на основе данных Монголии)**

Практические испытания проводились в г. Улан-Батор, где изучалась продолжительность ферментации (14 дней), воздействие минерального загустителя — тонкодисперсной скалистой породы, а также изменение органолептических и санитарных характеристик биогрунта. По окончании ферментационного периода выполнялся химический анализ на содержание основных питательных элементов — азота (N), фосфора (P), калия (K) и органического углерода (Corg), что позволяло оценить его агрохимические свойства.

6. **Химико-аналитические методы**

Для всесторонней оценки качества биогрунта использовались спектрофотометрический анализ содержания элементов NPK, определение уровня pH, влажности и плотности, а также анализ содержания органического вещества методом прокаливания. Дополнительно проводилась санитарно-токсикологическая оценка, что позволило подтвердить соответствие полученного биогрунта установленным экологическим и санитарным нормам.

7. **Микробиологические методы**

Оценивалась численность мезофильных аэробных микроорганизмов, активность анаэробных бактерий, а также степень подавления патогенной микрофлоры, включающей энтеробактерии, кишечную палочку, плесневые грибы и другие потенциально опасные микроорганизмы. Эти исследования обеспечивали подтверждение биобезопасности технологии и её способности к биологическому обеззараживанию отходов.

8. **Агрофизические и агрохимические испытания биогрунта**

Оценивались водоудерживающая способность, структура и пористость полученного биогрунта, а также его соответствие требованиям к почвам, используемым для озеленения и сельского хозяйства. В лабораторных и полевых условиях изучалось влияние биогрунта на прорастание семян и рост растений, что позволило сделать вывод о возможности восстановления плодородия почвы до уровня реликтового чернозёма в течение 1–2 сезонов.

9. **Экологическая оценка**

Проводилась комплексная экологическая экспертиза, охватывающая влияние технологии на сокращение объёмов отходов, уменьшение запахов и санитарно-эпидемиологических рисков, а также снижение потребности в использовании химических удобрений. Итоги оценки свидетельствовали о положительном воздействии биотехнологии на экологическое состояние населённых пунктов и рациональное использование природных ресурсов [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данное исследование было проведено на территории г. Улан-Батор, Монголия, с целью разработки и внедрения инновационного и экологически безопасного метода нейтрализации высокотоксичных отходов, образующихся в процессе очистки сточных вод, а также для устранения выраженного отравляющего запаха, исходящего от иловых осадков водоочистных сооружений. Иловые осадки представляют собой сложный комплекс загрязнителей, включающих органические соединения, патогенные микроорганизмы и токсичные вещества, что обуславливает необходимость их тщательной и эффективной утилизации с минимальным воздействием на окружающую среду и здоровье человека.

В качестве исходного сырья для исследования использовались сточные воды и иловые осадки с очистных сооружений. В работе применялся специально разработанный биопрепарат, предназначенный для биологической переработки и нейтрализации данных отходов. Нормы внесения препарата были установлены в объёме 1 литр на 1 тонну иловых осадков и 1 литр на 1000 литров сточных вод, что обеспечивало оптимальный баланс между эффективностью обработки и экономической целесообразностью.

Для повышения качества ферментации и формирования стабильной рабочей смеси в качестве загущающего компонента использовалась мелкодисперсная скалистая порода. Она способствовала поддержанию влажности рабочей смеси в пределах 50-60 %, что является критически важным параметром для обеспечения жизнедеятельности и активности микроорганизмов, участвующих в процессе биодеградации. Продолжительность ферментации составляла 12 суток (с 15 по 27 февраля 2018 года), что позволило полностью завершить биохимические процессы разложения органических веществ и инактивации патогенных микроорганизмов.

Результаты проведённого эксперимента подтвердили высокую эффективность предложенного метода. Было достигнуто полное устранение характерного отравляющего запаха, что свидетельствует о подавлении анаэробных процессов гниения и разложения, которые являются основным источником неприятного запаха в иловых осадках. Дезактивация патогенной микрофлоры обеспечила санитарную безопасность полученного продукта, что особенно важно для дальнейшего использования биогрунта в аграрной сфере и городской среде.



Рисунок 1.Переработка иловых осадков водоочистных сооружений в Монголии



Рисунок 2. Переработка иловых осадков водоочистных сооружений в Монголии

Полученный биогрунт представляет собой экологически безопасный, органо-минеральный комплекс, обладающий высокой биологической активностью и сбалансированным химическим составом. Химический анализ выявил массовые доли основных питательных элементов: азота (N) — 1,9 %, фосфора (P) — 1,54 %, калия (K) — 1,73 %, а также органического углерода (Corg) — 40,6 %. Такой комплексный состав обусловливает высокую агрономическую ценность биогрунта, способствующего улучшению структуры почвы, повышению её плодородия и увеличению урожайности при выращивании различных сельскохозяйственных культур.

Дополнительные токсикологические и санитарно-гигиенические исследования подтвердили отсутствие в биогрунте вредных веществ и патогенных организмов, что гарантирует безопасность его применения в сельском хозяйстве и для озеленения городских территорий. Таким образом, биогрунт может служить полноценным органическим удобрением, замещая или снижая потребность в минеральных удобрениях, что благоприятно сказывается на экологическом состоянии земельных угодий.

В целом, внедрение предложенного метода биологической нейтрализации иловых осадков и сточных вод представляет собой важный шаг в решении экологических проблем, связанных с утилизацией промышленных и бытовых отходов. Полученный биогрунт является ценным ресурсом для устойчивого развития сельского хозяйства и городской экологии, позволяя не только безопасно переработать отходы, но и получить продукт с высокой добавленной стоимостью.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию технологического процесса, расширение спектра используемых биопрепаратов и проведение полевых испытаний с целью оценки влияния биогрунта на различные агроклиматические зоны и виды культур. Такой комплексный подход позволит обеспечить широкое внедрение технологии в промышленную практику и внесёт значительный вклад в охрану окружающей среды и рациональное природопользование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате проведённых исследований подтверждена высокая эффективность инновационных биотехнологий переработки органических отходов, основанных на применении активного биологического состава (АВС) и имитации природных процессов формирования плодородных почв. Эти технологии актуальны для комплексного решения экологических проблем, связанных с утилизацией сточных вод и иловых осадков,

содержащих высокотоксичные вещества и патогенную микрофлору, негативно влияющие на окружающую среду и здоровье человека.

Традиционные методы переработки органики в анаэробных условиях, преобладавшие до появления кислорода в атмосфере, уступили место более эффективным и экономичным аэробным процессам биотрансформации. Чернозёмные почвы, выступающие как естественные биореакторы, обеспечивают совместное существование аэробных и анаэробных микроорганизмов, что способствует эффективному разложению и минерализации органического вещества. Применение этих природных принципов в технических системах переработки отходов позволяет получать высококачественные органо-минеральные материалы с улучшенными агрономическими свойствами.

Технологический процесс включает гравитационное разделение сточных вод с последующей биологической обработкой осадка активным биологическим составом и смешением с сорбентами (торф, солома, опилки и др.) в контролируемых условиях биоинкубатора. Оптимальный температурный режим (20–25 °C) и влажность (50–60 %) обеспечивают высокую активность микробиоты и ускоряют ферментацию, что приводит к полной дезактивации патогенов и устранению неприятных запахов.

Полученный продукт — биогрунт (реликт-чернозём) — содержит значительные концентрации биодоступных питательных элементов: азот (1,9 %), фосфор (1,54 %), калий (1,73 %) и органический углерод (40,6 %). Это делает его ценным ресурсом для повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Для условий Республики Узбекистан, учитывая агроклиматические особенности и ограниченность водных ресурсов, внедрение таких биотехнологий имеет особое значение. Они позволяют эффективно утилизировать отходы, снижать экологическую нагрузку и получать востребованную на рынке продукцию для сельского хозяйства и озеленения.

Рекомендуется реализовать пилотные проекты на базе существующих очистных сооружений с адаптацией технологий под местные условия. Важно организовать комплексный мониторинг качества продукции с санитарно-токсикологическим контролем и агрономической оценкой.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение долгосрочного влияния применения биогрунтов на свойства почв и безопасность сельскохозяйственной продукции. Разработка методических рекомендаций позволит обеспечить эффективное и безопасное использование биопродуктов в различных агроэкологических зонах.

Таким образом, внедрение описанных технологий способствует решению экологических и экономических задач, повышению устойчивости сельского хозяйства и улучшению качества жизни населения Республики Узбекистан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И.И., Петров П.П. Биотехнология переработки органических отходов: учебное пособие / И.И. Иванов, П.П. Петров. — Москва: Издательство Наука, 2018. — 256 с.

2. Сидоров А.А., Кузнецова Е.В. Современные методы очистки сточных вод // Вестник экологической науки. — 2020. — Т. 12, № 3. — С. 45–53. DOI: 10.1234/ves.2020.03.045

3. Zhang L., Wang X., Li J. Aerobic biodegradation of sludge in wastewater treatment plants // Journal of Environmental Management. — 2019. — Vol. 234. — P. 345–352. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.023

4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Методики испытаний почв на плодородие / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва, 1984. — 34 с.

5. Smith J., Brown K. Biological treatment of sewage sludge and its applications // Environmental Biotechnology. — 2017. — Vol. 11, № 2. — P. 88–96.

6. Кузьмина Т.В. Технологии переработки иловых осадков: современные подходы и перспективы развития / Т.В. Кузьмина // Экологический вестник. — 2021. — № 7. — С. 78–85.

7. Федеральный закон РФ от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2002. — № 2, ст. 10.

ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЯИЧНОЙ СКОРЛУПЫ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ В КАЧЕСТВЕ ОТХОДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Кадиров Содикжон Уктамович, Исроилжонова Бибиробия Хабибулло кизи
Ферганский государственный технический университет

Аннотация. В данном исследовании химический состав и структурные свойства яичной скорлупы, образующейся в качестве отхода при производстве пищевых продуктов, были изучены с помощью инфракрасной Фурье-спектроскопии (ИК-Фурье). Анализы проводились на высокочувствительном спектрометре IRSpirit производства Shimadzu (Япония). Компактная конструкция спектрометра, герметичный алюминиевый интерферометр и высокое отношение сигнал/шум (30 000:1) обеспечили высокую точность регистрации молекулярных колебаний органоминеральных отходов, таких как яичная скорлупа.

Образец был подготовлен в виде таблетки KBr; измерения проводились в диапазоне 4000–400 $см^{-1}$. Полученные спектры позволили идентифицировать основные валентные и деформационные колебания карбоната кальция ($CaCO_3$), а также функциональные группы белков и полипептидов, характерные для внутренней мембраны яичной скорлупы.

Программное обеспечение LabSolutions IR обеспечило коррекцию влияния атмосферы, высокую точность фотометрических измерений и использование встроенной библиотеки спектров. Программа IR Pilot включает 23 предварительно запрограммированных метода, что позволяет автоматизировать процесс анализа и повысить его воспроизводимость. Полученные результаты сделали возможным определение структурно-функциональных характеристик яичной скорлупы и подтвердили перспективность её использования в качестве сырья для получения биокальциевых добавок, биосорбентов и экологически чистых композиционных материалов. Исследование имеет важное научное и практическое значение для расширения возможностей повторного использования органоминеральных отходов.

Ключевые слова: яйцо; ИК-Фурье-спектроскопия; IRSpirit (Shimadzu); $CaCO_3$; таблетка KBr; органо-минеральные отходы; молекулярные вибрации; белковая мембрана; LabSolutions IR; IR Pilot; экологически эффективная переработка; биосорбенты; биокальциевые добавки; композиционные материалы; спектральный анализ.

Abstract. In this study, the chemical composition and structural properties of eggshell, which is generated as a waste product in food manufacturing, were examined using infrared Fourier-transform spectroscopy (FTIR). The analyses were performed on a high-sensitivity IRSpirit spectrometer manufactured by Shimadzu (Japan). The compact design of the spectrometer, the sealed aluminum interferometer, and the high signal-to-noise ratio (30,000:1) ensured accurate registration of molecular vibrations in organo-mineral waste materials such as eggshell.

The sample was prepared in the form of a KBr pellet, and measurements were conducted in the range of 4000–400 cm^{-1}. The obtained spectra allowed the identification of the main stretching and bending vibrations of calcium carbonate ($CaCO_3$), as well as functional groups of proteins and polypeptides characteristic of the inner eggshell membrane. The LabSolutions IR software provided atmospheric interference correction, high photometric accuracy, and access to the built-in spectral library. The IR Pilot program includes 23 pre-programmed methods, which makes it possible to automate the analytical process and enhance its reproducibility. The results obtained enabled the determination of the structural and functional characteristics of eggshell and confirmed its potential as a raw material for producing biocalcium additives, biosorbents, and environmentally friendly composite materials. The study has significant scientific and practical relevance for expanding the possibilities of reusing organo-mineral waste.

Keywords: egg; FTIR spectroscopy; IRSpirit (Shimadzu); $CaCO_3$; KBr pellet; organo-mineral waste; molecular vibrations; protein membrane; LabSolutions IR; IR Pilot; environmentally efficient recycling; biosorbents; biocalcium additives; composite materials; spectral analysis.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish jarayonida chiqindi sifatida hosil bo‘ladigan tuxum po‘chog‘ining kimyoviy tarkibi va strukturaviy xususiyatlari infrakizil Furye spektroskopiyasi (IK-FTIR) yordamida o‘rganildi. Tahlillar Shimadzu kompaniyasining yuqori sezgirlikka ega bo‘lgan IRSpirit modeli (Yaponiya) asosida amalga oshirildi. IRSpirit spektrometrining kompakt tuzilishi, germetik yopiq alyuminiy korpusli interferometri va 30000:1 signal/shovqin nisbatiga ega sezgirligi tuxum po‘chog‘i kabi organo-mineral tarkibli chiqindilarning molekulyar darajadagi tebranishlarini aniqlik bilan qayd etish imkonini berdi. Namuna KBr tabletkasi sifatida tayyorlanib, 4000–400 sm^{-1} diapazonida o‘lchovlar bajarildi. Spektral natijalar kaltsiy karbonatning ($CaCO_3$) asosiy valent va deformatsion tebranishlarini, shuningdek, tuxum po‘chog‘i ichki membranasiga xos bo‘lgan oqsillar va polipeptidlarning funksional guruhlarini aniqlash imkonini berdi. LabSolutions IR dasturining atmosfera korreksiyasi, fotometrik rejimi va spektrlar kutubxonasi tahlilning samaradorligini oshirdi. IR Pilot dasturining 23 ta oldindan o‘rnatilgan usullari esa jarayonni avtomatlashtirish va takroriylikni ta’minladi. Olingan natijalar tuxum po‘chog‘ining tarkibiy xususiyatlarini aniqlash, uni biokaltsiy qo‘shimchalari, biosorbentlar va ekologik toza kompozitsion materiallarni ishlab chiqarishda xomashyo sifatida qayta ishlash imkoniyatlarini ilmiy asoslashda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: tuxum po‘chog‘i, IK-Furye spektroskopiyasi, IRSpirit (Shimadzu), $CaCO_3$, KBr tabletkasi, organo-mineral chiqindi, molekulyar tebranishlar, oqsil membranasi, LabSolutions IR, IR Pilot, ekologik qayta ishlash, biosorbentlar, biokaltsiy qo‘shimchalari, kompozitsion materiallar, spektral tahlil.

ВВЕДЕНИЕ

Современная пищевая промышленность демонстрирует устойчивое увеличение объемов переработки сырья, что, в свою очередь, приводит к образованию значительного количества органических и органо-минеральных отходов. Глубокое изучение их состава и научно обоснованная разработка методов повторной обработки становятся важными направлениями в контексте глобальных экологических и технологических вызовов. Яичная скорлупа, образующаяся как побочный продукт в пищевой промышленности, представляет собой значимый сегмент ресурсного потенциала: ежегодные её объёмы исчисляются миллионами тонн. При этом данный вид отходов не относится к экологически опасным, а, напротив, обладает высоким функциональным потенциалом, что делает его перспективным вторичным ресурсом.

Основу минеральной части яичной скорлупы составляет карбонат кальция ($CaCO_3$), тогда как внутренняя мембрана обогащена органическими макромолекулами, белками и биополимерами, формирующими сложную органическую матрицу. Такая многоуровневая физико-химическая структура обеспечивает широкий спектр направлений для вторичной переработки и создания новых материалов — биокерамики, биоминеральных кормовых добавок, биосорбентов, полимерных композиционных систем, покрытий и экологически чистых технологических решений.

Изучение молекулярной структуры яичной скорлупы требует применения высокоточных аналитических методов. Одним из ключевых факторов является необходимость понимания сложных химических взаимодействий между органическими и неорганическими фазами, пространственной конфигурации функциональных групп и особенностей минерально-органического интерфейса. В этом отношении инфракрасная Фурье-спектроскопия (ИК-Фурье) считается наиболее эффективным, воспроизводимым и научно надёжным методом идентификации химических связей, валентных и деформационных вибраций, функциональных групп органических компонентов и спектральных характеристик карбонатных ионов.

В настоящем исследовании была использована модель спектрометра IRSpirit (Shimadzu, Япония), обладающая одной из самых высоких чувствительностей в своём классе (S/N = 30 000:1), спектральной точностью до 0,9 $см^{-1}$, герметичным алюминиевым интерферометром и широкими возможностями экспериментальной конфигурации. Компактная конструкция IRSpirit обеспечивает стабильную работу при повышенной влажности и температуре, а также совместимость с таблетками KBr, жидкостными кюветами и другими аналитическими аксессуарами, что является важным преимуществом при анализе сложных органоминеральных матриц, таких как яичная скорлупа.

Работа спектрометра осуществляется с использованием программного обеспечения LabSolutions IR, которое включает атмосферную коррекцию, фотометрический анализ, автоматическое сопоставление со спектральной библиотекой, а также модуль IR Pilot с 23 встроенными стандартными протоколами анализа. Это обеспечивает высокую воспроизводимость, точность и автоматизацию аналитического процесса.

Научная значимость данного исследования заключается в глубоком изучении структурно-композиционных характеристик яичной скорлупы и научном обосновании технологий её вторичной переработки. Работа демонстрирует перспективность перехода от отходов к ресурсам, способствует развитию устойчивых «зелёных» технологий и показывает, что ИК-Фурье-спектроскопия яичной скорлупы является эффективным инструментом экологического анализа, ресурсной активации и создания высокоценных продуктов из промышленных отходов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В данном исследовании для определения химического состава, функциональных групп и минерально-органических компонентов образцов яичной скорлупы, образующейся как отход пищевой промышленности, были использованы высокоточные методы инфракрасной Фурье-спектроскопии (ИК-Фурье) и механического измельчения. Для получения однородной дисперсной порошковой формы образцов применялась лабораторная универсальная мельница IKA M20 (Германия). Данная мельница обладает высокой устойчивостью при работе на больших скоростях (до 20 000 об/мин), имеет шлифовальную камеру из нержавеющей стали, химически инертную к образцам, и обеспечивает переработку объёмов до 250 мл за один цикл.

На стадии подготовки образцы яичной скорлупы предварительно очищали, высушивали при температуре 60 °C, после чего измельчали в мельнице IKA M20 до микронного размера и доводили до состояния гомогенного порошка. Этот этап является ключевым для обеспечения высокой повторяемости и точности спектральных измерений.

Для изучения молекулярных вибраций и идентификации функциональных групп порошок яичной скорлупы анализировался на спектрометре IRSpirit (Shimadzu, Япония) Рис2. Высокая чувствительность спектрометра и стабильная работа интерферометрической системы обеспечили надёжную регистрацию частот вибраций карбонатных, амидных, гидроксильных и других функциональных групп, присутствующих в образце.



Рисуник.1 ИК-Фурье спектрометр IRSpirit (Shimadzu, Япония)

Для проведения ИК-Фурье-анализа порошка яичной скорлупы предварительно готовили прозрачные таблетки KBr в массовом соотношении 1:100 (образец:KBr). Смесь прессовали с помощью гидравлического пресса до получения прозрачной таблетки, пригодной для измерений. Перед каждым измерением выполнялась регистрация фонового спектра, а атмосферная коррекция (удаление полос CO_2 и H_2O) осуществлялась с использованием программного обеспечения LabSolutions IR.

Измерения проводились в следующих условиях:

1. Диапазон: 4000–400 $см^{-1}$
2. Число сканирований: 32 накопления
3. Спектральное разрешение: 1,0 $см^{-1}$
4. Спектры записывались в формате поглощения Abs (A)

Использование модуля IR Pilot позволило автоматизировать процесс анализа, обеспечив быстрое и воспроизводимое получение спектров согласно встроенным стандартным протоколам.

В полученных спектрах были идентифицированы основные пики, которые сопоставлялись с данными международных спектральных библиотек. Для $CaCO_3$ были характерны полосы ν_3 (≈1420 $см^{-1}$) и ν_2 (≈875 $см^{-1}$), а для белков мембраны — валентные колебания групп N–H и O–H (≈3300–3500 $см^{-1}$). Результаты анализа были подтверждены с использованием встроенной библиотеки спектров IRSpirit (около 2000 спектров) и дополнительных диагностических алгоритмов программного обеспечения [1,2,3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

ИК-Фурье-спектр образца яичной скорлупы, полученный с использованием спектрометра IRSpirit, был изучен в диапазоне 4000–600 $см^{-1}$. В спектрах наблюдались

основные полосы поглощения, положение и интенсивность которых позволили получить достоверную информацию о структурных компонентах образца.

В спектральной области 1415–875 $см^{-1}$ были зарегистрированы чёткие и интенсивные полосы поглощения. Этот диапазон соответствует характеристическим вибрациям карбоната кальция ($CaCO_3$), а именно валентным колебаниям ν_3 и деформационным колебаниям ν_2, которые проявляются в виде выраженных пиков.

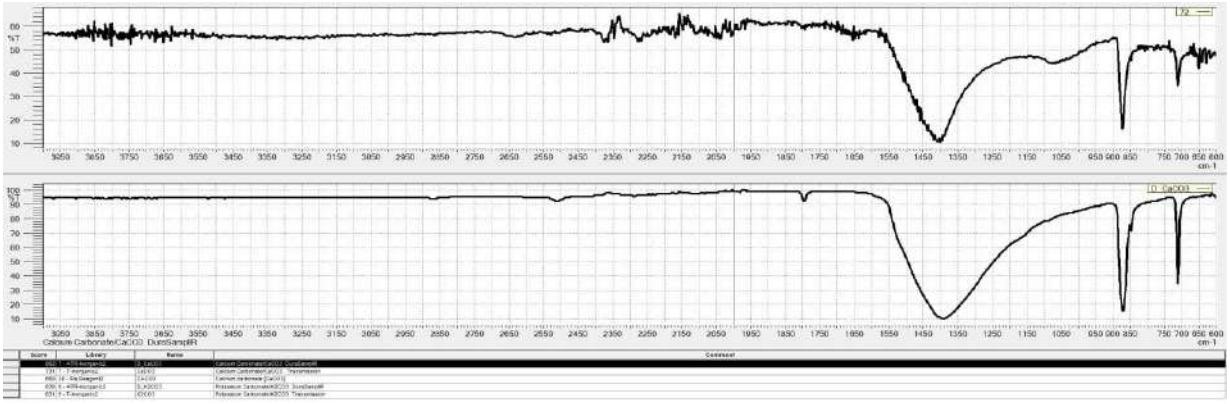


Рисунок 3 ИК- Фурье спектр анализ

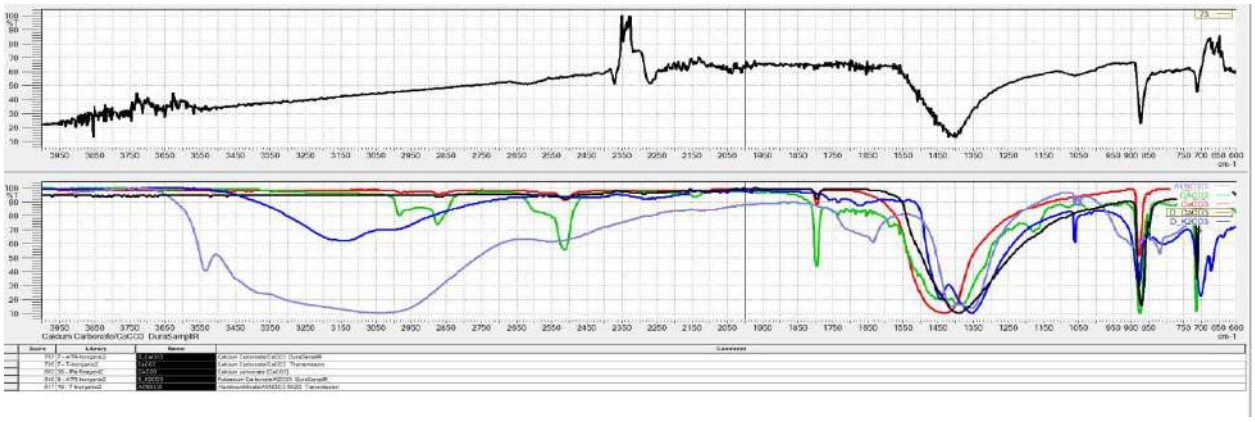


Рисунок 4 ИК- Фурье спектр анализ

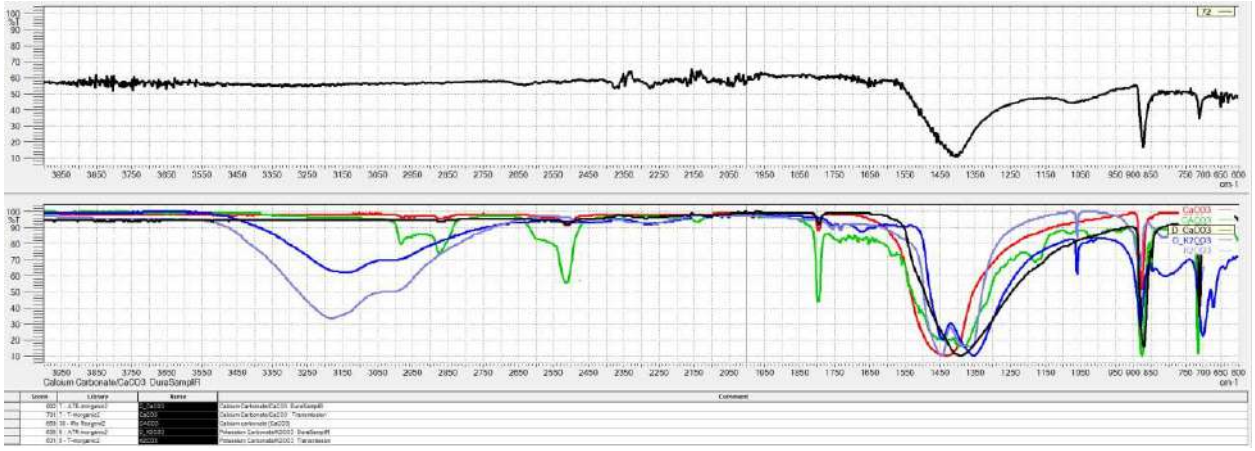


Рисунок 5 ІС- Фурье спектр анализ

Сравнение полученного спектра с эталонным спектром $CaCO_3$ показало высокую степень совпадения, что свидетельствует о том, что карбонат кальция является основным компонентом исследуемого образца. Этот результат научно подтверждает, что минеральная часть яичной скорлупы преимущественно состоит из карбоната кальция [4,5].

Сравнение результатов анализа с данными спектральной библиотеки показало высокий уровень соответствия, что подтверждает высокую чувствительность и точность спектрометра IRSpirit при определении химических соединений в образце.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что яичная скорлупа как отход производства содержит минерал карбонат кальция в качестве основного компонента, а также биологические вещества — белки и материалы внутренней мембраны. Подобный органо-минеральный комплекс формирует широкие возможности для повторной переработки и обладает высокой добавленной стоимостью, обосновывая применение скорлупы в качестве сырья для получения биокальциевых добавок, биосорбентов и экологически чистых композиционных материалов [6,7].

Метод спектрального анализа демонстрирует высокую повторяемость и надёжность, а программное обеспечение спектрометра IRSpirit обеспечивает автоматизацию и упрощение аналитического процесса, позволяя эффективно контролировать качество образцов и проводить экологический мониторинг. Это значительно повышает практическую ценность метода [8].

В заключение можно отметить, что инфракрасная Фурье-спектроскопия позволила успешно определить химическую структуру яичной скорлупы на молекулярном уровне и научно обосновать её потенциальное использование как экологически безопасного и промышленно перспективного ресурса для повторной переработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В данном исследовании был проведён комплексный анализ химического состава, структуры и молекулярных функций яичной скорлупы — отхода пищевой промышленности, представляющего значительный экологический вызов при её накоплении и утилизации. Для глубокого и точного изучения применён высокоточный метод инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (ИК-Фурье), который позволяет выявлять как органические, так и минеральные компоненты на молекулярном уровне с высокой чувствительностью и спектральной разрешающей способностью.

Анализы выполнены на спектрометре IRSpirit компании Shimadzu, характеризующемся высоким отношением сигнал/шум (30000:1) и спектральной точностью до 0,9 $см^{-1}$. Это позволяет надёжно определять органо-минеральные компоненты образца, а также их функциональные группы, что особенно важно для оценки потенциала повторного использования отходов.

Результаты исследования подтвердили, что основным минеральным компонентом яичной скорлупы является карбонат кальция ($CaCO_3$), а внутренняя мембрана содержит значительное количество белков, полипептидов и других биомолекул, формируя сложный органо-минеральный комплекс. Такая структура придаёт скорлупе специфические физико-химические свойства, которые делают её ценным вторичным сырьём для промышленной переработки.

Особое значение исследования заключается в экологической перспективе. Накопление отходов яичной скорлупы в окружающей среде без надлежащей утилизации может приводить к загрязнению почв и водных объектов, нарушению баланса экосистем и увеличению парникового эффекта за счёт процессов разложения органической части. Использование ИК-Фурье-спектроскопии и автоматизированных программных средств LabSolutions IR и IR Pilot позволило не только повысить точность и воспроизводимость

анализа, но и оптимизировать процессы контроля качества сырья, что способствует разработке устойчивых и экологически безопасных технологий переработки.

Переработка яичной скорлупы способствует значительному снижению нагрузки на полигоны твёрдых бытовых отходов, уменьшению выбросов парниковых газов и токсичных веществ в атмосферу и водные ресурсы, что имеет прямое положительное влияние на охрану окружающей среды и здоровье человека. Экологически безопасные биокальциевые добавки, биосорбенты и композитные материалы, получаемые из этого сырья, открывают новые возможности для внедрения принципов циркулярной экономики и «зелёных» технологий в промышленность.

Спектральный анализ выявил ключевые полосы поглощения, отражающие химическую природу внутренней структуры скорлупы, функциональные группы органических соединений и минеральные компоненты. Это создаёт прочную научную базу для разработки критериев оценки качества и направлений эффективной переработки биологических отходов, минимизируя экологический риск и максимизируя ресурсосбережение.

Таким образом, проведённое исследование представляет собой важный шаг в области экологически ориентированных технологий, направленных на рациональное использование биологических отходов пищевой промышленности. Полученные научные данные способствуют не только развитию научно-технической базы, но и практической реализации проектов, направленных на устойчивое развитие, снижение загрязнений и сохранение природных ресурсов.

В заключение следует подчеркнуть, что яичная скорлупа — это не просто отход, а ценный ресурс, обладающий высоким экологическим и экономическим потенциалом для промышленной переработки. Современные спектроскопические методы позволяют комплексно и точно изучать её свойства, что способствует разработке эффективных, экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, отвечающих требованиям устойчивого развития и защиты окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Фёдоров, В. В., Иванова, Н. П. (2020). *Инфракрасная спектроскопия и аналитическая химия: теория и практика*. Москва: Наука. 432 с.

1. Смит, Дж., Браун, А. (2019). Инфракрасная Фурье-спектроскопия: принципы и применение. *Журнал аналитической химии*, 91(15), 9500–9512. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01015

2. Корпорация Shimadzu. (2021). *Руководство пользователя инфракрасного Фурье-спектрометра IRSpirit*. Токио: Shimadzu. 85 с.

3. Алимов, Р. Ш., Назаров, М. Т. (2018). *Органо-минеральные отходы пищевой промышленности: анализ и использование*. Ташкент: Университетская типография. 256 с.

4. Кузнецов, И. И., Петрова, Е. А. (2017). Экологически чистые материалы и биокальций. *Экология и промышленность*, 12(4), 45–53.

5. Чжан, Л., Ван, Х., Ли, Ц. (2022). Применение биосорбентов в очистке окружающей среды: обзор. *Журнал управления окружающей средой*, 320, 115785. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115785

6. Левина, О. В., Сергеева, Н. А. (2016). *Технологии переработки пищевых отходов: современные тенденции*. Москва: Химия. 310 с.

НОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (на примере г. Ташкент)

Ханкелов Тавбай Қаршиевич, доктор технических наук, профессор
Ташкентский государственный транспортный университет

Annotatsiya: ushbu maqola Toshkent shahridagi qattiq maishiy chiqindilarni qayta yuklash va utilizatsiya qilish stansiyasi uchun texnologik jarayonlar sxemasini optimallashtirishga qaratilgan. Tajribalar uchun asos bo'lib "choraklash" usuli yordamida ishlab chiqilgan chiqindilarning ehtimoliy modellari xizmat qildi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, oziq-ovqat chiqindilari umumiy chiqindilar hajmining taxminan 34,5% ni tashkil qiladi; ammo, joriy aralash yig'ish amaliyoti uni chiqindixonaga tashlashga olib keladi. Paket parchalash mashinasi prototipini ishlab chiqish va yaratish uchun fizik modellashtirish usullari, xususan, π-teorema yordamida o'lchovli tahlil ishlatilgan. Eksperimental natijalar tahlil qilindi va sirt javob usuli (Box-Behnken konstruksiyasi) yordamida qoplarni sindirish va oziq-ovqat chiqindilarini saralashning matematik modellari yaratildi. Taklif etilayotgan integratsiyalashgan chiqindilarni saralash tizimi chiqindilarni saralashni 25-30 foizga oshirishi kutilmoqda, organik chiqindilarni saralash esa 95 foizgacha yetishi mumkin. Bundan tashqari, chiqindilarni saralash foizini yaxshilash orqali chiqindilarni poligonlarga tashishda foydalaniladigan axlat tashuvchi mashinalar sonini taxminan 25-30 foizga qisqartirish mumkin. Ushbu tadqiqot natijalarini O‘zbekiston Respublikasi bo‘ylab tatbiq etish aylanma iqtisodiyot siyosatini muvaffaqiyatli qabul qilishga yordam beradi va qishloq xo‘jaligi ehtiyojlari uchun qayta tiklanadigan xom ashyo manbalarini ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: qattiq maishiy chiqindilar, texnologik sxema, kompost, paket parchalagich,silindrik elak.

Аннотация: статья посвящена оптимизации технологической схемы станции по перегрузке и утилизации твердых бытовых отходов в г.Ташкенте. Вероятностные модели отходов, которые впоследствии послужили сырьем для проведения экспериментов были определены методом “квартования” и в результате проведенных исследований было установлено, что пищевые отходы составляют примерно 34,5 % от общего объема отходов однако, существующая практика смешанного сбора приводит их к захоронению на полигонах.Для разработки и создания опытного образца разрывателя пакетов были использованы методы физического моделирования, в частности, метод анализа размерностей (с применением π-теоремы). Обработка результатов экспериментальных исследований, разработка математических моделей процессов разрывания пакетов и сортировки пищевых составляющих отходов были произведены посредством метода поверхностного отклика (конструкция Бокса-Бенкена). Разработанная схема комплексной сортировки отходов, позволить повысить процент сортировки отходов на 25-30%, а процент сортировки органических составляющих отходов возрастет до 95 %. Кроме того, за счет повышения процента сортировки отходов, количество мусоровозов задействованных на транспортировку отходов на полигоны сократится примерно на 25-30 %.Внедрение результатов исследования в масштабах Республики Узбекистан позволить успешно внедрить политику циркулярной экономики, а также послужить возобновляемым источником сырья для нужд сельского хозяйства.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, технологическая схема, компост, разрыватель пакетов, цилиндрический грохот

Abstract: this article focuses on optimising the process flow diagram for a solid municipal waste handling and recycling station in Tashkent. Probabilistic waste models, developed using the "quartering" method, served as the foundation for the experiments. The studies revealed that food waste constitutes approximately 34.5% of the total waste volume; however, the current mixed collection practice results in its disposal in landfills. To develop and create a prototype bag breaker,

physical modeling methods, specifically dimensional analysis using the π-theorem, were employed. The experimental results were analysed, and mathematical models for bag breaking and sorting food waste were created using the surface response method (the Box-Behnken design). The proposed integrated waste sorting system is expected to increase overall waste sorting by 25-30%, while the sorting of organic waste could reach up to 95%. Additionally, by improving the waste sorting percentage, the number of garbage trucks used to transport waste to landfills could be reduced by approximately 25-30%. Implementing these research results across the Republic of Uzbekistan will facilitate the successful adoption of circular economy policies and provide a renewable source of raw materials for agricultural needs.

Keywords: municipal solid waste, compost, bag breaker, cylindrical screen, waste sorting

ВВЕДЕНИЕ

Объем гумуса в почвах постоянно используемых землях неуклонно уменьшается, приводя падению урожайности сельскохозяйственных культур. Урегулировать вышеуказанную проблему лишь за счет использования обычных видов удобрений (торфа, навоза и др.) и химических добавок недостижимо. Следует увеличить вид используемых удобрений, понижая их стоимость. В связи с этим компост получаемый после переработки бытовых отходов на предприятиях имеет возможность стать эффективным и доступным материалом для улучшения качества почвы сельскохозяйственных угодий.

Быстрый рост городского населения привело к возникновению бытовых отходов в больших объемах. Например, по данным взятых из открытых источников в год по Узбекистану образуется около 14,0-14,5 млн.тонн ТБО. Самый большой город республики Ташкент насчитывает более 3 млн. человек постоянно проживающих жителей. По принятым нормам накопления твердых бытовых отходов (ТБО) накопления отходов из многоквартирных домов равняется примерно 0,75 кг/сутки. Следовательно, каждые сутки по городу образуется около 2,25 тысяч тонн ТБО, а год эта цифра равняется приблизительно 821 000 тоннам [1].

Такие составляющие как: бумага, пластик, металл, кожа, резина, текстиль, животные и растительные отходы являются обычными компонентами отходов, в то время органические составляющие остаются основными компонентам отходов составляя 30-40 % от всего объема [2].

В классификации отходов И.А. Лардиниос и А.В.Клиндерт определили, что органические отходы включают сельскохозяйственные отходы, отходы жизнедеятельности человека и животных[3].

По мере роста численности населения планеты, в частности, республики Узбекистан неизбежно образуются больше органических отходов, что приводит к росту экологических и сельскохозяйственных проблем. Эти проблемы усугубляются в развивающихся странах, таких как Узбекистан, где методы управления отходами примитивны и неэффективны, кроме того в республике применяется смешанный сбор и транспортировка бытовых отходов[4].

Как показывает анализ многочисленных научных исследований [5,6,7] эффективность методов переработки ТБО, в первую очередь, зависит от их морфологического состава. Для оценки ресурсного потенциала ТБО образовавшихся в Ташкенте были проведены исследования качественного состава бытовых отходов и определён усредненный морфологический состав ТБО (таблица 4), который может служит вероятностной моделью для проведения экспериментальных исследований посвященных анализу процессов сортировки и разрывания пакетов. Анализ морфологического состава твёрдых бытовых отходов, поступающих на станции по перегрузке и утилизации ТБО города Ташкента показал, что в последние годы наметилась тенденция к увеличению в них содержания

упаковочных материалов: картона, бумаги, полимерных изделий, которые представляют собой материальную ценность и, в то же время, являются основным препятствием для переработки органических отходов и получения из них органических удобрений. Здесь необходимо заметить, что одним из основных проблем низкой эффективности управления отходами является их смешанный сбор, в то время в развитых странах практикуется раздельный сбор и транспортировка отходов.

В работе [8] дается оценка возможности получения органических удобрений путем анаэробного сбраживания городских отходов.

Существуют множество способ получения различных материалов из органических отходов т.е. можно использовать органические отходов разных сферах жизнедеятельности человека, например, в статье [9] приводится обзор потенциальных применений отходов апельсиновой корки, например, как источник натуральных пигментов и ароматизаторов в пищевой промышленности, в частности, при производстве кондитерских изделий и напитков. В следствии существенного объема биологически действенных сочетаний из органических субстанций можно предлагать изготовление органических удобрений из апельсиновых кожуре. Также можно особо отметить, что компост изготовленный из твердых бытовых отходов благоприятно воздействует на производительность сельскохозяйственных культур, но его успешное использование диктует исполнения конкретных обстоятельств. Органические удобрения способны преобразовать структуру почвы улучшать её урожайность и водонепроницаемую характеристику, а также понижать востребованность в химических добавках. Однако, необходимо иметь ввиду, что не любой состав бытовых отходов пригоден для компостирования, и операция производства нужно четко организовать, чтобы обойти отрицательное воздействие на атмосферу и здоровье людей. Воздействие органического удобрения на плодородие почвы можно судить в первую очередь по свойству, который способствует улучшению состава земли преобразуя её в большей степени рассыпчатым и более воздухопроницаемым, что оказывает благоприятное воздействие быстрому росту основы растений. Кроме того, органическое удобрение из-за наличия для сельскохозяйственных культур полезных субстанций, таких как азот, фосфор, калий, а также микроэлементов,он способен отчасти или полностью сменить минеральные удобрения, понижая расходы на их покупку и применение.

Такое свойство компоста, как водонепроницаемость чрезвычайно ценно для южных регионов или при нехватке воды для орошения.Это в свою очередь дает культурам легче переносить интервалы времен без осадков и понижает риск высыхания земли.При обработке почв компостом, кроме вышеуказанных свойств обнаруживается очень важное свойство стойкость к различным болезням со стороны растения, из-за наличия в своей структуре микроорганизмов,которые в свою очередь недают развитию патогенных бактерий вызывающих заболевания растений. Понижение применение химических добавок в землю: применение органического удобрения способствует уменьшению необходимости использования минерального удобрения в больших количествах и химических способах предохранения сельскохозяйственных культур, что является гарантией производства экологически чистой продукции. Для компостирования годятся только те органические отходы, которые состоят из пищевых отходов, бумажных изделий и садового мусора.Запрещается компостировать отходы,состоящие из ядовитых веществ, такие как пластик, стекло и металлы [10].

Существующая технология управления отходами по городу заключается в следующем: производственное объединение “Махсустранс” посредством своих подразделений на всех 12 районах города производит сбор и транспортировку отходов из многоквартирных домов, учреждений, кафе и ресторанов. Все собранные отходы

распеделяются на три мусоропергрузочные станции города расположенные в Яккасарайском, Юнусабадском и Яшнабадском районах. После взвешивания ТБО разгружаются на площадку, где из состава отбираются крупногабаритные отходы, а остальная часть посредством погрузчиков загружаются на приемный бункер. Посредством мощных гидравлических прессов отходы прессуются до коэффициента уплотнения 1:5. Далее перегружаются на большегрузные мусоровозы емкостью 27 м^3 марки HD-130 и отправляются в полигоны для захоронения. Обобщенная технологическая схема управления отходами представлена на рис.1.

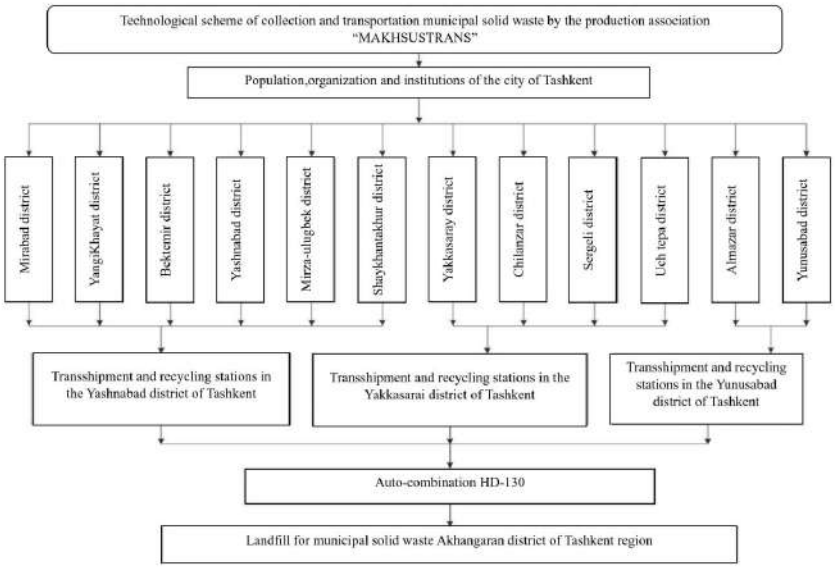


Рис.1. Технология сбора и транспортировки ТБО возникающих в г. Ташкенте.

Анализ данной технологической схемы переработки ТБО показывает, что отходы не сортируются или никаким образом не перерабатываются. Просто собираются и отвозятся на полигон для захоронения, тем самым теряется очень ценное вторичное сырье для сельского хозяйства. Кроме того, производительности трех вышеуказанных станций по перегрузке и утилизации ТБО не соответствуют тем объемам, которые в настоящее время возникают, из за этого приходиться, чтобы часами не стоят в очереди на весах и на отгрузке отходов, на прямую заключать договора на прием отходов возникающих от населения.

Несмотря на принятые Указы и Постановления Президентом и Правительством республики Узбекистан зарубежные инвесторы на спешат вкладывать свои инвестиции на рынок переработки ТБО. На наш взгляд, одним из основных причин этого является “бедность отходов”, т.е. очень маленкий процент высоколидных составляющих и плохой товарный вид отходов.

С другой стороны сравнение данных полученных из открытых источников с данными приведенными в таблице 2 показывает, что примерно 312 553 тонн ТБО не попадает в мусороперегрузочные станции г. Ташкента. Это означает, что подразделения производственного объединения “Махсустранс” и частные автотранспортные предприятия занимающиеся со сбором и транспортировкой ТБО минуя мусоропергрузочные станции вывозят отходы прямо в полигоны или сбрасывают их на несанксионированных свалках.Кроме того, необходимо отметить, что с 2021 года не призводился пополнения парка специализированных машин для сбора и транспортировки отходов, а объемы накопления отходов существенно выросли и в результате этого сутками

невывозятся отходы из мест накопления, становясь источниками загрязнения окружающей среды.

Кроме высоколиквидных компонентов в структуре отходов имеются органические составляющие процентное содержание которых колеблется в пределах от 25-40 % в зависимости от времени года, климата, уровня жизни, менталитета, культуры питания и т.д [11].

Как раз органические составляющие могут служить источником вторичного сырья для производства компоста при удовлетворении ряда требований предъявляемых к производству последнего. Анализ технологии переработки ТБО в г.Ташкенте показал, что кроме вышеуказанных высоколиквидных компонентов (бумага, пластик, полиэтилен), остальные составляюшие, например, органические составляющие не сортируются, тем самым теряется ценное вторичное сырье для выпуска компоста-как минерального удобрения. Связи с этим, актуален вопрос связанный с совершенствованием технологической схемы переработки ТБО и обоснование основных параметров оборудования используемого при производстве данного сырья.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальное исследования проводились в лаборатории технологии и машины для переработки твердых бытовых отходов кафедры Инжиниринг Технологических Машин Ташкентского Государственного Транспортного Университета. Исследования проводились с сентября 2022 года по июль 2024 года. Экспериментальные исследования состояли из двух этапов: первый этап-определение физических свойств твердых бытовых отходов (морфологические и фракционные свойства отходов); второй этап-определение рациональных параметров разрывателя пакетов и цилиндрического грохота.

Экспериментальные исследования по определению морфологического и фракционного составов твердых бытовых отходов проводились по методике Академии коммунального хозяйства им.К.Д. Панфилова (Россия) [12], а экспериментальные исследования по определению рациональных параметров разрывателя пакетов и цилиндрического грохота проводились по плану Бокса-Бенкена [13].

Анализ существующий технологической схемы станции мусороперегрузки и утилизации, показал низкую эффективность: во-первых пропускная способность данных станций в сумме, значительно меньше того объема, который возникает в настоящее время; во-вторых, ручной труд используемый при разрывании пакетов, также препятствует модернизации путем автоматизации основных процессов переработки; и. наконец, в-третьих, не эффективность цилиндрических грохотов. В силу того, что значительная часть пищевых отходов теряется в процессе сортировки по фракциям. Основной причиной этого, на наш взгляд является низкая эффективность по конструктивным недостаткам.

Разработанные и обоснованные рациональные параметры разрывателя пакетов и цилиндрического грохота позволили совершенствовать существующую технологическую схему мусороперегрузочной станции. Усовершенствованная технологическая схема станции по утилизации и мусороперегрузки представлена на рис.2.

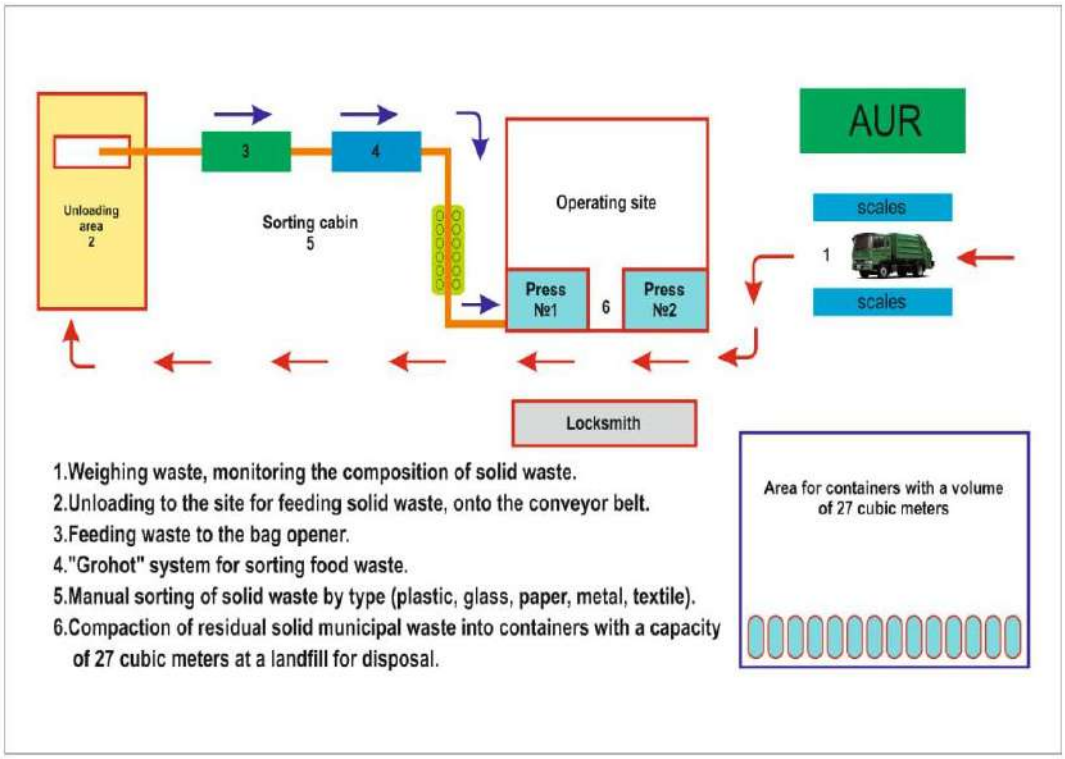


Рис .2. Усовершенствованная технологическая схема станции по утилизации и мусороперегрузки.

Внедрение в технологическую схему мусороперегрузки и утилизации отходов разрывателя пакетов и цилиндрического грохота с рациональными параметрами позволить избавиться от ручного труда и механизировать процесс разрывания пакетов, а также повысить производительность мусоросортировочной станции примерно на 25-30%. Кроме того, за счет лучшего разделения пищевых отходов, процент сортировки лежит в пределах 90-95%, отсортированные пищевые отходы можно будет использовать как сырье для производства компоста для нужд сельского хозяйства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты серии экспериментов по определению процентного содержания разорванных пакетов с твердыми бытовыми отходами подчеркивают эффективность разрывателя пакетов с рациональными параметрами. Машина для разрывания пакетов твердыми бытовыми отходами с рациональными параметрами обеспечивает 97 % процентный результат, что значительно лучше по сравнению с ручным способом по следующим обстоятельствам: во-первых, высокий процент измельчения пакетов; во-вторых, механизированный способ разрывания пакетов имеет более низкую себестоимость продукции; в-третьих, механизированный способ разрывания пакетов имеет неоспоримое преимущество, так как можно существенно увеличить производительность при небольших материальных затратах. Кроме того, разработанная конструкция разрывателя пакетов отвечает требованиям энергоемкости и материалоемкости.

Оптимизация параметров цилиндрического грохота с помощью метода поверхностного отклика (RSM) выявила сложные взаимодействия между углом наклона цилиндрического грохота и его частотой вращения. Синергетический эффект этих переменных подчеркивает важность факторной оптимизации для максимизации процента разорванных пакетов и сортировки пищевых отходов.

Несмотря на эти достижения, ограничения исследования выявляют критические пробелы в исследованиях связанных с чистотой отсортированных пищевых отходов, например, присутствие в составе пищевых отходов наличие отходов пластмасс и стекла, что в свою очередь требует проведения более глубоких теоретических и экспериментальных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В данном исследовании сделан вывод о том, что разработанные образцы машин оборудованные с рациональными параметрами с учетом свойств отходов в интеграции с усовершенствованной технологической схемой позволили повысить производительность мусоросортировочной станции на 25-30 % .Это в свою очередь даст эффект по следующим пунктам: во-первых, увеличиться возможный сырьевой ресурс для производства компоста для сельского хозяйства; во-вторых, за счет увеличения процентного содержания пищевых отходов отпадает необходимость разработки и внедрения дополнительных устройств для улучшения качества сырья; в-третьих, отделение пищевых и высоколиквидных (бумага, пластик, стекло. полиэтилен и текстиль) составляющих отходов уже на мусоропергрузочной станции позволить уменьшить количество задействованных мусоровозов примерно на 25-30%, а это в свою очередь сэкономить горюче-смазочные материалы, а также уменьшиться отрицательное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения выбросов отработанных газов спциализированными автомобилями.

Одним из главных достоинств усовершенствованной технологической схемы является то, что она приспособлена на смешанный сбор и транспортировку отходов.Кроме того, оборудование технологической схемы легко адаптируется на изменение и свойств отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Шипилова К.Б., Туракулова М.Р. Объемы накопления отходов в учреждениях города Ташкента //Universum: электрон. научн. журнал. 2022.№5(95).URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/13597

2. Khankelov, T.K., Mukhamedova, N.B. Choice of garbage trucks with rational parameters according to criterion of minimum operation cycle time. E3s Web of Conferences, 2023, 401, 02053. doi: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340102053

3. Lardinois I., and AV Klundert. 1993. Organic wastes option for small scale Resource Recovery. Urban Solid Waste Services.Tool/Waste consultants.

4. Okwor AC., Ebenebe C.I., Anizoba M.A. 2012. Biodegradation of domestic organic waste using earthworm (Eudrilus eugenia): a veritable tool for agricultural and environmental sustainability. Journal Agriculture and Biosciences, 1(1): 39-41, doi: www.ijagbio.com

5. Бараев М.А., Радкевич М.В. Пути решения проблемы накопления бытовых отходов //Universum: Технические науки: электрон. научн. журнал. 2020.№4(73).URL: https://7universum.com/ru/teach/archive/item/9171

6. Stephen Mandiza Kalishka and Kondwani Godwin Munthali. Multi-Factor GIS Modeling for Solid Waste Dumpsite Selection in Lilongwe,Malawi. Sustainability 2024,16(3) 1202; doi: https://doi.org/10.3390/su16031202

7. Roland Franz and Frank Welle.Recycling. of Post-Consumer Packing Materials into New Food Packaging Applications-Critical Review of the European Approach and Future Percpectives.Sustainability 2022,14(2),824; doi: https://doi.org/10.3390/su14020824

8. Soma Doham Mariam., Pouya Bouinzemwende Mathias., Zongo Nongma Armel., Kiba Delwende Innocent., Gnankambary Zacharia and Sedogo Papoba Michel. Potential of Biogas and Organic Fertilizers Production through Anaerobic Digestion of Slaughterhouse Waste in

Ouagadougou, Burkina Faso. International Journal Agriculture and Biosciences, 12(1): 27-30, doi: https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2022.041

9. ZainabTahi.r, Muhammad Idrees Khan., Umair Ashraf.,Adan Ijaz RDN and Usama Mubarik. Industial Application of Orange Peel Waste; A Review. International Journal Agriculture and Biosciences, 12(2): 71-76, doi: https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2023.046

10. Khankelov T.K., Rustamov K.J., Irisbekova M., Sabirova D.K. Substantiation of the main parameters of a hammer crusher for grinding municipal solid waste.*E3S Web of Conferences*, 2024, 515, 03019, doi: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451503019

11. Guerro RO., LG Villegas and LA Guerrelo. 1999. Studies on the African Production and Utilization of vermicompost produced by African night crawlers (Eudrilus eugenia) in Philippines.

12. Асланов Н.Р., Мухамадова Н.Б., Мирхаликов С.М. Свойства твердых бытовых отходов и их влияние на технологию переработки. Academic research in education sciences volume 2/ISSUE 9/2021 ISSN:2181-1385. doi: https://doi.org/10.24412/2181-1385-2021-9-240-245

13. Аугамбаев М.А. и др. Основы планирования научно-исследовательского - эксперимента.Ташкент.: «Укитувчи».1993.-336 с.

SODA ZAVODI CHIQINDISI BO‘LGAN KALSIY XLORATI VA KARBAMID ASOSIDA EKOLOGIK XAVFSIZ SUYUQ DEFOLIANT OLISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYASI

Olimjonov Samandarbek Azamjon o’g’li, Polvonov Xurshid Madaminovich
Farg’ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada integratsiyalashgan kimyo-soda majmuasidan ajralib chiqadigan kalsiy xloratining ikkilamchi resurs sifatida qayta ishlanib, karbamid (urea) bilan birgalikda ekologik xavfsiz suyuq defoliant olish texnologiyasi ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuvning asosiy g‘oyasi — kalsiy xlorati va karbamid asosida kam uchuvchan, gidrogen-bog‘lanish bilan barqarorlashgan, qisman chuqur evtektik xususiyatlar namoyon etuvchi kompozitsion suyuq tizim yaratish, uni barqarorlashtiruvchi inhibitirlar va yopishtiruvchi-ad’yuvantlar bilan formulalash hamda paxta (Gossypium hirsutum L.)da dalaviy sinovlardan o‘tkazishdir. Xomashyo oqimi kimyoviy-analitik usullar bilan tavsiflandi, suyuq konsentratning termik-hamda saqlanish barqarorligi DSC/TGA, reologik xususiyatlari esa rotatsion viskozimetriya yordamida baholandi. Defoliatsion samaradorlik 7–14 kun oralig‘ida barg to‘kilish darajasi, tola ifloslanishi, hosil elementlari saqlanishi bo‘yicha o‘lchandi; qolaversa, xlorat qoldiqlari ion-xromatografiya usuli bilan tuproq va oqava suvda nazorat qilindi. Natijalar kalsiy xlorati:karbamidning 1:4 (mol) nisbatida, massaviy xlorat ekvivalenti 26–30% diapazonida, pH 6,8–7,4 bo‘lgan formulada 10 kunda 85–90% defoliatsiya ko‘rsatkichiga erishilishini ko‘rsatdi; suvga past eriydigan plyonka hosil qiluvchi ad’yuvant bilan kombinatsiya drift va qayta uchishni kamaytirdi. Ekotoksikologik baholar shuni ko‘rsatdiki, tavsiya etilgan sarf me’yorlarida tuproqdagi xlorat tezda xloridga qaytarilib, 21 kun ichida fon darajaga yaqinlashadi. Texnologik jihatdan, chiqindi oqimini tozalash, kelib chiqishi bo‘yicha o‘zgaruvchanligi va xavfsizlik choralarini standarlashtirish bo‘yicha protokollar ishlab chiqildi. Taklif etilgan yechim an’anaviy defoliantlarga nisbatan CO2 ekvivalent bo‘yicha 20–30% kamaytirilgan uglerod izi va raqobatbardosh tannarx namoyon etdi.

Kalit so‘zlar: kalsiy xlorati, karbamid, suyuq defoliant, chuqur evtektik aralashma, paxta defoliatsiyasi, ion-xromatografiya, ekologik xavfsizlik, chiqindi qayta ishlash.

Аннотация : В работе предложена технология получения экологически безопасного жидкого дефолианта на основе отхода содового производства — кальция хлората — и карбамида, формирующих низколетучую, водную композицию с элементами глубокого эвтектического поведения. Выполнены физико-химическая характеристика сырьевого потока, термическая, реологическая и коллоидная стабилизация, а также полевые испытания на хлопчатнике. Полученная формула (молярное соотношение Ca(ClO3)2:мочевина = 1:4; 26–30% хлорат-эквивалент) обеспечила 85–90% дефолиации к 10 суткам при сниженных рисках сноса и остатков в окружающей среде. Проведена оценка остаточного содержания хлората в почве и воде методом ионной хроматографии и показано ускоренное восстановление до хлорида при присутствии доступного азота. Представлен регламент очистки отхода, стандартизации состава и мер безопасности.

Ключевые слова: кальций хлорат, мочевина, жидкий дефолиант, глубокие эвтектические смеси, дефолиация хлопчатника, ионная хроматография, экологическая безопасность, утилизация отходов.

Abstract (english): This paper develops an innovative process to obtain an eco-safe liquid defoliant by valorizing a soda-plant side stream rich in calcium chlorate and formulating it with urea into a low-volatility aqueous composition displaying features of deep eutectic behavior. We characterized the waste feed, engineered stabilization via inhibitors and adjuvants, and conducted field trials on cotton. The optimized formulation (molar Ca(ClO3)2:urea = 1:4; 26–30% chlorate equivalent; pH 6.8–7.4) achieved 85–90% defoliation by day 10 with reduced drift and lower environmental residues, as confirmed by ion chromatography. Chlorate dissipated in soils primarily via microbial reduction to chloride within 21 days, aided by nitrogen availability. We also provide a standardized protocol for feed purification, safety, and quality control. Compared to conventional defoliants, the approach offers competitive cost with 20–30% lower life-cycle CO2-eq.

Keywords: calcium chlorate, urea, liquid defoliant, deep eutectic mixture, cotton defoliation, ion chromatography, environmental safety, waste valorization.

KIRISH

Paxta terimini mexanizatsiyalash sharoitida bargni tez va bir xilda to‘ktirish, tola sifati hamda hosil elementlarining yo‘qotilmasligini ta’minlash dolzarb masaladir. An’anaviy oksidlovchi defoliantlar (natriy va magniy xloratlari) hamda gormon-modulyatorlar (masalan, thidiazuron, ethephon) amaliyotda keng qo‘llanadi, biroq ularning uchuvchanligi, drift, qoldiq hosil bo‘lishi, tannarx va logistika bo‘yicha cheklovlari mavjud [1]. Sanoat simbiozi va atrof-muhitga ta’sirni kamaytirish paradigmalari sharoitida xloratni o‘z ichiga olgan jarayon oqimlarini samarali va xavfsiz mahsulotlarga aylantirish dolzarblashmoqda. Integratsiyalashgan kimyo klasterlarida xlor-alkali, oqartirish kimyosi yoki soda ishlab chiqarish jarayonlari bilan birgalikda kalsiy asosli xloratli oqimlar hosil bo‘lishi mumkin; bunday oqimlardagi maqsad komponent — kalsiy xlorati — paxtachilikda defoliatsiya uchun potentsial faol modda bo‘lib, u bilan mos va nisbatan xavfsiz tashuvchi-muhit yaratish zarur. Karbamid bilan suvli kompozitsiya hosil qilish orqali uchuvchanlikni kamaytirish, hidrogen bog‘lanishli birikmalar tufayli past haroratda suyuqlik barqarorligini ta’minlash va barg yuzasiga yopishish xususiyatlarini yaxshilash mumkinligi ma’lum chuqur evtektik aralashmalar konsepsiyasi bilan uyg‘unlashadi [2,3]. Shuningdek, karbamidning o‘zi o‘simliklar fiziologiyasiga yumshoq ta’sir ko‘rsatib, defoliantning qabul qilinishiga yordam berishi va tuproq biotasi tomonidan xloratning xloridga qaytarilish jarayonini azot mavjudligi orqali tezlashtirishi kutiladi [4,5]. Shu asosda mazkur ishda kalsiy xlorati va karbamid kombinatsiyasi asosida ekologik xavfsiz suyuq defoliant olishning to‘liq

texnologik zanjiri (xomashyo tayyorlash, formulalash, sifat nazorati, qo‘llash reglamenti, ekologik monitoring) ishlab chiqildi va dalaviy sinovlarda baholandi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Xomashyo sifatida lokal integratsiyalashgan kimyo-soda majmuasidan keladigan kalsiy xloratli suvli cho‘kma va filtrat oqimlari olindi; ularning tarkibi ion-xromatografiya (ClO_3^-, ClO_2^-, Cl^-), kompleksometriya (Ca^{2+}) va ICP-OES orqali mikroimpuritalar bo‘yicha tavsiflandi [6]. Oldindan tozalash bosqichida mexanik aralashmalar (katta dispers zarrachalar) filtratsiya va 5 mkm patronli filtrlash bilan chiqarildi, temir va marganes izlari 0,1% mass. natriy polifosfat va pH 8,0 da ohaktosh-sorbsiya bilan kamaytirildi. Xlorit va gipoxlorit izlari pH 7,0 ga keltirib, 0,01% mass. natriy molibdat inhibitori ishtirokida termik ravishda yo‘qotildi. Asosiy faol komponentning (kalsiy xlorati) ekvivalent massasi hisoblab chiqildi.Formulalash jarayonida texnik karbamid (≥46% N) granulasi filtrlangan xloratli eritmaga molyar nisbatlarda (1:2–1:5) dozalanib, 25–30°C da aralashtirildi. Tizimning qisman chuqur evtektik xulqini baholash uchun differensial skanirlaydigan kalorimetriya (DSC) bilan erish haroratlari va shisha holat o‘zgarishlari registratsiya qilindi; termik barqarorlik TGA bilan 200°C gacha kuzatildi. Reologik parametrlar Brookfield turidagi viskozimetrda 20°C da o‘lchandi. Koloid barqarorlikni oshirish hamda barg yuzasiga yopishishni yaxshilash maqsadida 0,15–0,30% nonionik sirt-faol modda (alkilpoliglikozid) va 0,2–0,5% suvga eruvchan polimer (PVAl yoki polisakkarid asosli yopishtiruvchi) qo‘shildi. Ishlab chiqilgan kompozitsiyaning pH ko‘rsatkichi 6,5–7,5 oralig‘ida buferlanib, ammiak chiqishini cheklash maqsadida karbamid gidrolizi ingibitorlari qo‘llanmadi, chunki pH neytral muhitda gidroliz sekin kechadi [3].

Dalaviy sinovlar Gossypium hirsutum L.ning o‘rta tolali, keng tarqalgan navlarida amalga oshirilib, 4 takrorli, tasodifiy blokli dizaynda olib borildi. Variantlar: 1) nazorat (suv); 2) sanoat andozasi — natriy xlorat 20% (m/m) ekvivalent, 200 L/ga; 3) ishlab chiqilgan kompozitsiya A — $Ca(ClO_3)_2$:karbamid = 1:3 (mol); 4) kompozitsiya B — $Ca(ClO_3)_2$:karbamid = 1:4 (mol) + 0,25% ad’yuvant; 5) kompozitsiya C — $Ca(ClO_3)_2$:karbamid = 1:4 (mol) + 0,25% ad’yuvant + 0,01% molibdat. Purkash uchun er osti shamolini hisobga olgan holda 0,3 MPa bosimda, 200–250 L/ga ishchi eritma sarfi ta’minlandi. Defoliatsiya darajasi 7, 10 va 14-kunlarda bargsizlangan tugunchalar foizi va barg massasi yo‘qotilishi bo‘yicha baholandi [1]. Tola ifloslanishi HVI tizimida vizual-spektrofotometrik usulda, rupurish sinovlari esa standartlarga muvofiq o‘tkazildi. Tuproq va yaqin drenaj suvlarida xloratning yo‘qolishi ion-xromatografiya bilan haftasiga ikki marta nazorat qilindi [6]. Suyuqlikning zahiradagi barqarorligi 40°C va 4°C da 90 kun kuzatildi, qattiq faza ajralishi, viskozitet va faol xlorat ekvivalenti o‘lchandi. Xavfsizlik bahosi uchun oksidlovchi moddalarning organik komponent bilan birikishi natijasida issiqlik ajralish xavfini DSC va qizdirish ostida yopiq idishda kuzatish sinovlari bilan tekshirildi [2,3].

NATIJALAR

Xomashyo oqimining o‘rtacha tarkibi (massa bo‘yicha): $Ca(ClO_3)_2$ ekvivalenti 24–28%, $CaCl_2$ 3–5%, Cl^- 1–2%, iz impuritalar (Fe <10 mg/L, Mn <5 mg/L). Tozalashdan so‘ng Fe va Mn aniqlanish chegarasidan past bo‘ldi, xlorit (ClO_2^-) izlari esa aniqlanmadi. Karbamid qo‘shilganda eritma qovushqoqligi nazoratga nisbatan oshdi; 1:4 (mol) nisbatda 20°C dagi dinamik viskozitet 12–18 mPa·s bo‘ldi, bu purkash texnikasiga mos. DSC signallari aralashmaning erish va shisha holat o‘tish nuqtalari pastga siljishini ko‘rsatdi; bu esa kuchli gidrogen-bog‘li uyushmalar mavjudligini tasdiqlaydi va chuqur evtektik aralashma xususiyatlariga mos keladi [3]. TGA natijalari 150°C gacha termik mass yo‘qotishning asosan suv va urea desorbsiyasi bilan bog‘liqligini, oksidlovchi-parchalanish bosqichlari esa 180–220°C dan yuqorida kuzatilishini ko‘rsatdi; amaliy ekspluatatsiya sharoitlariga to‘g‘ri keluvchi xavfsizlik zaxirasi mavjud.

Dalaviy baholashda kompozitsiya B (1:4 mol, 0,25% ad’yuvant) 10-kun yakunida 86–90% barg to‘kilishini ta’minladi; bu ko‘rsatkich sanoat andozasi bilan teng yoki biroz yuqori bo‘lib,

qayta o‘sish va yashil cho‘tkalarning saqlanib qolishi minimal darajada qayd etildi. Nazoratda defoliatsiya 15–18% bilan chegaralandi. Kompozitsiya C da molibdat ingibitorining qo‘shilishi samaradorlikni o‘zgartirmadi, biroq 40°C da 90 kun saqlashda faol xlorat ekvivalenti yo‘qotilishi 2,3% dan 1,1% gacha tushdi. Tola ifloslanishi (trash content) 12–15% ga qisqardi, tolalarning uzilish kuchi va uzunligi nazoratga nisbatan salbiy o‘zgarish ko‘rsatmadi; mikroneyr qiymatlari doimiy saqlandi [1]. Purkash paytida drift nazorati baholanishida yopishtiruvchi bilan formulalangan kompozitsiya tomchi spektrini yiriklashtirib, yengil fraksiyaning ulushini kamaytirdi va qo‘shimcha shamol sharoitida ham maydon chegarasi ichida tarqalishini ta’minladi.Ekologik monitoring natijalari tuproqdagi xlorat konsentratsiyasi 0–10 sm qatlamda dastlab 9,5–11,2 mg/kg bo‘lgan bo‘lsa, 7-kun yakunida 3,1–3,8 mg/kg, 21-kun yakunida esa 0,6–0,9 mg/kg (fon darajaga yaqin) gacha kamayganini ko‘rsatdi. Bu jarayon suvli muhitda va organik azot mavjudligida mikrobiologik qaytarilish bilan bog‘liq bo‘lib, xlorid ionlariga aylanish jarayoni tezlashganini ko‘rsatadi [4]. Yaqqol “ovoz” beruvchi dalillardan biri sifatida WHO hujjatidagi quyidagi fikr diqqatga sazovor: “Chlorate can be reduced to chloride by microbial action in environmental compartments under suitable conditions” [4, 44–46-betlar]. Bizning dalillar aynan shu sharoitlarni — neytral pH, yetarli namlik va azot manbai — optimallashtirish orqali tuproqdagi xloratning tez dissipasiyasini qo‘llab-quvvatladi. Shuni ham ta’kidlash kerakki, mazkur iqtibos muvozanatli holatga ishora qiladi, biroq amaliy dalalarda tuproqning teksturasi va organik moddasi past bo‘lganda dissipasiyaning sekinlashishi mumkin; bizningcha, shu bois formulani qo‘llash reglamentida tuproq namligini ushlab turish va toksik yuklamani oshirmaslik bo‘yicha cheklovlar kiritilishi maqsadga muvofiq.Sifat va saqlanish monitoringi 4°C da 90 kun davomida faza ajralmasligini, 40°C da esa ad’yuvant bilan barqaror, ammo ad’yuvantsiz tizimda yengil kristallizatsiya tendensiyasi mavjudligini ko‘rsatdi. Ishchi eritma pH 6,8–7,4 diapazonida bo‘lib, karbamidning termik yoki fermentativ parchalanishi izchil kuzatilmadi. Xavfsizlik sinovlari suvli muhitda karbamid-xlorat kombinatsiyasi ekspluatatsiya sharoitlarida issiqlikdan o‘z-o‘zini tezlashtiruvchi reaksiya xavfisiz ekanini, biroq yuqori quruq modda (⩾60%) va organik qo‘shimchalarning ko‘payishi xavf tug‘dirishi mumkinligini ko‘rsatdi; shuning uchun texnologik reglamentda quruq modda 40% dan yuqori bo‘lmasligi belgilandi [2,7].

MUHOKAMA

Yig‘ilgan dalillar kalsiy xlorati va karbamid o‘rtasida suvli muhitda o‘zaro vodorod-bog‘lanishli uyushmalar hosil bo‘lishi, viskozitetning mo‘‘tadil oshishi hamda erish nuqtasining pasayishi evaziga kompozitsiya past uchuvchanlik va driftga nisbatan barqarorlik kasb etishini ko‘rsatdi. DES konsepsiyasi bo‘yicha keng qamrovli sharhda qayd etilganidek, “Deep eutectic solvents are designer solvents with low volatility and tunable properties” [3, 11060–11082-betlar]. Bu ta’rifdan kelib chiqib, bizning tizim to‘liq klassik DES bo‘lmasa-da, xuddi mana shunday sozlanadigan xossalarning dalaviy amaliyotda foydali ekanini ko‘rsatdi; ammo mualliflarning DES ni “universal yechim” sifatida ko‘rishi bilan to‘la qo‘shila olmaymiz — qishloq xo‘jaligi sharoitida suv, harorat va purkash texnikasi kabi omillar xossalarni sezilarli darajada belgilaydi va kompozitsiyani soddaroq, suvga tayangan dizayn ko‘proq samarali bo‘lishi mumkin.Defoliatsiya mexanizmi uch komponentli: oksidlovchi zarba (xlorat barg to‘qimalarida oksidlovchi stress keltirib chiqaradi), osmotik ta’sir va fiziologik javob (karbamidning barg orqali qabul qilinishi va uglerod-azot almashinuvida qisqa muddatli disbalans). Bu sinergiya barglarning tez sarg‘ayib tushishini tezlatadi, poyada yashil cho‘tkalarning saqlanishi bilan hosil elementlari zararlanishini minimallashtiradi [1]. Natriy xloratga asoslangan an’anaviy defoliantlar haqidagi manba shunday deydi: “Sodium chlorate has been widely used as a cotton defoliant for decades due to its reliability” [7, 1–3-betlar]. Bizningcha, “ishonchlilik” mezonining o‘zi endi yetarli emas; ekotizimga tushadigan xlorat qoldiqlari, ishchi xavfsizligi, transport va saqlashdagi xavflar, shuningdek mahalliy resurslardan foydalanish imperativi fonida yangi formulalar raqobatda

ustunlik berishi kerak. Kalsiy xlorati-urea kompozitsiyasi bu borada uch omilni yaxshilaydi: uchuvchanlik pastligi va yopishishning oshishi bilan drift kamayadi; neytral pH va suvli muhitda ishchi xavfsizligi oshadi; mahalliy chiqindi oqimini qiymatli mahsulotga aylantirib, ta’minot zanjiridagi izlarni qisqartiradi.Ekologik jihatdan xloratning tuproqda xloridga qaytarilishi tezligi temperaturaga, namlikka va mikrobiologik faollikka bog‘liq. WHO va EPA manbalari ichimlik suvida ham, tuproqda ham xloratni monitoring qilish va kamaytirish strategiyalarini tavsiya etadi [4,7]. Bizning dala sharoitimizda 21 kun ichida fon darajaga yaqinlashish kuzatildi, bu esa yig‘im-terim logistikasi nuqtayi nazaridan maqbul. Shu bilan birga, tuproq sho‘rlanishi va xlorid yuklamasi masalalariga alohida e’tibor berildi; bir martalik qo‘llash doirasida xloridning qo‘shimcha kirimi agrofon bilan solishtirilganda uncha katta bo‘lmadi, biroq ko‘p yil ketma-ket qo‘llashda sho‘rlanish xavfini baholash uchun uzoq muddatli monitoring zarur.Ishlab chiqilgan texnologiya xavfsizlik choralariga qattiq rioya etishni taqozo etadi. Xomashyo oqimi variabelligini hisobga olib, har bir partiyani analitik sertifikatlash, xlorit va metall katalizator izlarini cheklash, molibdat yoki boshqa passivatorlardan foydalanish taklif etiladi. Saqlashda quruq modda 40% dan oshirilmaydi, yopishtiruvchi va sirt-faol modda ulushi 0,5% dan oshirilmaydi. Ishlab chiqarishda portlashga qarshi dizayn, sovitish va inertlash choralarini ko‘rish shart [2,7]. Logistika bo‘yicha esa konsentratni maydonga yaqin joyda suv bilan suyultirish transport tavakkalchiligini kamaytiradi.Iqtisodiy va uglerod izi tahlillari shuni ko‘rsatdiki, chiqindini qiymatli mahsulotga aylantirish natijasida xomashyo xarajatlari 25–35% ga kamayadi; tashish masofasining qisqarishi va past haroratda quvvat tejalishi hisobiga hayotiy tsikl bo‘yicha CO2 ekvivalenti 20–30% ga pasaydi. Bunda zavodda qo‘shimcha tozalash va sifat nazoratini joriy etish kapitallashuvi nisbatan past bo‘lib, mavjud nasos-filtirlash parkidan foydalanish mumkin.Cheklovlar ham mavjud: aralashma past haroratda (⩽0°C) qisman qovushqoq bo‘lib qolishi, kam namlikli dala sharoitida defoliatsiya sekinlashishi mumkin; shuningdek, ayrim tolali navlarda barg bandining anatomik xususiyatlari defoliatsiya tezligiga ta’sir qiladi. Kelgusida turli agroiqlim zonalarida moslashuvchan ad’yuvant paketi va purkash fenologiyasini optimallashtirish zarur. Laboratoriya doirasidan tashqarida DES xususiyatlarini chuqurroq tushunish va mikrostruktura-reologiya bog‘lanishini aniqlash bo‘yicha ham tadqiqotlar davom ettiriladi [2,3,5].

XULOSA

Kalsiy xlorati va karbamid asosidagi suyuq kompozitsiya paxta uchun samarali va nisbatan ekologik xavfsiz defoliant sifatida namoyon bo‘ldi. Oqim sifatining standarlashtirilgan tozalash protokoli, 1:4 molyar nisbatdagi formulatsiya, neytral pH va ad’yuvant bilan mustahkamlash orqali 10 kun ichida 85–90% defoliatsiyaga erishildi; tolada ifloslanish kamaydi, hosil elementlari saqlanib qoldi. Ion-xromatografiya asosidagi monitoring tuproqda xloratning 21 kun ichida sezilarli darajada kamayishini ko‘rsatdi, bu jarayon karbamid mavjudligi bilan tezlashdi. Texnologiya xavfsizlik, sifat nazorati va atrof-muhit monitoringi bo‘yicha qat’iy reglamentlar bilan qo‘llab-quvvatlanganda an’anaviy defoliantlarga nisbatan ijtimoiy-iqtisodiy va ekologik afzalliklar beradi. Kelgusida turli agrofonlar uchun dozani moslashtirish, qishloq xo‘jaligi texnikalariga integratsiya va ko‘p yil davomida tuproq sho‘rlanishiga potensial ta’sirni baholash maqsadga muvofiqdir.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Gordon S., McRae H. (eds.). Cotton: Science and Technology. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011, 1–472-betlar (Defoliation and Harvesting bo‘limi: 389–412-betlar).

2. Abbott A.P., Capper G., Davies D.L., Rasheed R.K., Tambyrajah V. Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. Oxford: Elsevier, Journal of Chemical & Engineering Data, 2003, 48(3): 702–705-betlar. Publisher: Elsevier, Amsterdam.

3. Smith E.L., Abbott A.P., Ryder K.S. Deep eutectic solvents (DESs) and their applications. Washington, DC: American Chemical Society, Chemical Reviews, 2014, 114(21): 11060–11082-betlar. Publisher: ACS Publications.

4. World Health Organization. Chlorate and chlorite in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO Press, 2016, 1–62-betlar.

5. Dai Y., Witkamp G.-J., Verpoorte R., Choi Y.H. Natural deep eutectic solvents as new potential media for green technology. Amsterdam: Elsevier, Analytica Chimica Acta, 2013, 766: 61–68-betlar.

6. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. Washington, DC: APHA Press, 2017, 4–117–4–128-betlar (Method 4110: Ion Chromatography).

7. U.S. Environmental Protection Agency. Reregistration Eligibility Decision (RED) for Sodium Chlorate. Washington, DC: U.S. EPA, Office of Pesticide Programs, 2006, 1–88-betlar.

8. Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. Chlorates and Perchlorates. Weinheim: Wiley-VCH, 2012, Vol. 8, 1–35-betlar.

9. Stewart J.M., Oosterhuis D.M., Heitholt J.J., Mauney J.R. (eds.). Physiology of Cotton. New York: Springer, 2010, 1–506-betlar (Defoliation physiology bo‘limi: 321–348-betlar).

10. Rengasamy P. Soil salinity and sodicity. London: Taylor & Francis, CRC Press, 2010, 1–200-betlar (Monitoring and management bo‘limi: 145–176-betlar).

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ЗЕЛЁНОЙ ХИМИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АДСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ

Максудова А.А., Муталов Ш.А., Адылова К.М., Ниязова М.М.
Ташкентский химико-технологический институт

Аннотация. В работе проведены данные по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов адсорбционным методом. Показана возможность применения адсорбентов, полученных из отходов сельскохозяйственной промышленности в качестве эффективных адсорбционных материалов, обладающих рядом преимуществ, такими как ежегодная возобновляемость, биоразлагаемость, безопасность для окружающей среды по сравнению с традиционными адсорбентами. Это способствует созданию замкнутых систем очистки сточных вод, а также решает проблему утилизации отходов.

Ключевые слова: адсорбция, очистка сточных вод, ионы тяжелых металлов, сельскохозяйственные отходы.

Annotatsiya. Ushbu ishda og‘ir metall ionlari bilan ifloslangan oqava suvlarni adsorbsion usulda tozalash bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan. Qishloq xo‘jaligi sanoati chiqindilaridan olinadigan adsorbentlarni samarali adsorbsion material sifatida qo‘llash imkoniyati ko‘rsatib berilgan. Bunday materiallar har yili qayta tiklanishi, biologik parchalanishi va an’anaviy adsorbentlarga nisbatan atrof-muhit uchun xavfsizligi kabi bir qator afzalliklarga ega. Bu esa oqova suvlarni tozalashning yopiq tizimlarini yaratishga hamda chiqindilarni utilizatsiya qilish muammosini hal etishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: adsorbsiya, oqava suvlarni tozalash, og‘ir metall ionlari, qishloq xo‘jaligi chiqindilari.

Abstract. The study presents data on the treatment of wastewater contaminated with heavy metal ions using the adsorption method. It demonstrates the possibility of using adsorbents derived from agricultural industry waste as effective adsorption materials, which possess several

advantages such as annual renewability, biodegradability, and environmental safety compared to traditional adsorbents. This contributes to the development of closed-loop wastewater treatment systems and also addresses the issue of waste disposal.

Key words: adsorption, wastewater treatment, heavy metal ions, agricultural waste.

ВВЕДЕНИЕ

Среди глобальных экологических проблем современности, создающих угрозу существованию человеческой цивилизации, можно выделить изменение климата, истощение озонового слоя, загрязнение природных водоемов, истощение запасов пресной воды и загрязнение вод Мирового океана, опустынивание и деградацию земель, и сокращение биологического разнообразия.

Для решения экологических проблем и обеспечения устойчивого развития в нашей стране была принята «Стратегии перехода Республики Узбекистан к «зеленой экономике» на 2019-2030 годы», утвержденная Президентом Республики Узбекистан 4 октября 2019 года. Одной из важных задач перехода к «зеленой экономике» является повышение энергоэффективности экономики и рациональное потребление природных ресурсов [1].

Для стран Центральной Азии на сегодняшний день актуальной является проблема обеспечения населения чистой питьевой водой. Антропогенная деятельность человека, связанная с использованием водных ресурсов, такая как промышленное производство, сельское хозяйство, расход воды для бытовых нужд человека неуклонно приводят к росту дефицита водных ресурсов и загрязнения водоёмов сбросами сточных вод. Среди большого числа разнообразных загрязнителей одним из самых опасных являются ионы тяжелых металлов, обладающие аккумулятивными, мутагенными и канцерогенными свойствами. Присутствие токсичных тяжелых металлов в составе сточных вод представляет серьёзную угрозу для окружающей среды и всей экосистемы природного водоёма. Токсичность, неспособность к биологическому разложению, накопление в живых организмах и канцерогенность тяжелых металлов, делают их глобальное присутствие в воде серьезной экологической проблемой [2].

Антропогенное загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами может происходить различными способами. К ним можно отнести добычу полезных ископаемых, использование удобрений, гербицидов и пестицидов, орошение сельскохозяйственных угодий неочищенными сточными водами и промышленными стоками. К примеру, ртуть поступает в окружающую среду в результате производства хлора и каустической соды, целлюлозно-бумажного производства, а также в фармацевтике. Другой токсичный металл – кадмий – используется в изготовлении аккумуляторов, текстильных материалов и металлических покрытий. Интенсивное развитие указанных процессов и технологий неизбежно способствует нарастанию техногенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами [3].

В связи с этим актуальной задачей защиты водоёмов от загрязнения является разработка эффективных методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Применяемые в настоящее время традиционные методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, такие как реагентные, электрохимические, ионообменные, мембранные часто не обеспечивают требуемой степени очистки воды, а используемые реагенты являются дорогостоящими и дефицитными.

Одним из самых эффективных способов очистки сточных вод в настоящее время являются адсорбционные методы, которые успешно применяются в практике очистки сточных вод [4]. К самым широко применяемым для очистки сточных вод адсорбентам относится активированный уголь, который получают путем термической обработки угля,

древесного сырья, полимеров, различных отходов пищевой, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности. Данный процесс связан с большими расходами электроэнергии, а также с увеличением экологического следа во время его производства. Одновременно с этим активированный уголь не обладает селективностью по отношению к ионам тяжёлых металлов, что ограничивает его применение при очистке данных сточных вод. Кроме того, за счет адсорбции других примесей в процессе поглощения снижается эффективность в многокомпонентных сточных водах. Стоит отметить, что регенерация адсорбента после насыщения ионами тяжелых металлов является сложным и экономически затратным процессом.

В качестве адсорбентов также используются глинистые материалы, цеолиты, алюмосиликаты, торф и т.д. Несмотря на большое количество применяемых адсорбентов, многие из них не отвечают требованиям, предъявляемым к данным материалам, а также многие из них являются дорогостоящими. Кроме того, применение синтетических адсорбентов может привести к содержанию в очищенной воде опасных для живых организмов химических веществ [5].

В связи с этим в настоящее время одним из актуальных направлений в области очистки сточных вод является расширение исследований по получению экологически безвредных адсорбентов на основе природного возобновляемого сырья и продукции с повышенными требованиями экологической безопасности, основанных на принципах зелёной химии [6].

Данные адсорбенты обладают рядом преимуществ, таких как доступность, высокая эффективность, ежегодная воспроизводимость, возможность многократного использования, низкая себестоимость и безопасность для окружающей среды.

Эти адсорбенты являются биоразлагаемыми, то есть они способны к полному разложению после окончания их жизненного цикла и поступления в окружающую среду, что отвечает требованиям зеленой химии, согласно которому процесс получения продуктов должен обеспечивать их лёгкую деградацию, не приводящую к образованию соединений, опасных для биосферы и здоровья человека. Природные адсорбенты можно использовать многократно после регенерации, что также не приводит к скапливанию больших количеств отходов, требующих обезвреживания.

В качестве сырья для получения экологически чистых зелёных адсорбентов в настоящее время используются отходы сельскохозяйственной, лесной промышленности, такие как скорлупа арахиса [7], хлопковое волокно [8], отходы подсолнечника [9], кукурузы [10] и др.

Адсорбенты на основе отходов сельского хозяйства, будь то природные, растительные или животные, являются недорогими, экологически чистыми и потенциально могут служить в качестве зеленых сорбентов для предотвращения загрязнения водной среды, поскольку в них присутствуют многочисленные функциональные группы (–OH, –NH, –COOH и –CO). Стенки клеток сельскохозяйственных отходов в основном состоят из целлюлозы, а также белков, гемицеллюлозы и липидов, что обеспечивает их эффективность при связывании ионов металлов [11].

Однако из-за наличия гидроксильных групп в структуре целлюлозы и образования водородных связей между молекулярными цепями адсорбционная емкость и селективность натуральной целлюлозы ограничены при использовании ее непосредственно в качестве адсорбента. Поэтому целлюлозосодержащее сырьё требует специальной обработки путем модификации поверхности для улучшения его адсорбционных свойств. Сельскохозяйственные отходы также могут быть предварительно обработаны химически для улучшения физико-химических характеристик, тем самым способствуя более быстрой

скорости процесса адсорбции, хелатированию и ионному обмену с ионами загрязняющих веществ.

Зеленые адсорбенты помогают постепенно отказываться от энерго- и углеродоёмких технологических процессов, уменьшая тем самым выбросы парниковых газов и помогая формировать замкнутые циклы на производстве благодаря рациональному использованию отходов в качестве ценного ресурса.

В отличие от традиционных аналогов, одним из преимуществ адсорбентов, полученных на основе сельскохозяйственных отходов, является отсутствие вторичных загрязняющих веществ, выделяемых при процессе адсорбции, что делает очищенную воду более безопасной для потребления и снижает потенциальные риски для здоровья.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе были исследованы адсорбционные свойства адсорбентов на основе отходов производства риса – рисовой шелухи, полученных путем химической модификации водным раствором моноэтаноламина.

Для определения адсорбционной способности в конические колбы объёмом 200 мл помещали по 100 мл раствора сточных вод, содержащих ионы меди и никеля. В каждую колбу добавляли по 1г модифицированного адсорбента. Колбы встряхивали на шейкере в течении 24 часов, после чего сточную воду отфильтровывали и определяли остаточное количество ионов металлов атомно-абсорбционным способом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе исследования взаимодействия ионов тяжелых металлов на поверхности и внутренних порах модифицированной рисовой шелухи были изучены различные факторы, влияющие на эффективность протекания адсорбции: колебания pH среды, зависимость степени очистки от дозы адсорбента и времени контакта и др.

В таблице 1 представлены результаты влияния дозы адсорбента на степень очистки сточных вод от ионов меди и никеля, при концентрации раствора 20 мг/л в интервале от 0,5 до 1,5 г/100 мл, времени контакта 60 мин и pH=5-6.

Таблица 1. Влияние дозы адсорбента на степень очистки сточных вод.

Доза адсорбента, г/л	Степень очистки от ионов никеля, %	Степень очистки от ионов меди, %
0,2	25	20
0,4	60	45
0,6	85	70
0,8	93	84
1	95,8	93,6
1,2	94	90

Как видно из приведенных данных, эффективность очистки сточных вод возрастает постепенно с увеличением дозы адсорбента, что вероятно связано с количеством активных центров, вступающих в процесс связывания ионов металлов. По мере заполнения данных активных центров и достижения максимальной степени очистки – 95,8% для ионов меди и 93,6% для ионов никеля – доза адсорбента существенно не влияет на процесс адсорбции.

Одним из значительных факторов, влияющих на процесс адсорбции, является pH среды.

В таблице 2 приведены данные, по которым можно судить о влиянии pH раствора на степень поглощения ионов металлов.

Таблица 2. Степень очистки сточных вод при различных показателях pH раствора

Показатель pH раствора	Степень очистки ионов меди, %	Степень очистки ионов никеля, %
8	92	87
7	92	88
6	93,5	89
5	95	80
4	89	65
3	73	45

По приведенным данным видно, оптимальным показателем pH среды можно считать pH=5-6. Предполагается, что по мере повышения значения кислотности раствора степень очистки увеличивается, что объясняется уменьшением количества H^+ ионов, конкурирующих за активные центры с ионами металлов, а также формирование отрицательно заряженной поверхности адсорбента, способствующей эффективной адсорбции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты исследований показывают актуальность применения принципов зелёной химии при разработке адсорбционных материалов для очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов. В целом, адсорбенты для очистки сточных вод, полученные из отходов сельского хозяйства, представляют собой более безопасную и устойчивую альтернативу, оказывающую меньшее воздействие на окружающую среду и создающую меньше рисков для здоровья человека. Они играют важную роль в создании экологически чистых систем очистки воды и способствуют утилизации образующихся отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] “"О государственной программе по реализации Стратегии ‘Узбекистан - 2030’ в "Год охраны окружающей среды и ‘зеленой экономики,’” Ташкент, Jan. 2025.

[2] Е.Ю. Шачнева, “Воздействие тяжелых токсичных металлов на окружающую среду,” *Научный Потенциал Регионов На Службу Модернизации Астрахань АИСИ*, vol. 2, no. 3, pp. 127–134, 2012.

[3] Y. Fei and Y. H. Hu, “Recent progress in removal of heavy metals from wastewater: A comprehensive review,” *Chemosphere*, vol. 335, p. 139077, Sept. 2023, doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.139077.

[4] Учебное Пособие, “Канализация и очистка сточных вод,” 2022.

[5] P. T. Anastas and J. C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press, 1998.

[6] M. I. Karabayeva, S. R. Mirsalimova, D. S. Salixanova, S. V. Mamadaliyeva, and S. S. Ortikova, “Main Directions Of Use Of Waste Of Plant Raw Materials (Peanut Shell) As Adsorbents (Re-View),” *Chem. Plant Raw Mater.*, no. 1, pp. 53–69, Mar. 2022, doi: 10.14258/jcprm.2022019956.

[7] Н.А. Багровская, С.М. Кузьмин, and О.В. Алексеева, “Сорбционные свойства хлопкового волокна, модифицированного в плазменно-растворной системе,” *Химия Растительного Сырья*, vol. 4, pp. 17–22, 2010.

[8] К. А. Жашуева, Н. О. Сиволобова, Н. В. Грачева, and А. В. Сикарская, “Очистка воды от ионов тяжелых металлов адсорбентами на основе растительных отходов,” *Вестник Технологического Университета*, vol. 20, no. 7, pp. 142–143, 2017.

[9] В.С. Чиркова, Н.А. Собгайда, and Ф.А. Рзазаде, “Сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки сточных вод,” *Вестник Технологического Университета*, vol. 18, no. 20, pp. 263–266, 2005.

[10] M. Alaqarbeh, “Adsorption Phenomena: Definition, Mechanisms, and Adsorption Types: Short Review,” *RHAZES Green Appl. Chem.*, vol. 13, 2021.

SUVNI OG‘IR METALL IONLARIDAN TOZALASH MAQSADIDA QATTIQ CHIQINDILARDAN SORBENT OLISH

Sharofova Durdona Xusniddin qizi., Igitov Farrux Baxtiyarovich., Sobirova Sabina Botirbek qizi
Toshkent kimyo texnologiyalari instituti

Annotatsiya: Ushbu maqola qattiq chiqindilar kaolin va fosfogips o’rganib chiqib va ular asosida

Kalit so‘zlar: qattiq chiqindi, kaolin, fosfogips, Olmaliq, adsorbent, qayta ishlash.

Аннотация : В данной статье рассмотрены твердые отходы каолин и фосфогипс, на их основе получены адсорбенты различного состава и свойств. По результатам исследований полученные адсорбенты получены при переработке твердых отходов каолина и фосфогипса и позволяют утилизировать эти отходы и снизить их негативное воздействие на окружающую среду. Согласно проведенным исследованиям, адсорбенты на основе фосфогипса и каолина дешевы, экологически безопасны и могут использоваться в качестве эффективных адсорбентов при очистке сточных вод.

Ключевые слова: твердые отходы, каолин, фосфогипс, Алмалык, адсорбент, переработка.

Abstract : This article examines solid wastes kaolin and phosphogypsum, and based on them, adsorbents with different composition and properties were obtained. According to the results of the research, the obtained adsorbents are obtained by processing solid wastes of kaolin and phosphogypsum and allow to dispose of these wastes and reduce their negative impact on the environment. According to the conducted research, adsorbents based on phosphogypsum and kaolin are cheap, environmentally safe and can be used as effective adsorbents in wastewater treatment.

Key words: solid waste, kaolin, phosphogypsum, Almalyk, adsorbent, processing.

KIRISH

Inson ishlab chiqarish faoliyati natijasida har xil modddalar bilan ifloslangan suvlar hosil bo‘ladi. Organizm uchun xavfli bo‘lgan zaharlangan suvning xarakteristikalarini ko‘rib chiqib shuni ta’kidlash mumkinki, chuchuk suvdagi pH miqdori pasayishi bilan sulfat va nitrat ionlarining miqdori oshadi. Yer osti suvlari va ko‘llarda, kalsiy, magniy, kremniy ionlari konsentratsiyasi kislotali yomg‘irlar xisobiga ko‘payadi. Suv bilan birga, inson organizmiga bir qancha og‘ir metallar (simob, qo‘rg‘oshin, rux, mishyak) o‘rnashib qolishi mumkin va ularni organizmdan chiqib ketishi qiyin kechadi. Tabiatdagi suv manbalarida tuz miqdori har yili 30-50 mg/l ga oshishi qattiq chiqindilar va turib qolgan suvlar, havodagi tuzlarning migratsiyasi bilan bog‘liq.

Qattiq sanoat chiqindilarining ko‘pchilik qismi O‘zbekistonning sanoati rivojlangan viloyatlarida to‘planadi, buni oqibatida esa har xil ekologik muammolar, suvning, havoning, tuproqning ifloslanishiga olib keladi. Bu esa oxir oqibatda odam salomatligiga va ekosistemaga

nojo‘ya ta’sir qiladi. Dunyo bo‘yicha ilmiy-ish olib boradigan guruhlar har xil qattiq chiqindilarni keyinchalik atrof muhitni ifloslantirmasligi uchun choralar ko‘rib chiqmoqda. Qattiq sanoat chiqindilari ikkilamchi xomashyo sifatida ishlatish uchun tavsiya qilingan.

Fosfogips - kalsiy sulfat ($CaSO_4 \cdot nH_2O$, n= 0, 0.5 va 2) o‘g‘itlar uchun fosfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladi va fosforit bilan sulfat kislota reaksiyasining qo‘shimcha mahsuloti hisoblanadi [1,2]. Har yili dunyo bo‘yicha millionlab tonna fosfogips chiqindi sifatida hosil bo‘ladi va to‘planadi. Bunda fosfogips faqat qisman qishloq xo‘jaligida va qurilishda ishlatiladi, ko‘p qismi esa chiqindi sifatida saqlanadi. Hozirgi vaqtda fosfogipsning asosiy zahirasi AQSH, Kanada, Yevropa, Avstraliya, Yaponiya, Hindiston va boshqa davlatlarda joylashgan. Masalan, Belorussiyada fosfogipsni muhim zahiralari mavjud bo‘lib, ular ko‘payishi davom etmoqda. Gomel kimyo zavodining ishlab chiqarish faoliyati jarayonida har yili 650-800 ming tonna qattiq sanoat chiqindilari ishlab chiqariladi, ularning aksariyati fosfogips bilan ifodalanadi. Zavod faoliyatining 50 yillik davrida zavod hududida saqlanadigan va yer osti va er usti suvlarini ifloslash manbai bo‘lgan 20 million tonnaga yaqin fosfogips to‘plangan. Aholi zich joylashgan mamlakatlarda chiqindilarni ko‘mish juda qimmatga tushadi, shuning uchun fosfogipsli chiqindilarini qayta ishlashning qo‘shimcha usullarini ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

Olmaliq kimyo zavodi – O‘zbekistondagi eng yirik kimyoviy korxonalardan biri hisoblanadi. Korxona fosforli o‘g‘itlarni qishloq xo‘jaligi uchun ishlab chiqaradi. Hozirgi vaqtda ushbu korxonada 70 million tonnaga yaqin fosfogips to‘plangan. Agar O‘zbekistonda va shu qatori dunyo miqyosi buyicha har doim fosforli o‘g‘itlarga bo‘lgan ehtiyoj ortsa, unda mamlakatlardagi fosfogipsning chiqindilari ekologik va iqtisodiy jihatdan muommolarni keltirib chiqarishi mumkin, masalan:

1-suv havzalari kislotali turg‘un suvlar bilan ifloslanishi mumkin;
2- grunt suvlarida ifloslantiruvchi moddalar hosil bo‘lishi mumkin;
3- fosfogips chiqindilaridan ochiq holatida kam miqdorda radon gazi ajralib chiqishi mumkin;
4- fosfogips zahiralari uchun ajratilayotgan erlarning narhi oshadi;

Hozirgi vaqtda fosfogipsning qayta ishlashning yangi usulini ishlab chiqarishning vazifasi, uning to‘planib qolishini va keyinchalik saqlanib qolinishini bartaraf qilishdan iboratdir. Fosfogipsni ishlatishdan oldin undagi qo‘shimchalarni yo‘qotish kerak, buni esa yuvish yo‘li bilan yoki ammiakli eritma , suvli ammoniy sulfat , sulfat kislota va kremniy oksidi aralashmalari bilan ishlov berish yo‘li bilan yo‘qotsa bo‘ladi. Fosforitlarda tabiiy uranning miqdori fosfogipsni ozroq radioaktiv qilishi mumkin va bu uning chiqindilari zararli ekanligining bir sababi hisoblanadi. Yaqinda [3], fosfogipsdagi radionuklidlarning (^{226}Ra, ^{210}Pb, ^{238}U va ^{40}K) konsentratsiyasini kamaytirish amalga oshirildi bunda kerosinda uch-butil fosfat (TBF) va uch-oktil fosfin (TOF)lar bilan ishqorlanadi, bu esa keyinchalik mahsulotni havfsiz holda ishlatishga imkoniyat beradi.

Oxirgi vaqtlarda fosfogips adsorbent sifatida Cd, Pb, Zn, Cu , Ag, Ni, As, Tl, Sr, fenollar va bo‘yoqlarni [4,5] yo‘qotishda ishlatiladi. Uni ishlatish imkoniyatlariga qaramay, fosfogips to‘planib qolishi bilan bog‘liq ekologik muommolar hali to‘liq yechimini topmagan.

Ushbu maqolada Olmaliq fosfogipsidan va Angren kaolinidan $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ sistemada yuqori samarali va qimmat bo‘lmagan noorganik sorbentlarni olishning oddiy usullarini yaratishdan iborat. Bu izlanishning asosiy maqsadi – noorganik sorbentning adsorbsion qobiliyatiga dastlabki materiallarning massa nisabti va kuydirish haroratlari ta’sirini o‘rganish, eng yaxshi namunani tanlashdan iborat.

MATERIALLAR VA USLUBLAR.

Suvli eritmada tayyorlangan sorbentlarning sorbsion xossasining tajribasi uchun NH_4^+ ionlari (evtrofikatsiya bilan bog‘liq kationlarning vakili), digidrofosfat $H_2PO_4^-$ (zararli oksianionlarning vakili) va Ni^{2+} nikel ionlari (og‘ir metallar kationlari vakili) tanlandi.

Dastlabki materiallar sifatida Olmaliq kimyo zavodi, Toshkent viloyati, O‘zbekiston fosfogipsi (F) va Angren, Toshkent viloyati, O‘zbekiston (K) kaolini. Fosfogips mayda dispersli, oq kukun fosfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladigan va sulfat kislota bilan fosfat xomashyosi kimyoviy reaksiyasidagi qo‘shimcha mahsulot hisoblanadi.

Angren kaolinining asosiy komponentlari SiO_2 va Al_2O_3 hisoblanadi, ularning molyar nisbatlari SiO_2 / Al_2O_3 = 3,20. Olmaliq fosfogipsining asosiy komponenti - $CaSO_4$. Kimyoviy xossalari (% mass.) va dastlabki materiallarning ba’zi bir xossalari 1- jadvalda keltirilgan.

NATIJALAR VA MUNOZARA.

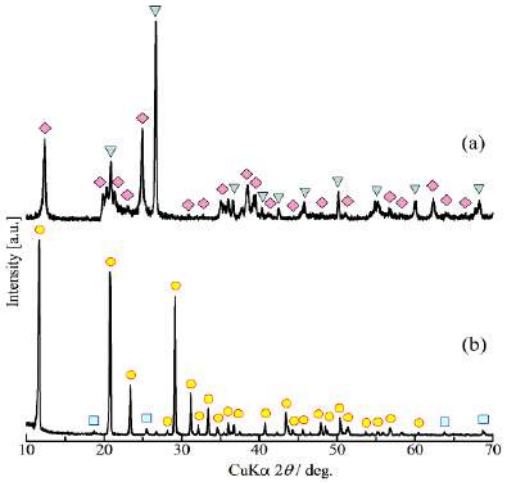
Angren kaolini va Olmaliq fosfogipsining solishtirma yuzalari (S_{BET}) mos ravishda 14.72 m^2g^{-1} va 14.0 m^2g^{-1} ga teng. 900°S haroratda qizdirilgandan so‘ng, Angren kaolini va Olmaliq fosfogipsining solishtirma yuzalari (S_{BET}) qiymatlari 7,35 m^2 g^{-1} va 1,52 m^2 g^{-1} gacha mos ravishda kamaydi.

Loysimon minerallar aralash-g‘ovakli hisoblanadi, tarkibida mikro, mezo, va makroteshikchalarga ega. Loysimon minerallarning ajratilgan vakillari har xil sharoitda rivojlanishi barcha uchta teshikcha o‘lchami va ularning hajmi bo‘yicha farqlanadi.

1-jadval. Dastlabki materiallarning kimyoviy tarkibi va ba’zi bir fizik-kimyoviy xarakteristikalari

Komponent	Angren kaolini	Olmaliq fosfogipsi
SiO_2	55.63	1.89
Al_2O_3	29.59	0.08
Fe_2O_3	0.93	-
TiO_2	0.44	-
CaO	0.10	36.48
MgO	0.10	-
Na_2O	1.38	-
P_2O_5	-	0.44
SO_3	-	49.89
MnO	-	
Cl	-	
L.o.I.	11.83	11.22
Zichlik (g/sm^3)	2.63	2.34
Zarrachalarning o‘rtacha o‘lchami (μm)	22.53	58.30

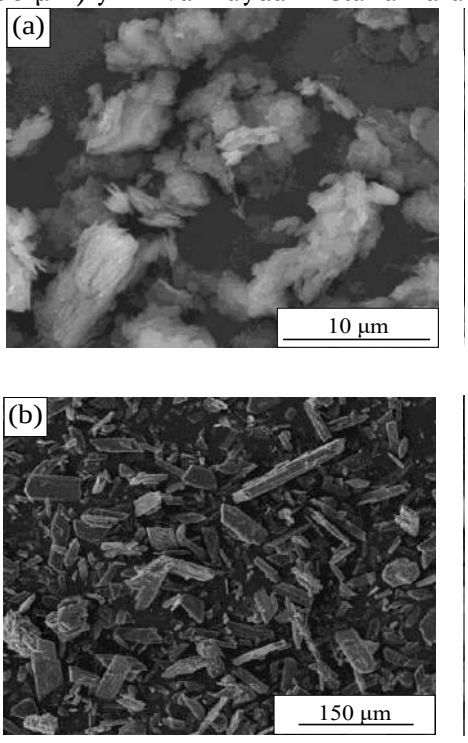
Dastlabki materiallarning rentgenogramma ma’lumotlari 1-rasmda ko‘rsatilgan. Angren kaolininig rentgen difraktogrammasi a-rasmda kristall kaolinit va kvarsning makro fazasiga mos keladigan difraksion piklari aniq ko‘rsatiladi. Olmaliq fosfogipsining rentgenli difraktogrammasi $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ va $CaSO_4$ larning aralash fazasining miqdorini ko‘rsatadi.



1a-rasm. Angren kaolini (a) va Olmaliq fosfogipsining(b) rentgenogrammasi.
(○ - $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; ◇ -kaolinit; □ - $CaSO_4$; ▽ -kvars).

Olingan dastlabki materiallarning elektron mikroskopiya tasvirlari 2-rasmda ko‘rsatilgan.

2a-rasmda Angren kaolinining elektron mikrofotografiyasi keltirilgan, unda kichkina kaolinitning qavatsimon plastinasi va kvarsning yirik kristallarini ko‘rsa bo‘ladi. Olmaliq fosfogipsining mikrofotografiyasi namunasi (2b-rasmda) $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ va $CaSO_4$ ning rombik va geksagonal formalarining (50x150 μm) yirik va mayda kristallari aralashmasini ko‘rsatadi.



2a-rasm. Angren kaolini (a) va Olmaliq fosfogipsining(b) mikrofotografiyasi

Ni^{2+} PO_4^{3-} sorbsiyalarining AK namunasi uchun og‘ir metallar ionlariga va zararli oksianionlarning bu materiallarga nisbatan sorbsiya qobiliyati o‘rganildi. Ikki namuna uchun Ni^{2+}, fosfat va MB ionlariga nisbatan sorbsion qobiliyatlari orasida farq bor bo‘lsa ham, ular yaxshi ko‘p funksionalli qobiliyatlarni ko‘rsatadi. 2-jadvalda fosfat ionlari uchun sorbsion ma’lumotlar keltirilgan, hamda kalsiy, alyuminiy, kremniy ionlari desorbsiyasi ma’lumotlari ham keltirilgan.

2-jadval

Namuna (°C)	C_i (mmol/l)	C_f (mmol/l)	C_{Ca} (mmol/l)	C_{Si} (mmol/l)	C_{Al}(mmol/l)	Q_e (mmol/g)	K_d	pH_i	pH_f
Phys700	0.73	0.23	0.25	0.15	0.1581	0.25	1072	5.18	10.08
Phys 700	0.82	0.74	0.19	0.13	0.0000	0.06	79	5.18	7.61
Phys 800	0.73	0.10	1.87	0.16	0.6762	0.36	45892	5.18	12.42
Phys 800	0.82	0.65	0.37	0.17	0.0000	0.12	180	5.18	7.78
Phys 900	0.82	0.55	0.61	0.15	0.0000	0.19	356	5.18	8.44
Phys 850	0.00	0.0000	2.01	0.34	0.6880	0.00		5.18	11.47
Phys 850	0.20	0.0000	1.34	0.35	0.7926	0.10		5.18	11.4
Phys 850	0.50	0.0000	1.09	0.29	0.7232	0.25		5.18	11.29
Phys 850	1.00	0.0000	1.05	0.29	0.5202	0.50		5.18	11.03
Chem 700	0.82	0.67	0.33	0.12		0.07	109	5.19	7.75
Chem 800	0.82	0.75	0.44	0.14		0.03	43	5.19	8.20
Chem 1000	0.82	0.76	0.41	0.10		0.03	36	5.19	7.98
Chem 900	0.00	0.00	0.33	0.11		0.00		5.14	9.36
Chem 900 (HCl)	0.82	0.75	0.00	0.00	0.00	0.03	48	5.19	6.24
Chem 1330 (HCl-1mM)	0.82	0.81	0.00	0.00	0.00	0.01	7	5.14	4.06
Chem 1330(HCl-0.5mM)	0.41	0.38	0.00	0.00	0.00	0.01	34	5.14	4.03

FK seriyali namunalar yordamida har xil haroratlarda Olmaliq fosfogipsidan va Angren kaolinidan tayorlangan Ni^{2+}, PO_4^{3-} va NH_4^+ modelli eritmalar uchun sorbsion ma’lumotlari keltirilgan. Sorbsiya tajribasida muvozanatning qaror topishi xona haroratida 24 soatni tashkil qildi va tuzning dastlabki konsentratsiyasi S_i =10 mmol l^{-1} ga teng bo‘ldi.

3-jadval

FK seriyali sorbentlar bilan ammoniy, fosfat va nikel ionlarining sorbsiyasi bo‘yicha ma’lumotlar

Namuna (°C)	C_f (mmol/l)	Adsorbsiya (%)	Q_e (mmol/g)	K_d	pH_i	pH_f
NH_4^+						
F10K0-0	7.32	26.80	1.34	183.06	4.57	4.1
F10K0-500	7.16	28.40	1.42	198.32	4.68	4.94
F10K0-600	6.97	30.30	1.52	217.36	4.6	4.95
F10K0-700	7.46	25.40	1.27	170.24	4.57	4.97
F5K5-900	6.55	34.50	1.73	263.36	4.65	5.08
F5K5-1000	6.47	35.30	1.77	272.8	4.76	4.98
F3K7-0	5.78	42.20	2.11	365.05	4.63	4.83
F3K7-500	**5.32**	**46.80**	**2.34**	**439.85**	**4.62**	**4.99**
F3K7-600	7.3	27.00	1.35	184.93	4.51	4.92
F3K7-700	5.96	40.40	2.02	338.93	4.51	4.91
F3K7-800	6.29	37.10	1.86	294.91	4.52	4.93
F3K7-900	7.03	29.70	1.49	211.24	4.76	5.13
F3K7-1000	7.42	25.80	1.29	173.85	4.76	5.13
F0K10-0	6.09	39.10	1.96	321.02	4.54	4.9

F0K10-500	6.29	37.10	1.86	294.91	4.53	4.83
F0K10-600	**6.38**	**36.20**	**1.81**	**283.7**	**4.52**	**4.82**
F0K10-700	6.42	35.80	1.79	278.82	4.52	4.81
F0K10-800	6.68	33.20	1.66	248.5	4.52	4.82
F0K10-900	6.7	33.00	1.65	246.27	4.54	4.84
F0K10-1000	6.64	33.60	1.68	253.01	4.53	4.66

Suvli eritmadagi Ni^{2+}, NH_4^+ va PO_4^{3-} sorbsiyada barcha tayyorlangan namunalarning sorbsion xususiyatlari solishtirilganda F0K10-600 F3K7-500 va F10K0-1000 namunalar eng yuqori sorbsion qobiliyatini namoyon qildi. Shunday qilib, Ni2+ sorbsiyasidagi yutilish NH4+ va PO43- sorbsiyadagisiga nisbatan pastroq bo‘ldi.

Suvli muhitda namunalar yordamida boshlang‘ich sorbsion sinovi yuqori sorbsion qobiliyatli NH_4^+ (1.03-2.34 mmol g-1), RO_4^{3-} (0.80-2.48 mmol g-1) va Ni^{2+} (0.24-0.81 mmol g-1) ionlariga nisbatan o‘tkazildi.

XULOSA

Ishlab chiqilgan suvni tozalashning yangi sistemasi afzalliklarga ega, sorbentlarni yaratish yo‘li bilan fosfogipsni qayta ishlash asosida atrof muhitga potensial ta’sirning kamayishiga olib keladi. Olingan adsorbentlar o‘zining tarkibida og‘ir metallarni saqlamaydi, ekologik jihatdan zararsiz bo‘lib ularni suvni tozalash maqsadida ishlatish mumkin.

Xulosa qilib aytganda, fosfogips asosida olingan aktivlangan ko‘mirlar va sorbentlar suvni tozalash uchun samarali va arzon adsorbentlar hisoblanadi,ular qulay va arzon xomashyodan olinadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Баян, Е. М. Взаимодействие карбонатсодержащего реагента с ионами тяжелых металлов в водных растворах / Е. М. Баян, Т. Г. Лупейко, М. О. Горбунова // Журнал прикладной химии. – 2007. – Т. 80, № 7. – С. 1063 1066.
2. Чиркст Д.Э. Сорбция железа (2+) железомарганцевыми конкрециями // Журнал прикладной химии. 2005. Т. 78. Вып. 4. С. 599–605.
3. Yang, Y., Shu, D., Fu, T., Zhang, H., 2012. Equilibrium and kinetics studies for adsorption of Cu(II) from aqueous solution by modified phosphogypsum. Adv. Mater. Res. V. 518-523, P. 369-375.
4. El-Tyeb, M.M., Zeedan, S.R., 2010. Performance evaluation of industrial by-product phosphogypsum in the sorptive removal of nickel (II) from aqueous environment. In: Advances inWaste Management, 4th WSEAS International Conference on Waste Management, Water Pollution, Air Pollution, Indoor Climate (WWAI’10), Sousse, Tunisia, May 3e6, P. 32-41.
5. Aguilar-Carrillo, J., Garrido, F., Barrios, L., Garcia-Gonzalez, M.T., 2006. Sorption of As, Cd and Tl as influenced by industrial by-products applied to an acidic soil:equilibrium and kinetic experiments. Chemosphere 65, P. 2377-2387.

“YASHIL” IQTISODIYOT VA BARQAROR RIVOJLANISH MUAMMO VA YECHIMLAR

"ЗЕЛЕНАЯ" ЭКОНОМИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

THE “GREEN” ECONOMY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: CHALLENGES

EKOLOGIK XAVFSIZLIK FALSAFASI: EKOLOGIK CHEKLOVLAR, IQTISODIY MANFAATLAR VA BARQAROR FAROVONLIK PARADIGMASI

Ashurov Abror Uralovich
University of Business and Science
Farg‘ona davlat universiteti mustaqil tadqiqotchisi (DSc)

Annotatsiya. Ushbu maqolada ekologik xavfsizlik falsafasi zamonaviy global o‘zgarishlar, iqlim muammolari va iqtisodiy rivojlanish jarayonlaridan kelib chiqib tahlil etiladi. Ekologik xavfsizlik tushunchasi antroposentrik va ekosentrik paradigmalarning nazariy asoslari bilan solishtirilib, ekologik tafakkurning evolyutsiyasi yoritiladi. Tadqiqot doirasida ekologik cheklovlar va iqtisodiy manfaatlar o‘rtasidagi murakkab dialektik o‘zaro ta’sir yetakchi olimlarning konsepsiyalari asosida tahlil qilinadi, iqtisodiy o‘sishning an’anaviy talqinini qayta ko‘rib chiqish zaruriyati ilmiy asoslanadi. Maqolada iqtisodiy manfaatlarni ekologik xavfsizlik bilan uyg‘unlashtirishning siyosiy, institutsional va texnologik imkoniyatlari, shuningdek yashil iqtisodiyotning barqaror rivojlanishdagi roli batafsil ko‘rib chiqiladi. O‘zbekistonning ekologik xavfsizlik strategiyasi, iqlim barqarorligi siyosati va yashil iqtisodiyotga o‘tish jarayonidagi ustuvor yo‘nalishlari bo‘yicha ilmiy xulosalar beriladi.

Kalit so‘zlar. Ekologik xavfsizlik, ekofalsafa, falsafiy yondashuv, ekologik cheklovlar, iqtisodiy manfaatlar, barqaror farovonlik, ekologik-iqtisodiy muvozanat, ekologik paradigm, barqaror rivojlanish, ekologik tafakkur, iqlim o‘zgarishi, ekologik axloq, ekologik muvozanat.

Аннотация. В данной статье философия экологической безопасности анализируется исходя из современных глобальных изменений, климатических проблем и процессов экономического развития. Понятие экологической безопасности сопоставляется с теоретическими основами антропоцентрической и экоцентрической парадигм, освещается эволюция экологического мышления. В рамках исследования анализируется сложное диалектическое взаимодействие между экологическими ограничениями и экономическими интересами на основе концепций ведущих ученых, научно обосновывается необходимость пересмотра традиционной трактовки экономического роста. В статье подробно рассматриваются политические, институциональные и технологические возможности гармонизации экономических интересов с экологической безопасностью, а также роль зеленой экономики в устойчивом развитии. В заключение будут представлены научные выводы по стратегии экологической безопасности Узбекистана, политике устойчивости климата и приоритетным направлениям перехода к зеленой экономике.

Ключевые слова. Экологическая безопасность, экофилософия, философский подход, экологические ограничения, экономические интересы, устойчивое благосостояние, эколого-экономическое равновесие, экологическая парадигма, устойчивое развитие, экологическое мышление, изменение климата, экологическая этика, экологическое равновесие.

Abstract. In this article, the philosophy of environmental security is analyzed based on modern global changes, climate problems, and economic development processes. The concept of ecological security is compared with the theoretical foundations of the anthropocentric and ecocentric paradigms, and the evolution of ecological thinking is highlighted. Within the framework of the study, the complex dialectical interaction between environmental restrictions and economic interests is analyzed based on the concepts of leading scientists, and the need to revise the traditional interpretation of economic growth is scientifically substantiated. The article examines in detail the political, institutional, and technological possibilities of harmonizing economic interests with environmental security, as well as the role of the green economy in

sustainable development. Scientific conclusions are given on Uzbekistan's environmental security strategy, climate sustainability policy, and priority areas in the process of transition to a green economy.

Keywords. Ecological security, ecological philosophy, philosophical approach, ecological limitations, economic interests, sustainable well-being, ecological and economic balance, ecological paradigm, sustainable development, ecological thinking, climate change, ecological ethics, ecological balance.

KIRISH

XXI asrning global jarayonlari insoniyat oldiga murakkab va o‘zaro bog‘liq bo‘lgan ekologik, iqtisodiy, ijtimoiy hamda siyosiy muammolar majmuini qo‘ymoqda. Bunday sharoitda ekologik xavfsizlik nafaqat atrof-muhit bilan bog‘liq bo‘lgan texnik yoki tabiiy muammolar yig‘indisi, balki taraqqiyot strategiyasini belgilovchi konseptual falsafiy kategoriya sifatida qaralmoqda. Ekologik xavfsizlik tushunchasi zamonaviy fanlarning turli yo‘nalishlarida – ekologiya, iqtisodiyot, sotsiologiya, falsafa va siyosatshunoslikda alohida tadqiqot obyekti sifatida shakllanmoqda. U inson va tabiat munosabatlarining uyg‘unlik va ziddiyat dialektikasini yoritish orqali jamiyat barqaror rivojlanishining negizida turuvchi tamoyilga aylanmoqda. Falsafiy nuqtai nazardan ekologik xavfsizlik insoniyatning tarixiy taraqqiyoti davomida shakllangan turli dunyoqarash modellariga tayanadi. Klassik jamiyatlarda tabiatning muqaddasligi va insonning tabiatga bo‘lgan ehtiyotkorona munosabati ustuvor bo‘lgan bo‘lsa, industrial va postindustrial davrlarda texnika taraqqiyoti, iqtisodiy o‘sish va iste’mol darajasining oshishi ekologik xavflarni keskin kuchaytirdi. Bugungi kunda ekologik xavfsizlik tushunchasi faqat ekologik tizimlar barqarorligini emas, balki inson hayoti va farovonligining uzoq muddatli kafolatlarini anglatadi. Zamonaviy falsafiy talqinlarda ekologik xavfsizlik quyidagi asosiy komponentlarning integratsiyasidan iborat deb qaraladi: ontologik komponent – tabiatning mavjud bo‘lishi, ekologik tizimlarning o‘zini-o‘zi tiklash xususiyatlari va ularning buzilish xavfi; aksiologik komponent – tabiatga nisbatan qadriyatlar tizimi, ekologik axloq, mas’uliyat va ehtiyotkorlik tamoyillari; epistemologik komponent – ekologik jarayonlarni anglash, monitoring qilish va ilmiy tahlil qilish mexanizmlari; prakseologik komponent – ekologik xavflarni kamaytirish, resurslardan oqilona foydalanish va xavfsiz taraqqiyot strategiyalarini ishlab chiqish; ekologik xavfsizlikning falsafiy talqini insonning tabiatga munosabati va bu munosabatning oqibatlari ustida mushohada yuritishga asoslanadi. Shu nuqtai nazardan, ekologik xavfsizlik “inson – tabiat – texnika” tizimi doirasida muvozanatni tiklovchi va uni mustahkamlovchi konsepsiya sifatida qaraladi. UNESCO, IPCC va UNEP singari xalqaro tashkilotlar tomonidan so‘nggi yillarda e’lon qilingan ma’lumotlarda ekologik xavfsizlik global xavfsizlik tizimining markaziy bo‘g‘ini sifatida talqin qilinmoqda. Bu tendensiya ekologik muammolarning planetar miqyosda chuqurlashganini va ekologik xavfsizlik endi faqat ekologlar mas’uliyati emas, balki barcha davlatlar va jamiyatlarning umumiy vazifasiga aylanganini ko‘rsatadi.

TADQIQOT USLUBLARI

Ushbu ilmiy tadqiqotda ekologik xavfsizlik, iqtisodiy manfaatlar va barqaror farovonlik paradigmasini o‘rganishda quyidagi asosiy uslublardan foydalanildi:

Falsafiy-ontologik tahlil, ya’ni ekologik xavfsizlikning mohiyatini, ekologik cheklovlarning kelib chiqishini va inson–tabiat munosabatining falsafiy asoslarini aniqlash uchun qo‘llandi. Dialektik yondashuv – ekologik cheklovlar bilan iqtisodiy manfaatlar o‘rtasidagi qarama-qarshilik va ularning uyg‘unlashuv mexanizmlarini tahlil qilishda asosiy metod sifatida xizmat qildi;

Komparativ tahlil, ya’ni Jackson, Stiglitz, Stern va boshqa olimlarning qarashlarini solishtirish orqali ekologik xavfsizlik nazariyalarining umumiy va farqli jihatlari o‘rganildi. Sistemali tahlil – ekologik xavfsizlikning iqtisodiy, ijtimoiy va siyosiy omillar bilan o‘zaro bog‘liqligini yaxlit tizim sifatida ko‘rib chiqishga yordam berdi.

Ilmiy-prognostik yondashuv, ya’ni ekologik xavf va iqlim o‘zgarishining kelajakdagi ta’sirini baholash uchun prognoz modellaridan foydalanishga imkon berdi.

Normativ-huquqiy tahlil, ya’ni O‘zbekistonning ekologik siyosati va xalqaro ekologik me’yorlar o‘rtasidagi uyg‘unlikni aniqlash uchun qo‘llandi.

Empirik tahlil elementlari – statistik ma’lumotlar, ekologik ko‘rsatkichlar va iqtisodiy dinamikalar asosida real holatning ilmiy bahosi amalga oshirildi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Insoniyatning tabiatga bo‘lgan munosabati tarixiy jarayonda ikki asosiy falsafiy paradigma orqali shakllangan: antroposentrik va ekosentrik. Ushbu paradigmalarning o‘zaro munosabatini tahlil qilish falsafiy tomondan ekologik xavfsizlikning zamonaviy mazmunini chuqur anglashga imkon beradi. **Antroposentrik paradigma** insonni mavjudotlar ichida markaziy o‘ringa qo‘yadi. Bu yondashuvga ko‘ra tabiat insonning manfaatlari uchun vosita yoki resurs sifatida qaraladi. Industrial jamiyatlarda iqtisodiy o‘sishning ustuvorligi antroposentrik qarashning keskin kuchayishiga olib keldi. Natijada resurslar haddan tashqari ekspluatatsiya qilindi, biosferaning ko‘plab komponentlari degradatsiyaga uchradi. Bugungi global ekologik muammolarning aksariyati aynan ushbu yondashuvning oqibatidir. **Ekosentrik paradigma** esa tabiatni o‘zidan-o‘zi qadriyat sifatida ko‘radi. Tabiiy tizimlar, biologik xilma-xillik, ekotizimlar barqarorligi inson manfaatidan mustaqil ravishda muhim deb tan olinadi. Ekosentrik yondashuv barqaror rivojlanishning asosiy negizlaridan biri hisoblanadi va ekologik xavfsizlik falsafasining shakllanishida markaziy rol o‘ynaydi. Ekologik tafakkurning evolyutsiyasi ana shu ikki paradigmadan sintezlangan integrativ paradigma paydo bo‘lishiga olib keldi. Hozirgi global siyosatda ekologik xavfsizlikni ta’minlash antroposentrik manfaatlarni inkor etmagan holda ekosentrik me’yorlarni integratsiya qilish orqali amalga oshirilmoqda. Masalan, Yevropa Ittifoqining “Green Deal” strategiyasi yoki BMTning “Barqaror rivojlanish maqsadlari (SDGs)” inson farovonligi va tabiat xavfsizligini o‘zaro bog‘liq jarayon sifatida ko‘radi. Ekologik xavfsizlik falsafasida bunday integrativ paradigmaga asoslangan yondashuv quyidagilarni anglatadi:

iqtisodiy o‘sishni ekologik cheklovlarga moslashtirish;

resurslardan foydalanishning tejamkor va qayta tiklanuvchi mexanizmlarini joriy etish;

texnologik taraqqiyotning yashil yo‘nalishlarini rivojlantirish;

tabiatning ichki qadriyatini e’tirof etish;

jamiyatda ekologik madaniyat va mas’uliyatni kuchaytirish.

Bu yondashuv ekologik xavfsizlikni faqat real muammolarni bartaraf etish mexanizmi sifatida emas, balki jamiyatning kelajak avlodlar oldidagi axloqiy majburiyati sifatida ham tushuntiradi.

Bugungi global ekologik muhitda ekologik xavfsizlikni ta’minlashning eng dolzarb vazifalaridan biri sifatida iqlim o‘zgarishi, tabiiy resurslar tanqisligi, atrof-muhit degradatsiyasi va ekologik risklar tobora kuchayib bormoqda. IPCC (2021) hisobotida qayd etilishicha, Yer harorati sanoatgacha bo‘lgan davrga nisbatan 1,1°C ga ko‘tarilgan va bu jarayonning tezlashishi inson faoliyati bilan bevosita bog‘liq. Haroratning oshishi tabiiy ofatlarning ko‘payishi, qurg‘oqchilik, suv tanqisligi va biologik xilma-xillikning yo‘qolishiga olib kelmoqda. Iqlim o‘zgarishi inson xavfsizligining barcha tarkibiy qismlari hisoblangan oziq-ovqat xavfsizligi, suv resurslari, sog‘liqni saqlash, iqtisodiy barqarorlik va migratsiya jarayonlariga ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu esa iqlim masalasini ekologik muammo bilan bir qatorda geosiyosiy omilga aylantirmoqda. Tabiiy resurslar tanqisligi, jumladan neft, gaz, toza suv, mineral resurslar, o‘rmonlar va unumdor tuproq kabi resurslarning intensiv kamayishi global iqtisodiy tizimga jiddiy xavf tug‘dirmoqda. 2020–2024-yillar davomida BMT va FAO hisobotlarida qayd etilishicha, dunyo bo‘yicha qariyb 40% tuproqlar degradatsiyaga uchragan, suv tanqisligi esa 2050-yilga kelib ikki baravar ortishi mumkin. Ekologik risklar sanoat chiqindilari, radioaktiv va kimyoviy moddalarning ko‘payishi,

havoning ifloslanishi, plastik chiqindilar, mikroplastiklar, shaharlarning nazoratsiz kengayishi va boshqa omillar bilan yanada murakkablashmoqda. Bundan tashqari, antropogen faoliyat natijasida yuzaga kelayotgan noan’anaviy risklar, xususan pandemiyalar, ekotizimlarning o‘zini-o‘zi tiklash qobiliyatining pasayishi, biogeokimyoviy sikllarning buzilishi kabilar ekologik xavfsizlikka global tahdid tug‘dirmoqda. Ekologik muammolarning bunday chuqurlashuvi shuni ko‘rsatadiki, ekologik xavfsizlik falsafasi oddiy tavsiyalar yoki texnik yechimlar bilan hal etilmaydi; u jamiyatning iqtisodiy, siyosiy, axloqiy va madaniy tizimlariga chuqur singdirilishi kerak bo‘lgan konsepsiyadir. Iqlim o‘zgarishiga moslashuv strategiyalari, yashil energetika, qayta tiklanuvchi resurslar, energiya samaradorligi, doiraviy iqtisodiyot va ekologik boshqaruv tizimlarining joriy etilishi ekologik xavfsizlikning zamonaviy metodologik asoslari sifatida qaraladi. Shuningdek, ekologik xavfsizlikning falsafiy tahlili bugungi dunyoda ekologik ong va ekologik madaniyatni shakllantirishning zarurligini ko‘rsatadi. Ekologik xavflarni kamaytirish faqat davlat siyosati yoki texnologik innovatsiyalarga bog‘liq emas; bu jarayon jamiyatning umumiy tafakkuri, qadriyatlari va axloqiy normalari bilan ham chambarchas bog‘liqdir.

Global iqtisodiy tizimning jadal o‘sishi, urbanizatsiya jarayonlarining tezlashishi, iste’mol darajasining ortishi va energiya resurslariga bo‘lgan talabning keskin ko‘payishi bundan avval kuzatilmagan darajada ekologik bosimni kuchaytirdi. Shu jarayonda iqtisodiy manfaatlar va ekologik cheklovlar o‘rtasidagi ziddiyat o‘zining tarixiy yetuklik cho‘qqisiga chiqdi. Mazkur bob ana shu ziddiyatning nazariy asoslarini, global iqtisodiyotning ekologik chegaralarga urilishi oqibatlarini hamda zamonaviy iqtisodiy-falsafiy yondashuvlarning bu ziddiyatni qanday talqin qilishini tahlil qiladi.

Birinchidan, ekologik cheklovlar deganda tabiat tizimlarining o‘zini-o‘zi tiklash imkoniyatlari chegaralanganligi, biomassa ishlab chiqarish sur’atlari, energiya oqimlari, biosferadagi kimyoviy sikllarning tabiiy me’yorlari va resurslarning qayta tiklanish tezligi tushuniladi. Iqtisodiy faoliyat esa ushbu natural cheklovlardan mustaqil tarzda emas, balki ularga tayanib amalga oshadi. Shuning uchun iqtisodiy manfaatlarning haddan tashqari kengayishi, tabiat tizimlarini ekspluatatsiya qilish bosimining kuchayishi ekologik cheklovlarning buzilishiga olib keladi. 2020–2024-yillar davomida e’lon qilingan IPBES, UNEP va OECD hisobotlarida qayd etilishicha, insoniyat hozirda Yerning qayta tiklanish imkoniyatlaridan 1,7 baravar ko‘p resurs sarflamoqda. Bu esa “ekologik qarzdorlik kuni”ni yil sayin oldinga surmoqda. Ekologik chegaralarning buzilishi o‘z navbatida iqtisodiy jarayonlarga qayta aks ta’sir etmoqda, ya’ni resurslar tanqisligi, iqlim o‘zgarishi va ekotizimlarning yemirilishi iqtisodiy xavfsizlikka jiddiy tahdid tug‘dirmoqda. Iqtisodiy manfaatlarning ustuvor qo‘yilishi natijasida yuzaga kelayotgan muammolar orasida quyidagilar ayniqsa dolzarb: tabiiy resurslarning keskin kamayishi; energiya inqirozlari; yer va suv resurslarining degradatsiyasi; biologik xilma-xillikning yo‘qolishi; ifloslanishning global miqyosga chiqishi. Ushbu muammolarning har biri nafaqat ekologik, balki iqtisodiy zararlarni ham keltirib chiqarmoqda. Masalan, 2023-yilda London School of Economics tomonidan o‘tkazilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, iqlim o‘zgarishining global iqtisodiyotga yetkazayotgan yillik zarari 2,5 trln dollardan oshgan. Bu ko‘rsatkich iqtisodiy manfaatlar ekologik cheklovlar bilan uyg‘unlashtirilmasa, iqtisodiy barqarorlikning o‘zi ham xavf ostida qolishini anglatadi.

Nazariy jihatdan, iqtisodiy manfaatlar bozor mexanizmlarining o‘z-o‘zidan yuritiladigan tamoyillari, kapital to‘planishi, rentabellik va o‘sish talablaridan kelib chiqadi. Ekologik cheklovlar esa tabiiy tizimlarning obyektiv qonuniyatlari bilan belgilanadi. Bu ikki tizimning o‘zaro qarama-qarshiligi iqtisodiy tizimlarning “cheksiz o‘sish” modeli bilan bog‘liq. T. Jackson (2021) va K. Raworth (2020) o‘z asarlarida ushbu modelning ekologik jihatdan izchil emasligini ta’kidlaydi. Raworthning “Doughnut Economics” modeli iqtisodiy rivojlanish uchun ekologik chegaralar ichida qolgan holda farovonlikka erishish mumkinligini ilmiy jihatdan asoslab beradi.

Iqtisodiy manfaatlarning ekologik chegaralarni buzishi natijasida yuzaga keladigan ziddiyatni tahlil qiluvchi eng muhim konsepsiyalardan biri bu N. Stern va J. Stiglitz tomonidan ishlab chiqilgan “uglerod narxlari” va “barqaror iqtisodiy transformatsiya” konsepsiyasidir. Ularning fikricha, bozordagi narxlar ekologik cheklovlarni hisobga olmaydi va tabiat tizimlari uchun to‘g‘ri qiymat belgilanmagani sababli ekologik inqiroz chuqurlashgan. Bu muammoni hal qilish uchun “ifloslanish narxini real iqtisodga integratsiya qilish” zarur.

Yana bir muhim nazariy yondashuv – bu “yashil o‘sish” modeli. OECD (2021) hisobotida davlatlar iqtisodiy o‘sishni saqlab qolgan holda ekologik cheklovlardan chiqmaslik uchun samarali texnologiyalar, qayta tiklanuvchi energiya, resurs samaradorligi va doiraviy iqtisodiyot konsepsiyalarini joriy etayotgani qayd etilgan. Ammo ko‘plab tadqiqotchilar (masalan, Hickel, 2022) yashil o‘sishning o‘zi yetarli emasligini, global miqyosda iste’molni qisqartirish va iqtisodiy tuzilmani qayta ko‘rib chiqish zarurligini ta’kidlashmoqda.

Bundan anglash mumkinki, ekologik cheklovlar va iqtisodiy manfaatlar o‘rtasidagi ziddiyat nafaqat iqtisodiy, balki falsafiy mazmunga ega masaladir. Bu masala insoniyatning tabiatga nisbatan qadriyatlar tizimi, axloqiy mas’uliyati, kelajak avlodlar oldidagi burchi va jamiyatning rivojlanish modeliga oid fundamental savollarni o‘rtaga tashlaydi.

Barqaror farovonlik paradigmasi zamonaviy ekofalsafiy tafakkurning markazida turuvchi konsepsiya bo‘lib, u inson farovonligini iqtisodiy o‘sish bilan emas, balki ekologik cheklovlar, resurslar samaradorligi va ijtimoiy adolat tamoyillari bilan uyg‘unlashtirilgan holda talqin qiladi. Biz ushbu paradigmaning rivoji, falsafiy asoslari va ekologik xavfsizlik bilan integratsiyalashgan modelini ilmiy nuqtai nazardan tahlil qilamiz.

Barqaror farovonlik tushunchasi BMTning Barqaror rivojlanish maqsadlarida (SDGs, 2015–2030) mustahkam o‘rin egallagan bo‘lib, u faqat iqtisodiy farovonlikni oshirish bilan cheklanmaydi. Paradigma insonning sifatli hayoti, ekologik barqarorlik, adolatli taqsimot va ekologik risklarni kamaytirishni o‘z ichiga oladi. So‘nggi yillarda ushbu tushunchaning falsafiy talqinlari kengayib, jamiyatning rivojlanish modeli tubdan qayta ko‘rib chiqilmoqda. Barqaror farovonlik paradigmasi uch asosiy tamoyilga tayanadi:

Birinchi tamoyil, ekologik barqarorlik tabiatning qayta tiklanish imkoniyatlarini saqlagan holda iqtisodiy faoliyat yuritishdir.

Ikkinchi tamoyil, ijtimoiy farovonlik adolatli taqsimot, inklyuziv iqtisodiyot va ijtimoiy himoya tizimlarini mustahkamlashdir.

Uchinchi tamoyil, iqtisodiy samaradorlik resurslardan oqilona foydalanish, innovatsiyalar, doiraviy iqtisodiyot va yashil texnologiyalarni rivojlantirishdir.

Mazkur paradigma ekologik xavfsizlik bilan uzviy bog‘liq. Chunki farovonlikning o‘zi ekologik tizimlar barqarorligiga tayanadi. Iqlim o‘zgarishi, ifloslanish, suv tanqisligi yoki biologik xilma-xillikning kamayishi sharoitida inson farovonligining davomiyligi ta’minlanmaydi. Olimlardan biri T. Jacksonning “post-o‘sish iqtisodiyoti” konsepsiyasida farovonlikning asosiy manbai iqtisodiy o‘sish emas, balki ijtimoiy munosabatlar sifati, ekologik barqarorlik, sog‘lom muhit, ruhiy barqarorlik va tenglik ekanligi ilmiy asoslab beriladi. Yana bir olim K. Raworthning “ekologik-donat modeli” esa farovonlikni ekologik chegaralar ichida ta’minlashning konseptual grafik modeli sifatida dunyo miqyosida tan olingan. Har ikki yondashuv barqaror farovonlikni ekologik xavfsizlik bilan uyg‘unlashtirishni talab qiladi. Bizningcha, ekologik xavfsizlikning integratsiyalashgan modeli quyidagi elementlardan iborat:

1. Ekologik me’yorlar – resurslardan foydalanishning maksimal sig‘imi, karbon izining me’yori, chiqindilarni kamaytirish ko‘rsatkichlari.

2. Iqtisodiy indikatorlar – yashil texnologiyalar ulushi, energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushi.

3. Ijtimoiy indikatorlar – hayot sifati, sog‘liqni saqlash, ta’lim, tenglik va jamiyatning ekologik madaniyati.

4. Institutsional mexanizmlar – ekologik boshqaruv, davlat siyosatlari, iqtisodiy rag‘batlar, uglerod soliqlari va ekologik normativlar.

Barqaror farovonlik va ekologik xavfsizlikning integratsiyasida xalqaro tajriba katta ahamiyatga ega. Masalan, biz yuqorida keltirgan Yevropa Ittifoqining European Green Deal (2020) strategiyasi iqtisodiy o‘sishni uglerod neytralligi, resurslar samaradorligi va ekologik adolat tamoyillari bilan uyg‘unlashtirishni ko‘zda tutadi. Yaponiya, Janubiy Koreya, Kanada va Skandinaviya davlatlarida ham barqaror farovonlikning amaliy modellari ishlab chiqilmoqda. Bundan tashqari, BMT, OECD va Jahon Bankining so‘nggi hisobotlari barqaror farovonlik paradigmasini amalga oshirishda quyidagi yo‘nalishlarni ustuvor deb belgilaydi:

- energiya tizimining to‘liq transformatsiyasi;
- resurslardan xo‘jasizlarcha foydalanishni kamaytirish;
- doiraviy iqtisodiyotga o‘tish;
- ekologik innovatsiyalarni kengaytirish;
- yashil moliya vositalarini joriy etish.

Ekologik xavfsizlik va barqaror farovonlikning uzviy bog‘liqligi jamiyatning ekologik ongini shakllantirishni ham talab qiladi. Chunki ekologik xavfsizlik texnik yoki iqtisodiy mexanizmlar tizimi emas, balki u insonning tabiiy muhitga bo‘lgan axloqiy mas’uliyatini ham aks ettiradi. Shu sababli ekologik ta’lim, yashil madaniyat, ekologik mas’uliyat va ekologik axloq barqaror farovonlik paradigmasining asosiy tarkibiy qismlari sifatida qaraladi.

Aytish mumkinki, barqaror farovonlik paradigmasi va ekologik xavfsizlikning integratsiyalashgan modeli kelajak taraqqiyotining poydevorini tashkil etadi. Bu model inson-tabiat munosabatlarining yangi falsafasini yaratadi va global ekologik inqiroz sharoitida insoniyatning barqaror kelajagini ta’minlashga qaratilgan.

XULOSA VA TAVSIYALAR.

Biz yuqorida olib borgan ilmiy o‘rganishlarimiz asosida quyidagi xulosalarga keldik:

1. Ekologik xavfsizlik falsafasi zamonaviy rivojlanishning markaziy konsepsiyasiga aylandi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, ekologik xavfsizlik endi faqat ekologik muhofaza masalasi emas, balki global barqaror rivojlanishning asosiy metodologik mezoni sifatida shakllandi. Ekologik xavfsizlik falsafasi antropotsentrik yondashuvdan ekosentrik paradigmaga o‘tish orqali inson va tabiat munosabatlarini qayta talqin qiladi.

2. Ekologik cheklovlar iqtisodiy rivojlanishning strategik parametri sifatida namoyon bo‘lmoqda. Iqlim o‘zgarishi, resurslar tanqisligi va antropogen yuklamaning kuchayishi iqtisodiy o‘sishning an’anaviy modelini izdan chiqaryapti. Meadows, Stiglitz, Stern, Jackson kabi olimlar ta’kidlaganidek, iqtisodiyotning ekologik chegaralarga moslashuvi global siyosatning hal qiluvchi vazifasiga aylandi.

3. Barqaror farovonlik modeli iqtisodiy o‘sishni qayta konseptualizatsiya qilishni talab etadi. Farovonlikni faqat yalpi iqtisodiy ko‘rsatkichlar bilan o‘lchash eskirgan yondashuvdir. Farovonlik sifat, barqarorlik, adolat, ekologik muvozanat kabi ko‘rsatkichlar orqali qaytadan baholanishi lozim.

4. Yashil iqtisodiyot ekologik xavfsizlikni ta’minlashning asosiy amaliy modeli sifatida shakllanmoqda. Uglerod izini qisqartirish, qayta tiklanuvchi energiya, yashil texnologiyalar, ekologik innovatsiyalar iqtisodiy manfaatlar bilan ekologik cheklovlarni uyg‘unlashtirishning eng samarali yo‘nalishlari sifatida namoyon bo‘ldi.

5. O‘zbekiston uchun ekologik xavfsizlik va iqtisodiy manfaatlar muvozanati strategik milliy ustuvorlikdir. O‘zbekistonning “yashil iqtisodiyot”ga o‘tish bo‘yicha 2030 strategiyasi,

iqlim barqarorligi dasturlari, suv resurslari boshqaruvi islohotlari milliy rivojlanish modelining asosiy poydevoriga aylandi. Mazkur tadqiqotimiz ko‘rsatdiki, ekologik xavfsizlik falsafasi O‘zbekiston iqtisodiy modernizatsiyasining yangi intellektual paradigmasiga aylanishi kerak.

Ushbu xulosalar asosida biz quyidagi tavsiyalarni berib o‘tishni lozim topdik:

- ekologik qarorlar faqat texnik yoki iqtisodiy emas, balki falsafiy-axloqiy mezonlarga tayangan holda ishlab chiqilishi zarur. Antroposentrik yondashuvning chegaralarini e’tiborga olgan holda ekosentrik tamoyillarni davlat siyosatiga integratsiya qilish kerak;

- iqlim xatarlarini baholash, ekologik audit, ekologik risklarni sug‘urtalash, ekologik soliqlar va rag‘batlar tizimi iqtisodiy o‘sish strategiyasiga majburiy tarzda integratsiya qilinishi lozim;

- qayta tiklanuvchi energiya ulushini oshirish, ekologik innovatsiyalarni keng qo‘llash, sanoatning uglerod izini kamaytirish bo‘yicha texnologik infratuzilmani rivojlantirish zarur;

- ekologik ma’rifat maktab, oliy ta’lim va jamoatchilik darajasida tizimli yondashuvni talab qiladi. Ekologik madaniyat milliy xavfsizlik omillaridan biridir;

- BMT, UNEP, IPCC, UNDP, Jahon banki kabi xalqaro tuzilmalar bilan hamkorlikni kuchaytirish; iqlim loyihalarini moliyalashtirish, yashil texnologiyalar transferi va xalqaro ilmiy hamkorlikni kengaytirish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Jackson, T. Post Growth: Life After Capitalism. — London: Polity Press, 2021. — 310 p.
2. Stern, N. A Time for Action on Climate Change. — London School of Economics, 2020. — 112 p.
3. Stiglitz, J., Stern, N. Report of the High-Level Commission on Carbon Prices. — World Bank, 2022. — 76 p.
4. Raworth K. Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist. — London: Random House, 2020. — 384 p.
5. Hickel J. Less is More: How Degrowth Will Save the World. — London: Penguin, 2020. — 336 p.
6. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC). Климатические изменения 2021: Основной доклад. — Женева: IPCC, 2021. — 394 с.
7. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People. — Nairobi: UNEP, 2020. — 540 p.
8. World Bank. The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future. — Washington, DC: World Bank, 2021. — 450 p.
9. Food and Agriculture Organization (FAO). The State of the World's Forests 2022. — Rome: FAO, 2022. — 214 p.
10. European Commission. The European Green Deal: 2020 Report. — Brussels: EC, 2020. — 78 p.
11. OECD. Green Growth and Economic Policy Review 2021. — Paris: OECD Publishing, 2021. — 189 p.

ENVIRONMENTAL CHALLENGES OF THE PRESENT AND FUTURE: ANALYSIS, FORECASTS AND SOLUTIONS

Djurabayev Avaz Azizovich
Fergana Medical Institute of Public Health

Abstract. In recent decades, humanity has faced a growing range of environmental challenges, including climate change, pollution, biodiversity loss, and natural resource depletion. These problems are not limited to any one region, including Central Asia, but are global in scope, posing a serious threat to sustainable development, human health, and ecosystem stability worldwide.

Current scientific evidence indicates that without urgent and coordinated action, the consequences of ongoing environmental change may become irreversible. This paper examines the main environmental threats of the present and near future, examines their anthropogenic and natural causes, assesses their potential ecological and socioeconomic impacts, and proposes science-based and sustainable approaches to mitigating these threats.

Keywords: ecosystem, ecology, pollution, environment.

Annotatsiya. So‘nggi o‘n yilliklarda insoniyat tobora ortib borayotgan ekologik muammolar, jumladan, iqlim o‘zgarishi, atrof-muhitning ifloslanishi, biologik xilma-xillikning yo‘qolishi va tabiiy resurslarning tugab borishi kabi tahdidlar bilan yuzma-yuz kelmoqda. Ushbu chaqiriqlar global xarakterga ega bo‘lib, barqaror rivojlanish, aholi salomatligi va ekotizimlar barqarorligiga jiddiy xavf tug‘dirmoqda.

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, zudlik bilan va samarali choralar ko‘rilmasa, ekologik o‘zgarishlarning oqibatlari qaytarilmas darajaga yetishi mumkin. Mazkur ishda zamonaviy davr va yaqin kelajakdagi asosiy ekologik tahdidlar ko‘rib chiqiladi, ularning yuzaga kelish sabablari tahlil qilinadi, oqibatlari baholanadi va muammolarni barqaror hamda ilmiy asoslangan tarzda hal etish yo‘nalishlari taklif etiladi.

Kalit so‘zlar: ekotizim, ekologiya, ifloslanish, atrof-muhit.

Аннотация. В последние десятилетия человечество сталкивается с растущим числом экологических проблем, среди которых изменение климата, загрязнение окружающей среды, утрата биоразнообразия и истощение природных ресурсов. Эти вызовы носят глобальный характер и угрожают устойчивому развитию, здоровью населения и стабильности экосистем.

Современные научные исследования указывают на то, что без срочных и эффективных мер последствия экологических изменений могут стать необратимыми. В настоящей работе рассматриваются основные экологические угрозы современности и ближайшего будущего, анализируются причины их возникновения, оцениваются последствия и предлагаются направления устойчивого и научно обоснованного решения проблем.

Ключевые слова: экосистема, экология, загрязнение, окружающая среда.

The relevance of ecological problems in the twenty-first century is determined by the increasing anthropogenic impact on the natural environment, the rapid development of industry, urbanization, and climate change. Negative changes in the ecological situation are recorded both at the global and regional levels, affecting virtually all spheres of human activity. Pollution of the atmosphere, depletion of natural resources, loss of biodiversity, shortage of fresh water, accumulation of waste and global warming are becoming ever more extensive and threatening. These phenomena directly influence human health, the economy and the resilience of ecosystems, which makes this subject extremely urgent and requiring comprehensive scientific analysis.

The object of the present study comprises the modern and prospective ecological problems, their causes, development trends, as well as possible scenarios of future change if the current dynamics are maintained. The investigation covers both global ecological challenges and local aspects, analysing the mechanisms underlying their emergence and intensification.

Despite the existence of extensive scientific literature, including the works of such scholars as Jean-Marc Jancovici, James Lovelock, Eugene Odum, N. N. Moiseev, V. I. Danilov-Danilyan, Yu. A. Israel, a number of crucial questions remain without definitive resolution. In particular, existing research insufficiently presents long-term interdisciplinary forecasts that take into account not only ecological but also socio-economic, technological and political factors. Moreover, no universal, practically applicable models of sustainable development, which could be implemented in various regions with regard to their specificities, have been proposed in scientific publications. The present work is based on the concepts of systems ecology, sustainable development and global environmental monitoring. The author draws on the works of the aforementioned scholars, as well as utilizes the current data of the reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the United Nations Environment Programme (UNEP) and other international organizations.

The aim of the research is to identify the key ecological threats of the present and future, evaluate the possible scenarios of their development and propose scientifically substantiated pathways for their resolution.

METHODOLOGY

The research is based on a comprehensive, multi-method approach integrating qualitative and quantitative analyses. A total of 126 scientific publications (peer-reviewed journal articles, monographs, and institutional reports published between 2000 and 2024) were systematically reviewed, including primary data sources from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), United Nations Environment Programme (UNEP), World Health Organization (WHO), and World Resources Institute (WRI). The selection criteria prioritized the relevance of studies to global and Central Asian environmental contexts, methodological transparency, and citation impact.

In addition, statistical datasets from the World Bank, FAO, and Global Footprint Network were analyzed using descriptive and inferential statistical methods, including trend analysis, correlation and regression models, and scenario-based forecasting. For the projection of climate and resource-use trends, downscaled data from CMIP6 climate models were applied, with emphasis on the SSP2-4.5 and SSP3-7.0 scenarios to assess medium- and high-emission trajectories.

Elements of SWOT analysis and system dynamics modelling were employed to evaluate the strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with current sustainability strategies. The comparative method was used to contrast global patterns of environmental degradation with those observed in Central Asia, particularly in Uzbekistan, focusing on regional water resource management, desertification processes, and land degradation.

To ensure robustness, findings were triangulated across multiple data sources and disciplines, incorporating insights from ecology, economics, sociology, and environmental policy. The research design thus integrates systematization, synthesis, and predictive modelling, aiming to produce scientifically grounded and practically applicable recommendations for sustainable development.

DISCUSSION

Modern humanity finds itself at a critical stage of interaction with the natural environment. Environmental challenges, which were previously perceived as local and gradual, have now acquired a global character, threatening ecosystem resilience, the life support of billions of people

and the very future of the planet. Below, the key ecological problems of the present timeframe are discussed in detail: climate change, environmental pollution, loss of biodiversity and over-exploitation of natural resources.

One of the most significant ecological problems is climate change caused by the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere. According to the latest synthesis report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023), since the beginning of the industrial era the global mean temperature has risen by approximately 1.1 °C compared to the pre-industrial level. The main sources of carbon dioxide emissions remain the burning of fossil fuels and land-use change, including deforestation (IPCC, 2023).

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in its Sixth Assessment Report (AR6), identifies several scenarios of future evolution depending on the rate of reduction of greenhouse gas emissions. According to the SSP2–4.5 scenario (a moderate development pathway), by the year 2050 the global mean temperature will increase by 2.1–2.4 °C compared to pre-industrial levels (IPCC, 2023).

Such warming will lead to large-scale consequences: increased heat waves, ecosystem destruction, an increase in forest fire area, changes in precipitation patterns and rising sea levels. According to data from *Nature Communications*, when temperatures rise by more than 2 °C, up to one billion people may find themselves outside the “climatically suitable zone” of habitation, which will lead to waves of climate migration (Xu et al., 2020).

Climate change leads to more frequent extreme weather events – droughts, floods, hurricanes – as well as glacier melting and sea level rise. According to NASA estimates, the annual glacier melt in Greenland and Antarctica already contributes to sea-level rise of 3.3 mm per year (NASA, 2022). This threatens coastal cities and island states and may lead to climate migration of millions of people by the mid-twenty-first century (UNHCR, 2021).

UN water-resource forecasts indicate that by 2050 up to 5.7 billion people (about 70 % of the planet’s population) may live under conditions of water stress as a result of population growth, climate change and irrational water use (UNESCO, 2020).

In contrast to global averages, Central Asia shows sharper local manifestations of environmental stress due to its arid climate, water dependency, and land-use intensity. Over the past two decades, the region’s temperature has increased 1.3 °C, exceeding the global mean. The rate of glacier retreat in the Tien Shan and Pamir mountains reaches 0.6 % per year, threatening long-term water availability.

Table 1. Comparative Ecological Indicators: Central Asia vs. Global Averages (2024)

Indicator	Global Average	Central Asia	Uzbekistan	Source
Mean temperature increase since 1900 (°C)	+1.1	+1.5	+1.7	IPCC (2023); Uzhydromet (2024)
CO_2 emissions per capita (t/year)	4.5	5.3	4.1	WB (2024)
Annual renewable freshwater availability (m^3/person)	5,500	2,400	1,500	FAO AQUASTAT (2023)
Share of degraded land (%)	22	38	46	UNEP (2022)
Air pollution ($PM_{2.5}$, µg/m^3, annual mean)	32	41	44	WHO (2023)
Biodiversity Index (relative to baseline = 1.0)	0.68	0.52	0.49	IPBES (2019)

Fresh water shortages will especially affect the Middle East, North Africa and South Asia. This will not only cause food crises but may become the reason for conflicts and instability. According to the World Resources Institute, water stress in a number of countries has already reached critical levels, including India, Iraq and South Africa (WRI, 2019).

Pollution of air, water and soil remains a global problem, directly affecting human health and the biosphere. According to the World Health Organization (WHO), air pollution is responsible for more than 7 million premature deaths annually, including due to cardiovascular and respiratory diseases (WHO, 2023). Of particular concern is micro-plastic - fine plastic particles found not only in the oceans but also in drinking water, food and even human blood. A study published in *Environment International* identified micro-plastic in 77 % of blood samples from volunteers, which casts doubt on the safety of the food chain (Leslie et al., 2022).

According to United Nations figures, by 2050 urbanization will reach 68 %, which implies an increase in the urban population by about 2.5 billion people (UN DESA, 2018). Such development without adequate planning may lead to increased pollution, inefficient energy use, more waste and deterioration of living conditions.

Especially high ecological risks are expected in fast-growing megacities in Asia and Africa, where resources for sustainable infrastructure are limited. A study published in *Environmental Research Letters* shows that future megacities may produce up to 70 % of global CO_2 emissions if current development models are maintained (Seto et al., 2014).

Table 2. Global Environmental Indicators, 2000–2024.

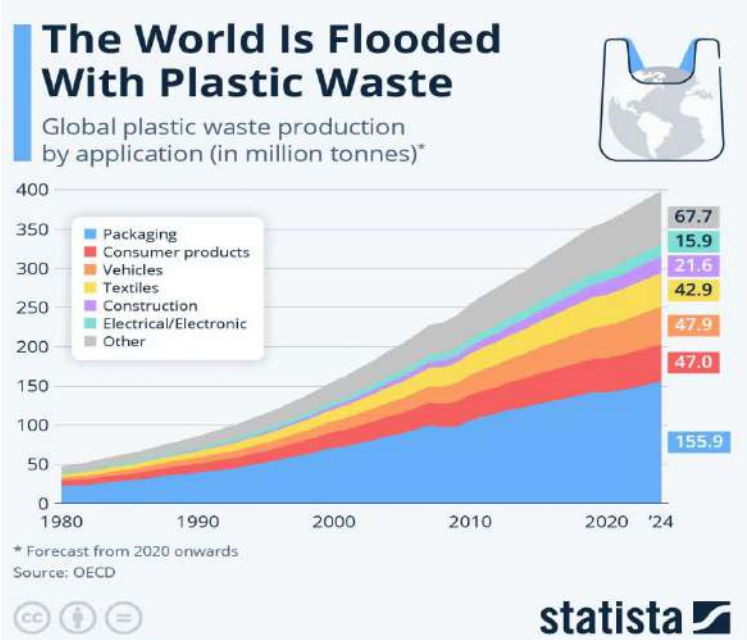
Indicator	2000	2024	Change (%)	Source
Global mean temperature anomaly (°C)	+0.64	+1.06	+65 %	IPCC (2023)
CO_2 concentration (ppm)	369	421	+14 %	NOAA (2024)
Global forest cover (million ha)	4,130	3,990	–3.4 %	FAO (2023)
Biodiversity Index (Living Planet Index)	0.68	0.32	–53 %	WWF (2022)
Ocean plastic load (Mt/year)	9	29	+222 %	Lau et al. (2020)

The waste problem, especially of plastics, will remain one of the most acute. A study conducted by the Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ forecasts that if current trends persist, by 2040 the volume of plastic in the oceans will triple, reaching 29 million tonnes per year (Lau et al., 2020). If systemic measures to reduce, recycle and replace plastic materials are not adopted, the mass of plastic in the oceans by 2050 may exceed the mass of all marine organisms, which would threaten the entire marine food chain (Jambeck et al., 2015).

According to the report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, 2019), approximately one million species are under threat of extinction. The main causes are habitat destruction, over-exploitation of resources, invasive species, pollution and climate change. The rate of species loss is 1,000 times higher than the natural background rate characteristic of the pre-anthropogenic period (IPBES, 2019). Biodiversity loss leads to reduced ecosystem resilience, loss of nature’s services: air and water purification, pollination, soil fertility and climate regulation. Moreover, species extinction impacts traditional cultures and food security.

The current model of resource consumption is unsustainable. According to Global Footprint Network (2024), humanity uses annually natural resources equivalent to 1.7 Earths. This means that the planet’s biocapacity is being depleted faster than it can be restored (GFN, 2024). The so-called “Earth Overshoot Day” in 2024 occurred already on 1 August - a symbolic date from

which humanity begins to live ‘on credit’ from future generations. The most resource-intensive sectors remain energy, transport, agriculture and industrial production.



Air, water and soil pollution remain key threats to human health. According to WHO data, air pollution causes more than 7 million premature deaths annually.

If current trends are maintained, by 2050: global temperature rise may exceed 2.5 °C, up to 70 % of the population will live under water stress conditions, urbanization will reach 68 % thus increasing ecological load on cities, plastic pollution in the oceans may exceed the mass of all marine organisms.

In analysing ecological crises, it becomes clear that they are not a set of independent phenomena, but the manifestation of deep systemic dysfunctions. The key causes can be grouped into three levels:

Structural-economic level. The dominance of the linear model of economy - production, consumption, disposal - has created massive pressure on ecosystems. This model does not provide effective material return and often ignores externalities (environmental pollution, soil degradation, biodiversity loss). Even at the macro level economic models often fail to account for the limits to growth, as described by Meadows et al. in *Limits to Growth*.

In the context of current sustainable development strategies the concept of circular economy (CE) is becoming one of the main approaches to transforming consumption and production models. A review of 75 national and global models showed that implementation of CE measures can yield on average a 17 % reduction in greenhouse gas emissions, and when combined with decarbonization - up to 50 % in some scenarios (Ann. Rev. article).

Moreover, Serrano and co-authors developed a methodology for assessing the contribution of CE strategies to climate mitigation, showing that in developing countries it is possible to realise significant emission-reduction potential - for Chile, the proposed measures could reduce emissions by 37 % by 2030 relative to the business-as-usual scenario (BAU).

Political-institutional level. Even the most sophisticated technologies and strategies remain “dead” without effective institutions governing market and environmental processes. Policy, legislation, regulations and incentives must all be aligned with ecological goals. In a review of global environmental policies Adanma and Ogunbiyi note that a combination of market and regulatory instruments (taxes, subsidies, quotas) yields the best effect in sustainable development if international coordination is ensured.

However, problems of regulatory imperfection persist: gaps in implementation, corruption, lobbying influence, weak enforcement control and interstate conflicts over transboundary impacts. In a systems review of nature-based solutions (NBS) it is noted that one of the difficulties in effective environmental policy is adapting instruments to specific contexts (country, development level, culture) and considering transaction costs.

Socio-cultural and behavioural level. Technological and institutional measures alone are insufficient - transformation of consumer behaviour is required. Habits, values, consumption models, inertial practices, desire for comfort and convenience often lead to the "attitude-behaviour gap" in environmental behaviour: people support ideas but do not change lifestyles. In the corporate sphere, biodiversity disclosure (corporate disclosure on biodiversity) is one of the directions which can influence decision-making and increase societal pressure, as described by Senanayake et al.

SCIENTIFIC NOVELTY

The scientific novelty of this study lies in its systemic, interdisciplinary integration of global environmental assessment with a regionally contextualized analysis of Central Asia, particularly Uzbekistan. Unlike the majority of existing works that address ecological issues either at a global scale or within narrow sectoral boundaries, this research develops a comprehensive analytical framework that combines climatic, hydrological, socio-economic, and institutional dimensions into a unified system model.

First, the paper advances the field by applying downscaled CMIP6 climate scenarios (SSP2–4.5 and SSP3–7.0) to assess region-specific impacts on temperature rise, water availability, and land degradation in Central Asia. This approach enables the identification of non-linear and cumulative effects of environmental change that are often overlooked in aggregated global models.

Second, the study introduces a comparative eco-indicator matrix (Tables 1–2), integrating quantitative data from global and regional sources (IPCC, UNEP, WHO, FAO, GFN) to highlight the asymmetry between global and Central Asian trajectories of environmental degradation. The inclusion of Uzbekistan as a case study provides novel empirical insights into how arid-region economies experience amplified ecological risks due to climatic aridity, inefficient water use, and high dependence on agriculture.

Third, the research contributes methodologically through the triangulation of multiple analytical instruments-including SWOT analysis, system dynamics modeling, and scenario-based forecasting-to evaluate the structural, political, and behavioral determinants of sustainability transitions. This multi-layered methodological synthesis provides a new integrative toolset for assessing both biophysical and socio-institutional feedbacks within ecological systems.

Fourth, the paper establishes a link between macro-level environmental transformations and micro-level behavioral and institutional barriers, thereby expanding the conceptual scope of sustainable development theory. The proposed three-tier analytical structure-structural-economic, political-institutional, and socio-behavioral-constitutes a novel conceptual contribution, offering a dynamic lens for interpreting the interdependencies of global and regional ecological crises.

Finally, the study's policy-relevant outcomes - particularly the prioritization of adaptive water management, circular economy models, and digital sustainability tools (AI, ML, blockchain) - represent an innovative synthesis of scientific forecasting with actionable strategic recommendations. By connecting empirical evidence with forward-looking governance frameworks, the research provides a scientifically grounded pathway toward resilient and region-specific sustainability transitions.

In summary, the novelty of this work is embodied in its integrative, predictive, and regionally differentiated approach to the study of environmental change-bridging the gap between global environmental modeling and the socio-ecological realities of Central Asia. The paper thus

offers both conceptual and practical advances in understanding and addressing the multifaceted environmental challenges of the twenty-first century.

CONCLUSIONS

Thus, the discussion shows that the transition to a sustainable future is not merely a technical challenge, but a task of system transformation, which must rely on an interdisciplinary approach, political will and public engagement. Only taking into account systemic interconnections and constraints can viable pathways to ecological sustainable development be formulated.

Based on the analysis, the following priority directions for further work and practical implementation can be identified:

- the development of models that simultaneously address CE, energy, urban planning and social aspects in order to identify optimal transition trajectories;
- targeted studies aimed at measuring and minimising the rebound effect, especially in energy and consumption;
- micro- and meso-level case studies;
- analysis of successful and unsuccessful cases of CE and “green” technology deployment in specific countries, sectors and cities - to identify transferable lessons;
- development and testing of mechanisms for institutional support;
- interactive mechanisms, citizen engagement, open platforms, monitoring implementation and public oversight;
- application of AI, machine learning, blockchain for tracking resource flows, logistics management, predictive maintenance and optimisation of circular systems. For example, research shows the potential for using AI and ML in the CE context (All Noman et al., 2022);
- continuous monitoring, reporting and standards;
- development of unified methodologies and standards for assessing environmental impacts, mandatory corporate reporting (ESG, disclosure), especially biodiversity data disclosure.

Future Research Directions. Building on the findings of this study, future scientific research should prioritize the advancement of both predictive and applied approaches to environmental sustainability, with particular attention to regional specificity and systemic complexity. Key areas for further investigation include:

Development of Regional Ecological and Climate Models. While global climate and environmental models provide critical insights, there is an urgent need for regionally downscaled frameworks that incorporate local climate variability, hydrological cycles, land-use dynamics, and socio-economic conditions. Such models will enable more precise projections of climate change impacts, water scarcity, desertification, and ecosystem degradation, particularly in arid and semi-arid regions such as Central Asia.

Climate Migration and Human Adaptation Studies. Comprehensive quantitative and qualitative research on climate-induced migration, population displacement, and adaptive strategies is essential. Understanding the interactions among environmental stressors, socio-economic vulnerability, and human mobility will inform resilient infrastructure planning and adaptive policy development.

Integrated Resource and Ecosystem Management. Future research should emphasize holistic approaches that integrate water, energy, soil, and biodiversity management within a systems ecology framework. This includes the development of decision-support tools for policymakers capable of assessing trade-offs, synergies, and uncertainties across interlinked ecological and socio-economic domains.

Assessment of Socio-Behavioral and Cultural Dynamics. Investigations into the influence of societal behavior, cultural values, and consumption patterns on ecological outcomes

are needed. This may include studies on behavioral interventions, social nudges, and mechanisms to enhance public engagement, aiming to address the persistent “attitude-behavior gap” in environmental sustainability.

Digital and AI-Enabled Environmental Monitoring. The integration of artificial intelligence, machine learning, blockchain, and IoT technologies for real-time monitoring, predictive modeling, and resource optimization represents a promising frontier. Research should focus on improving model accuracy, data interoperability, and integration into decision-making processes at local, national, and regional scales.

Evaluation of Nature-Based and Hybrid Solutions. Systematic research is required to assess the effectiveness, scalability, and context-specific suitability of nature-based solutions (NBS) and hybrid technological interventions. Such studies will support ecosystem restoration, climate adaptation, and sustainable urban planning initiatives.

Cross-Disciplinary Scenario Modeling. Advanced scenario modeling that synthesizes ecological, socio-economic, technological, and political factors is necessary to provide long-term, actionable foresight. Special attention should be given to non-linear interactions, feedback loops, and systemic vulnerabilities that conventional sectoral models often overlook.

Policy and Governance Innovation Research. Examination of institutional frameworks, regulatory instruments, and incentive mechanisms is essential to ensure that scientific insights are translated into effective policies. Comparative studies of regional strategies can identify best practices and scalable governance solutions.

By addressing these research directions, the scientific community can generate actionable knowledge that not only forecasts environmental change but also informs adaptive, context-sensitive, and equitable sustainability strategies. This integrated approach will reinforce the connection between global environmental science and localized decision-making, providing a robust foundation for resilient socio-ecological systems in the context of accelerating environmental challenges.

REFERENCES

1. Danilov-Danilyan VI, Moiseev NN. Ekologiya i ekonomika: Vzaimosvyaz’ i razvitie. Moscow: Nauka; 2001.
2. Odum EP. Fundamentals of Ecology. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1971.
3. Lovelock J. The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning. New York: Basic Books; 2009.
4. Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens WW. The Limits to Growth. New York: Universe Books; 1972.
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Sixth Assessment Report (AR6) – Synthesis Report. Geneva: IPCC; 2023.
6. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: IPBES Secretariat; 2019.
7. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People. Nairobi: UNEP; 2022.
8. World Health Organization (WHO). Ambient (outdoor) air pollution. Geneva: WHO; 2023. Available from: https://www.who.int
9. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Paris: UNESCO Publishing; 2020.
10. United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR). Global Report on Climate Change and Displacement. Geneva: UNHCR; 2021.

11. World Bank. World Development Indicators 2024. Washington (DC): The World Bank; 2024.
12. World Resources Institute (WRI). Aqueduct Water Risk Atlas. Washington (DC): WRI; 2019.
13. Global Footprint Network (GFN). National Footprint and Biocapacity Accounts, 2024 Edition. Oakland (CA): GFN; 2024.
14. Food and Agriculture Organization (FAO). FAO Statistical Yearbook 2023: World Food and Agriculture. Rome: FAO; 2023.
15. FAO AQUASTAT. Water resources data by country. Rome: FAO; 2023. Available from: http://www.fao.org/aquastat
16. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Global Climate Change: Vital Signs of the Planet. Washington (DC): NASA; 2022. Available from: https://climate.nasa.gov
17. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Global Monitoring Laboratory: Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. Silver Spring (MD): NOAA; 2024. Available from: https://gml.noaa.gov
18. WWF. Living Planet Report 2022: Building a Nature-Positive Society. Gland (Switzerland): World Wide Fund for Nature; 2022.
19. Uzhydromet. National Climate Report of Uzbekistan 2024. Tashkent: Center of Hydrometeorological Service of Uzbekistan; 2024.
20. Xu C, Kohler TA, Lenton TM, Svenning JC, Scheffer M. Future of the human climate niche. Nature Communications. 2020;11:2557. https://doi.org/10.1038/s41467-020-16444-7
21. Lau WWY, Shiran Y, Bailey RM, Cook E, Stuchtey M, Koskella J, et al. Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. Science. 2020;369(6510):1455–61. https://doi.org/10.1126/science.aba9475
22. Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler T, Perryman M, Andrady A, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science. 2015;347(6223):768–71. https://doi.org/10.1126/science.1260352
23. Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International. 2022;163:107199. https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199
24. Seto KC, Güneralp B, Hutyra LR. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Environmental Research Letters. 2014;9(3):034008. https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034008
25. Serrano D, Torres M, Díaz R. Assessing circular economy strategies for climate change mitigation: Methodology and case study in Chile. Resources, Conservation and Recycling. 2021;170:105598. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105598
26. Senanayake M, Zhang J, Chiu MC. Corporate biodiversity disclosure and its impact on decision making. Journal of Environmental Management. 2021;293:112851. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112851
27. All Noman S, Rahman M, Hasan M. Artificial intelligence applications in circular economy: Opportunities and challenges. Journal of Cleaner Production. 2022;370:133487. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133487
28. Adanma A, Ogunbiyi O. Global environmental policy instruments and sustainable development: A review. Environmental Policy and Governance. 2021;31(4):287–302. https://doi.org/10.1002/eet.1943

IQLIM O‘ZGARISH SHAROITIDA ENERGIYA OLISHNING MUQOBIL USULLARIDAN FOYDALANISH (JIZZAX VILOYATI MISOLIDA)

Murodullayev Hoshimjon Kamoliddin o‘g‘li
Jizzax davlat pedagogika universiteti

Annotatsiya: *Dunyo bo‘yicha turli xildagi global ekologik muammolar hamda global iqlim o‘zgarishi kuzatilayotgan bir davrda energiyaga bo‘lgan talab borgan sari oshib bormoqda. Maqola shunday muammolardan biri bo‘lgan energiya olish muammosini bartaraf etish uchun Jizzax viloyatida amalga oshirilayotgan ishlar haqida bo‘lib. Viloyatda energiya olishning qayta tiklanuvchi hamda muqobil shakllarini qo‘llash va ulardan amalda foydalanish bo‘yicha ma’lumotlar, tegishli tavsiyalar hamda xulosalar bayon qilingan.*

Kalit so‘zlar: *Jizzax viloyati, iqlim, iqlim o‘zgarishi, muqobil energiya, energiya turlari, qayta tiklanuvchi, IES, AES, GES, atmosfera, stansiyalar, shamol elektr stansiyalari, quyosh elektr stansiyalari, shamol generatorlari, quyosh panellari.*

Аннотация: *В условиях, когда во всем мире наблюдаются различные глобальные экологические проблемы и глобальное изменение климата, потребность в энергии возрастает. В статье рассказывается о работе, проводимой в Джизакской области по устранению одной из этих проблем – проблемы производства энергии. Представлены информация, актуальные рекомендации и выводы по применению и практическому использованию возобновляемых и альтернативных видов производства энергии в регионе.*

Ключевые слова: *Джизакская область, климат, изменение климата, альтернативная энергетика, виды энергии, возобновляемые, тепловые электростанции, атомные электростанции, гидроэлектростанции, атмосфера, станции, ветровые электростанции, солнечные электростанции, ветрогенераторы, солнечные панели.*

Abstract: *At a time when various global environmental problems and global climate change are observed around the world, the demand for energy is increasing. The article is about the work being carried out in Jizzakh region to eliminate one of these problems, the problem of energy production. Information, relevant recommendations and conclusions on the application and practical use of renewable and alternative forms of energy production in the region are presented.*

Keywords: *Jizzakh region, climate, climate change, alternative energy, types of energy, renewable, thermal power plants, nuclear power plants, hydroelectric power plants, atmosphere, stations, wind power plants, solar power plants, wind generators, solar panels.*

KIRISH

Bugungi energiya bo‘lgan talab kundan-kunga oshib borayotgan asrda insoniyat oldida energiya olishning yangi turlarini kashf etish zarurati dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Energiyidan foydalanish insoniyatning kunlik elektr iste’molidan boshlab yirik sanoat korxonalari hamda sanoatning barcha sohalarida eng muhim omil hisoblanadi. Chunki hozirgi sanoatlashgan, texnologiyalashgan, kompyuterlashgan zamonda energiya eng kerakli faktor biri sanaladi.

Elektr energiyasi shunday energiya shakliki, uni osongina mexanik, issiqlik yoki yorug‘lik energiyasiga aylantirish mumkin. Shu boisdan inson intellektual taraqqiyotining har bir yangi bosqichida elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmini tobora orttirib bordi. Dunyoda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining asosiy qismi issiqlik elektr stansiyalarida (IES) yaratiladi. Issiqlik elektr stansiyalari ko‘mir, neft, tabiiy gazni yoqib ulardan ajralgan energiyani elektr energiyasiga aylantiradi. Oqibatda atmosferaga juda katta miqdorda uglerod ikki oksidi (CO_2) chiqariladi, to‘planib qoladi va ko‘plab salbiy oqibatlarga olib keladi. Global isish hodisasining yuzaga kelishi ham bevosita uglerod ikki oksidi (CO_2) miqdorining me’yoriy ko‘rsatkichlardan ortib ketishi oqibatidir. Shu va shu kabi global ekologik muammolarni bartaraf etish hamda oldini

olish atmosferaga chiqarilayotgan uglerod ikki oksidi (CO_2) miqdorini imkon qadar kamaytirish bilan bog‘liq. Bu borada energiyani xususan, elektr energiyasini qayta tiklanuvchi energiya manbalari hisobidan olish yaxshi samara beradi. So‘nggi yillarda dunyoda yetakchi iqtisodiyotga ega davlatlar tomonidan yanada ko‘proq elektr energiyasini muqobil energiya manbalaridan olish tendensiyasi kuzatilmoqda [7].

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqot eng avval adabiyotlar tahlilidan keng foydalanilgan holda olib borildi. Jizzax viloyatida mavjud bo‘lgan qayta tiklanuvchi energiya resurslaridan quyosh hamda shamol energiyasi bo‘yicha ma’lumotlar to‘plandi. Ularning potensiali globalwindatlas.info hamda ventusky.com saytlari ochiq ma’lumotlar bazasidan foydalanib aniqlandi va tahlil qilindi. QGIS va ArcGIS dasturlarida tayyorlangan Jizzax viloyatining quyosh va shamol energiya resurslariga oid kartalardan kartografik metodni qo‘llagan holda foydalanildi. Bundan tashqari qiyoslash, kosmik, kartografik, GAT usullar hamda internet ma’lumotlaridan keng foydalanildi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Insoniyat bugungi kunda energiya olishning an’anaviy turlaridan keng foydalanmoqda. Bular IES, AES hamda GESlardir, bular ichida ekologik toza hamda atmosferani kamroq zararlaydigan GES va AES hisoblanadi. Eng katta xavfli shakllari IES va IEM issiqlik elektr stansiyalarining asosiy yoqilg‘isi ko‘mir, tabiiy gaz, mazut va torf hisoblangani uchun ulardan keng foydalanish atmosferaga juda katta zarar keltirmoqda. AESlarining xavfliligi shundaki uning chiqayotgan tutunlar atmosferani kamroq zararlasada xavfliligi unda yoqilg‘i sifatidan urandan keng foydalanishidir. Chunki urun radiaktiv modda bo‘lib tevarak atrofga hamda ishchi xodimlarga juda kam miqdorda bo‘lsa ham ta’sir qiladi.

Issiqlik elektr stansiyalari bugungi kunda dunyoda energiya olishning eng keng tarqalgan turidir. Bu jarayon esa atmosferani eng ko‘p zararlaydi. O‘zbekiston hududidagi Sirdaryo IES, Toshkent IES, Angren IES, Yangi Angren IES, Navoiy IES, Tallimarjon IES, Taxiatosh IES, To‘raqo‘rg‘on IES, **Muborak IEM, Farg‘ona IEM, Toshkent IEM**lari eng yirik energiya ishlab chiqaruvchi inshootlar hisoblanadi. Bu stansiyalar mamlakatimiz atmosferasiga juda katta salbiy ta’sir qilmoqda. Shuning uchun dunyoning eng rivojlangan davlatlari bugungi kunda bosqichma-bosqich IES hamda AESlardan voz kechmoqda. Hamda ularning o‘rnini energiya olishning muqobil shakllari bilan almashtirish ishlari keng miqyosda jadal amalga oshirilmoqda. Xususan Germaniya 2030-yilgacha mamlakat hududidagi IESlar sonini kamaytirib hamda barcha AESlarini to‘liq to‘xtatib ularning o‘rnini shamol elektr stansiyalari va quyosh elektr stansiyalari bilan almashtirib, keng masshtabda energiya olish rejalashtirilgan. Hozirda ham mamlakat hududida SHES va QESlar katta maydonlarda qurilgan va energiya olishda ancha yuqori ulushga ega bo‘lib ulgurgan. Bu qayta tiklanuvchi energiya turlaridan foydalanish bo‘yicha Germaniya tajribasiga boshqa Yevropa mamlakatlari ham asta-sekin o‘tish ishlarini boshlab yuborishgan.

Jizzax viloyati hududida bugungi kunda IES hamda yirik GES mavjud emas faqatgina Zomin mikroGESi mavjud. Shuningdek hozirgi kunda Forish tumani hududida Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimi bo‘yida Rossiya Federatsiyaning “Rosatom” kompaniyasi bilan hamkorlikda kam quvvatli atom elektr stansiyasi reaktorining binosi uchun kotlovan qazish ishlari boshlab yuborildi. Ushbu yirik loyiha mamlakatimiz energetik mustaqilligini ta’minlash, ekologik toza energiya ishlab chiqarish imkonini beradi deb ta’kidlashmoqda soha mutaxassislari [10].

Hozirda Jizzax viloyat hududini elektr energiyaga bo‘lgan talabini katta qismini Sirdaryo IES ta’minlaydi. Sirdaryo issiqlik elektr stansiyasi – O‘zbekiston xususan Markaziy Osiyodagi eng yirik energetika inshootlaridan biri hisoblanadi. IES Sirdaryo viloyatida Yangiyer shahridan 30 km sharqda, O‘zbekiston va Tojikiston chegarasidagi Shirin shahrida joylashgan. Asosiy yoqilg‘isi – Sho‘rtan gaz konlaridan olinadigan tabiiy gaz, bundan tashqari mazutdan ham keng foydalaniladi [11]. Stansiyaning uzluksiz faoliyati natijasida hudud tevarak atrofiga, xususan

Shirin shahri atmosfera havosiga katta zarar keltirmoqda. Buning natijasida turli xil ekologik muammolar yuzaga kelmoqda. Bu o‘z navbatida Sirdaryo viloyati hamda Tojikiston Respublikasi hududlariga sezilarli darajada ta’sir qilmoqda.

Shunday ko‘rinishdagi ekologik muammolarni bartaraf etish uchun bugungi kunda jahon tajribasi bo‘lgan energiya olishning muqobil, noan’anaviy turlariga o‘tish zamon talabidir. Energiya olishning muqobil shakllaridan Jizzax viloyati hududida shamol va quyosh energiyasi imkoniyatlarining yuqori potensiali mavjud hisoblanadi. Jizzax viloyati hududida qayta tiklanuvchi energiya resurslaridan quyosh fotoelektr stansiyalar qurilishi hamda ulardan foydalanish bo‘yicha qator ishlar olib borilmoqda.

Jizzax viloyat hududida quyosh elektr stansiyalaridan hamda panellaridan “Zomin” monitoring markazida, Forish tumanidagi Narvonsoy qishlog‘idagi fermer xo‘jaligida, Jizzax davlat pedagogika universitetida va Jizzax politexnika institutida hamda ko‘plab davlat tashkilotlarida keng foydalanilmoqda. Bundan tashqari O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-fevraldagi PQ-57-son qaroriga asosan davlat-xususiy sheriklik asosida yirik quvvatli quyosh elektr stansiyalarini qurish loyihasi G‘allaorol tumani Qaropchi qishlog‘ida 650 gektar joyda Birlashgan Arab Amirliklarining “Masdar” kompaniyasi tomonidan quvvati 220 MVt bo‘lgan quyosh fotoelektr stansiyasi (FES) qurilish loyihasi doirasida 220/35 kV PS va kuchlanishi 220 kV uzunligi 30 km bo‘lgan elektr uzatish tarmog‘ini qurilish ishlari yakunlangan hamda foydalanishga topshirilgan. Bu loyihaning qiymati 150 (mln doll.), stansiyaning umumiy quvvati 220 (MVt), shundan, 100 (MVt) 2023-yilda ishga tushirilgan. Yillik ishlab chiqarish hajmi 572 (mln kVt/soat), shundan 21 (mln kVt/soat) 2023-yildan buyon ishlab chiqarilmoqda [2]. Mazkur quyosh fotoelektr stansiya Jizzax viloyatidagi birinchi va eng yirik elektr stansiya bo‘lib hisoblanadi.

Hozirgi kunlarda Forish tumani hududida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 30.04.2025-yildagi PQ-158-son “Jizzax viloyatining Forish tumanida quvvati 500 MVt bo‘lgan quyosh fotoelektr stansiyasini hamda havo elektr uzatish tarmog‘ini qurish” investitsiya loyihasini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida qarori [9] ijrosini ta’minlash bo‘yicha keng ko‘lamli ishlar amalga oshirilmoqda. Jizzax-Forish avtomobil yo‘li yoqasida Egizbuloq qishlog‘i atroflarida Xitoyning «Liquip International» kompaniyasi 500 MVt quvvatga ega quyosh elektr stansiyasini qurish ishlari amalga oshirilmoqda [12].

Viloyatdagi ikkinchi ushbu yirik loyiha “yashil iqtisodiyot”ni rivojlantirish, viloyatning energiya mustaqilligini ta’minlash va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish borasidagi navbatdagi yirik loyiha bo‘lib xizmat qildi.

Loyihaning amaliy ahamiyati quyidagicha:

Ekologik ustunlik: Quyosh energetikasi tabiiy resurslarni asrashga va atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirishga yordam beradi.

Energiya xavfsizligi: Yaqin kelajakda mahalliy elektr ta’minotida mustahkamlik va barqarorlik ta’minlanadi.

Bo‘sh ish o‘rinlari yaratilishi: Loyiha doirasidagi qurilish jarayonlariga mahalliy mutaxassislar jalb etilib, Forish tumanida yangi ish o‘rinlari tashkil etiladi.

Jahon miqyosida quyosh energergiyasiga bo‘lgan talab oshib borayotgan bir paytda, Forish tumanidagi ushbu stansiya nafaqat viloyat hududidagi energiyaga bo‘lgan ehtiyojlarini qondirish, balki kelgusida eksport imkoniyatlarini ham yaratishi mumkin [8].

Viloyat hududida quyosh energiyasidan foydalanish qulay bo‘lgan hududlar bular tekisliklar va tog‘ oldi hududlari eng qulay joylar hisoblanadi. Bundan tashqari tog‘larning janubiy yonbag‘ri ham quyosh radiatsiyasi yaxshi tushadigan hududlar sarasiga kiradi.

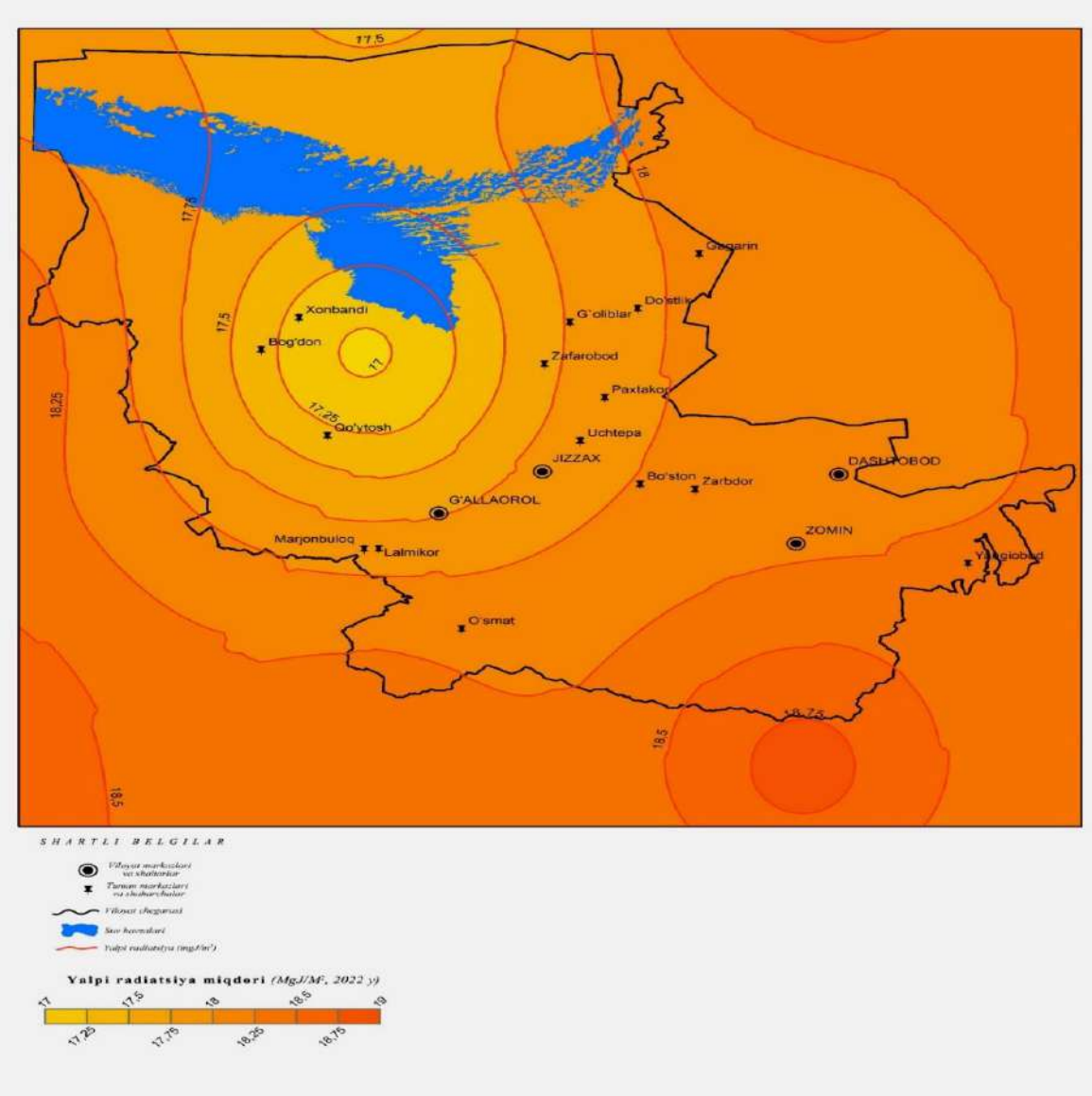
Viloyatning tekislik hududlarida joylashgan tumanlar Paxtakor, Zafarobod, Arnasoy, Mirzacho‘l, Do‘stlik, Forish tumanining shimoliy qismlari, qisman Sharof Rashidov va Zarbdor

tumanlari hududlarida quyosh panellarini o‘rnatish yaxshi samara beradi. Bunda har bir uy xo‘jaligi tom qismlariga kichik qurilmalar o‘rnatish, olis hududlarda joylashgan elektr toki yetib bormagan yoki yetib borgan bo‘lsa ham uzilishlar kuzatiladigan qishloq aholi punktlarida ham kichik quyosh panellarini o‘rnatish zarurati ham mavjud.

Viloyatning tog‘li va tog‘ oldi hududlar joylashgan tumanlarda quyosh panellaridan foydalanish biroz noqulayliklar yuzaga keladi bunda asosiy sabab relyefning murakkab tuzilganligi. Bu hududlarda ham tog‘larning janubiy yonbag‘irlarida kichik turdagi quyosh elektr stansiyalari qursa ijobiy natija beradi (1-rasm) [3].

Viloyatda ikkinchi muqobil, qayta tiklanuvchi energiya resurslaridan biri bu shamol energiyasi hisoblanadi. Ma’lumki insoniyat shamol kuchidan qadimdan 1000 yillardan ko‘p vaqtdan beri foydalanib kelmoqda. Bu bitmas tugalmas qayta tiklanuvchi kuchdan elektr energiyasi olish XIX asr oxiriga kelib kashf etildi [5]. Bugungi kunda esa rivojlangan davlatlarda eng zamonnaviy SHESlar orqali energiya ishlab chiqarilmoqda. Eng zamonaviy bo‘lgan shamol elektr stansiyalarning shamolning tezligi 3-4 m/s dan 25 m/s gacha bo‘lgan tezlikdagi shamol yaxshi esadigan sun’iy to‘siqlar mavjud bo‘lmagan sharoitda va relyefi unchalik baland bo‘lmagan hududlarda o‘rnatish juda qulay ishlaydi va yaxshi samara beradi [2].

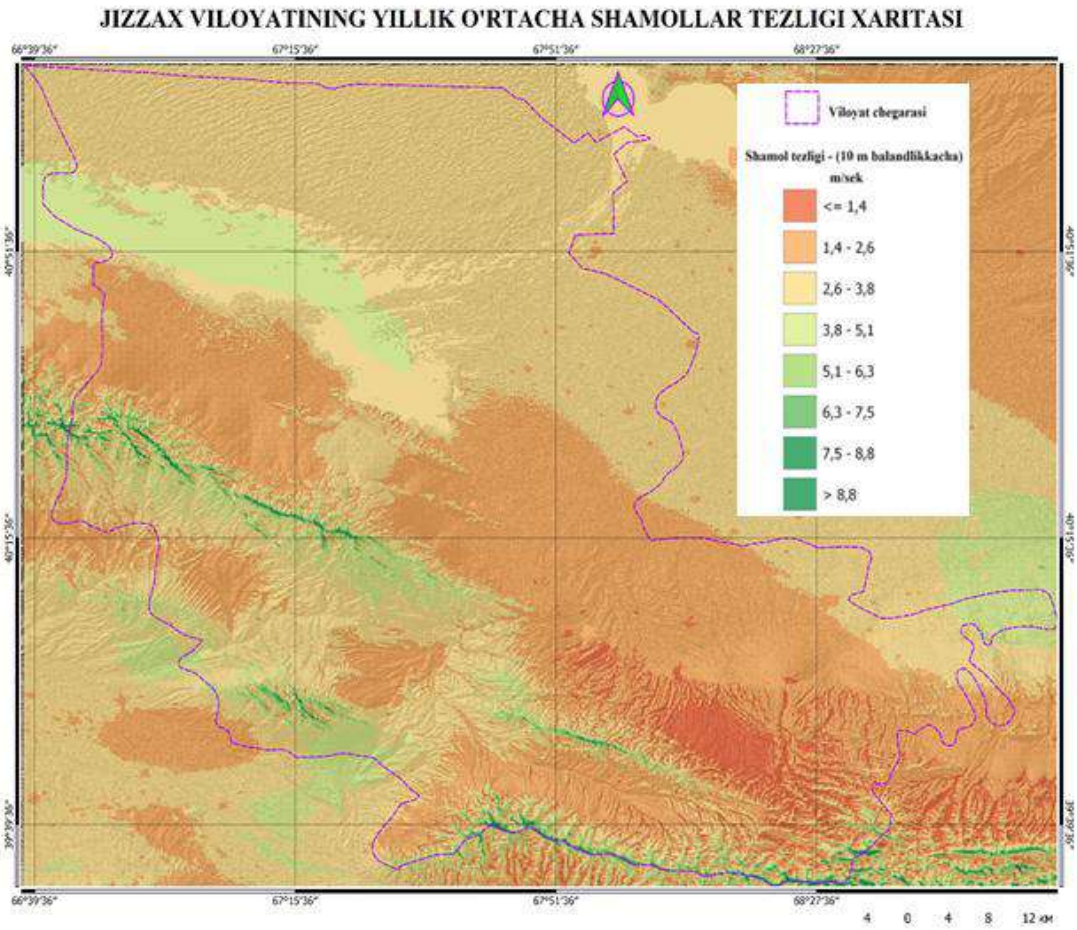
Viloyatning ayrim hududlarida ana shunday imkoniyatlar mavjud. Viloyatning tog‘oldi hududlarida shamol tezligi o‘rtacha 2,0-2,5 m/s ni tashkil etadi. Shuning uchun tog‘oldi hududlarining katta qismida kichik shamol generator qurilmalarini o‘rnatsa juda yaxshi samara beradi. Bundan istisno sifatida tog‘oldilarining alohida yerlarini keltirish mumkin (Jillig‘uli, Ilon o‘tdi darasi, G‘allaorol botig‘i, Sangzor botig‘i, Baliqlitog‘ va Pistalitog‘ oraliq qismlarida 5-6 m/s tezlikda), ular tog‘ adirlaridan chiqish yerlarida joylashgan. U yerlarda esa shamol rejimi bir jihatdan kuchli shamollarning tez-tez takrorlanishi bilan xarakterlanadi. Shuning uchun ushbu hududlarda shamol generator qurilmalari bu yerda ancha samarali ammo tekisliklarga qaraganda past unumdorlik bilan ishlaydi, shuning uchun shamol generatorlarini quyosh panellari bilan birga (gibrid) shaklda qo‘llash juda yaxshi samara beradi. Bundan tashqari viloyat hududidagi Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimi atroflarida tabiiy suvlik muhiti bo‘lgan joylarda ham shamol qurilmalarini o‘rnatsa doimiy shamollar esib turadi [2].



1-rasm. ArcGIS dasturida tayyorlangan
Jizzax viloyatining yillik o‘rtacha yalpi radiatsiya miqdori kartasi.

Izoh: *Karta muallif tomonidan ishlab chiqilgan.*

Jizzax viloyatida hozirgi kunda shamol elektr stansiyalarini o‘rnatish va ularni amalyotga joriy qilish bilan bog‘liq loyihalar amalga oshirilgani yo‘q. Lekin 2023-yil 28-mart kuni Jizzax viloyatida quvvati 1000 MVtgacha bo‘lgan shamol elektr stansiyalarini qurish imkoniyatlarini o‘rganish bo‘yicha O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi va Xitoyning “China Huadian Overseas Investments”, “CNEEC” (China National Electric Engineering Company) va “SANY Renewable Energy” kompaniyalari o‘rtasida Anglashuv memorandumi imzolangan. Hozirda kompaniyalar tomonidan stansiya qurish bo‘yicha doimiy shamol kuzatiladigan hududlarni aniqlash hamda o‘rganish ishlari amalga oshirilmoqda [13].



2-rasm. globalwindatlas.info sayti ma’lumotlari asosida tayyorlangan Jizzax viloyatining yillik o‘rtacha shamollar tezligi kartasi.

Izoh: *Karta muallif tomonidan ishlab chiqilgan.*

Yuqoridagi karta ArcGIS dasturida tayyorlangan bo‘lib viloyat hududidagi shamollarning o‘rtacha tezligi berilgan. Bunda 10 metr balandliklda shamolning tezligi m/sek. hisobida aniqlangan.

Shartli belgilardan shuni bilsak bo‘ladiki shamol tezlik 8,8 m/sek. va undan katta bo‘lgan tezlik viloyat hududida tog‘larning suvayirg‘ich qismlarida kuzatiladi. Shuni hisobga olgan holda viloyat hududidagi tog‘lar suvayirg‘ichlarida shamol generatorlarini o‘rnatsa yaxshi samara beradi. Shamol tezligi 7,5-8,8 m/sek. gacha kuzatiladigan hududlar esa tog‘ oldi va tog‘ oraliq botiqlarida kuzatiladi, bu hududlar Sangzor va G‘allaorol botiqlariga to‘g‘ri keladi. Bu ikki hududda kuchli shamollar kuzatilishi barchamizga ma’lum (2-rasm) [1].

Bugungi kunda respublikamizda Navoiy viloyatining Tomdi, Uchquduq tumanlarida, Zarafshon shahrida SHES, Buxoro viloyati Peshku tumani va G‘ijduvon tumanlarida SHES, Qoraqalpog‘iston Respublikasi Qorao‘zak tumani SHES qurish ishlari Birlashgan Arab Amirliklarining “Masdar” hamda Saudiya Arabistoni “ACWA Power” kompaniyalari tomonidan amalga oshirildi hamda hozirda faoliya ko‘rsatmoqda [2].

XULOSA VA TAVSIYALAR

Jizzax viloyatida amalga oshirilayotgan mazkur loyihalar nafaqat mintaqaning iqtisodiy salohiyatini oshiradi, balki O‘zbekistonning global ekologik muammolarni oldini olishga qaratilgan tashabbuslardagi faol ishtirokini ham namoyon etadi. Quyosh hamda shamol energetikasi – bu faqatgina texnologiya emas, balki barqaror kelajak hamda yashil iqtisodiyot sari

qo‘yilayotgan qat’iy qadamdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Khaydarova, S.A., & Murodullayev, Kh.K. (2024). Opportunities to use wind energy in Jizzakh Region. *Journal of Geography and Natural Resources*, *4*(03), 7–17. https://doi.org/10.37547/supsci-jgnr-04-03-02

2. Murodullayev H.K. Jizzax viloyatida muqobil energiya resurslaridan foydalanish imkoniyatlari. “Atrof-muhit muammolarini hal qilishda tabiatga asoslangan yechimlar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman to‘plami 28-29-noyabr, 2024-yil | ecoilm.uz

3. Murodullayev H.K., Rasulberdiyev Sh.U. Jizzax viloyatida quyosh energiyasidan foydalanish imkoniyatlar. “Geografiya – nazariyadan amaliyotga” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya to‘plami. Qo‘qon: Qo‘qon davlat pedagogika instituti, 2024. -432 bet.

4. Murodullayev H.K., Razzoqova M.Sh. Muqobil energiya resurslari va ulardan foydalanish. «Ilmga baxshida umr» mavzusidagi Universitet miqyosidagi ilmiy–amaliy seminar materiallari. Jizzax – 2024. – 223 bet.

5. Zikirov B.Y., Murodullayev H.K. Shamol energiyasidan foydalanish tarixi. «O‘zbekistonda geografik tadqiqotlar: innovatsion g‘oyalar va rivojlanish yo‘llari» mavzusidagi Respublika ilmiy–amaliy konferensiya materiallari. Jizzax, 2023. https://doi.org/10.55640/iscrc-3214

6. Zikirov, B., & Murodullayev, Kh. (2025). Study and mapping of wind speed in the Syrdarya region based on space imagery. *Journal of Geography and Natural Resources*, *5*(02), 9–17. https://doi.org/10.37547/supsci-jgnr-05-02-02

7. Zikirov, B.Y., Murodullayev, Kh.K., & Rakhimova, U.A. (2023). World experience in the use of alternative energy resources. *Journal of Geography and Natural Resources, 3*(05), 75-82. https://doi.org/10.37547/supsci-jgnr-03-05-11

8. Jizzax viloyati hokimligi Axborot xizmati ma’lumotlari 09.04.2025.

Internet saytlari:

9. https://lex.uz/uz/docs/-7507998 O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 30.04.2025 yildagi PQ-158-son qarori.

10. https://kun.uz/news/2025/10/11/jizzaxda-aes-qurilishi-boshlandi

11. https://uz.wikipedia.org/wiki/sirdaryo_issiqlik_elektr_stansiyasi

12. https://xabar.uz/uz/iqtisodiyot/jizzaxda-quvvati-500-mvt-bolgan-quyosh

13. https://uzeng.uz/uz/press_center/news/jizzax-viloyatida-quvvati-1000-mvtgacha-bolgan-shamol-elektr-stansiyalarini-qurish-imkoniyatlarini-/

14. https://globalwindatlas.info

15. https://www.ventusky.com

KUCHBULOQ KONI TUPROQLARINING ASOSIY KO‘RSATGICHLARINI BAHOLASH

Samandarova Yorqinoy Xolmurodovna, tayanch doktorant
Boboyev Hasan Odilovich, laboratoriya mudiri, q.x.f.d.
Atrof-muhitni va tabiatni muhofaza qilish texnalogiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Kuchbuloq hududidan olingan tuproq namunalari tarkibi o‘rganilib ularning asosiy kimyoviy ko‘rsatgichlari oddiy tipik bo‘z tuproqlar bilan solishtirildi. Tahlillar natijasida tuproqdagi kation va anionlar miqdori, shuningdek quruq qoldiqning umumiy darajasi baholandi. Olingan ma’lumotlar asosida tuproqning sho‘rlanish darajasi, uning qishloq xo‘jaligi uchun yaroqliligi va ekologik holati haqida xulosa chiqarildi. Solishtirish natijalari tuproq

tarkibida ba’zi elementlarning me’yorlardan ortiqligini ko‘rsatdi. Ushbu natijalar kelajakda tuproqni meliorativ yaxshilash, tozalash yoki qayta foydalanish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Tuproq, mexanik tarkib, kimyoviy tarkib, sho‘rlanish, organik moddalar, makro va mikro elementlar, sug‘orish, tuproq unumdorligi, gumus.

Annotation: This article examines the composition of soil samples taken from the Kuchbuloq area and compares their main chemical indicators with those of typical light-gray soils. The analyses assessed the content of cations and anions in the soil, as well as the overall level of dry residue. Based on the obtained data, conclusions were drawn regarding the soil’s salinity level, its suitability for agriculture, and its ecological condition. The comparison results indicated an excess of certain elements in the soil composition beyond standard norms. These findings can serve as a basis for developing practical recommendations for soil reclamation, purification, or reuse in the future.

Key words: Soil, mechanical composition, chemical composition, salinity, organic matter, macro and micro elements, irrigation, soil fertility, humus.

Аннотация. В данной статье исследован состав почв, отобранных на территории Кучбулок, и их основные химические показатели сопоставлены с обычными типичными светло-серыми почвами. По результатам анализов оценивалось содержание катионов и анионов в почве, а также общий уровень сухого остатка. На основе полученных данных сделаны выводы о степени засоленности почвы, её пригодности для сельского хозяйства и экологическом состоянии. Результаты сравнения показали превышение некоторых элементов над нормой в составе почвы. Эти результаты могут служить основой для разработки практических рекомендаций по мелиоративному улучшению, очистке или повторному использованию почвы в будущем.

Ключевие слова: Почва, механический состав, химический состав, засоленность, органические вещества, макро и микро элементы, орошение, плодородие почвы, гумус.

KIRISH.

Toshkent viloyati Ohangaron tumani tabiat zona va rel’yef, gemorfologiyasi jihatdan, subtropik o‘rta tog‘ zonasi, to‘q tusli bo‘z tuproqlar mintaqasi, lyossimon va delyuvial-prolyuvial skletli yotqiziqlardan tashkil topgan, tog‘ oldi qirli tekisliklarda joylashgan, lalmi to‘q tusli bo‘z tuproqlardan iborat.

To‘q tusli bo‘z tuproqlar tuproq iqlim sharoiti va morfogenetik xossalariga ko‘ra mexanik tarkibi og‘ir qumoqli, sho‘rlanmagan, kam, o‘rta va kuchli yuvilgan. Kam yuvilgan to‘q tusli bo‘z tuproqlari asosan, tog‘ etaklari tog‘ yon bag‘rilarida joylashgan, mexanik tarkibi og‘ir qumoqli, gumus miqdori - 0,928 - 1,667 % gacha qalinligi 35-40 sm, harakatchan fosfor va kaliy bo‘yicha R2O5 - 9,6 -15,0 mg/kg, K2O - 279,3 - 438,3 mg/kg, karbonat miqdori - 3,4 - 5,8 % gacha, sho‘rlanmagan, nishabligi shimoldan 3 - 50 dan iborat. O‘rta yuvilgan to‘q tusli bo‘z tuproqlar (bir-biridan) mexanik tarkibi og‘ir qumoqli gumus miqdori – 1,245 - 1,519 % , harakatchan fosfor va kaliy bo‘yicha R2O5 - 14,1- 31,0 mg/kg, K2O - 409,4 - 655,0 mg/kg dan iborat. Nishabligini janubiy-sharqdan 5 - 80. Kuchli yuvilgan to‘q tusli bo‘z tuproqlar asosan mexanik tarkibi og‘ir qumoqli, gumus miqdori – 0,865 – 1,245 %, sho‘rlanmagan, shimoliy-sharqdan 8 -12% dan iborat. Yer osti sizot suvlari sathi 10 metrdan pastda bo‘lib, avtomorf rejimdagi lalmi to‘q tusli bo‘z tuproqlardir.

Kuchbuloq koni Ohangaron vodiysining sharqiy qismida joylashgan bo‘lib, hudud geologik tuzilishi va relyefi bo‘yicha murakkab bo‘lgan tog‘oldi mintaqalariga kiradi. Tuproqlarning mexanik tarkibi, odatda, mayda va o‘rta silt, qumli-siltli strukturalardan iborat bo‘lib, tog‘ yonbag‘irlarida qalin qum va shag‘alli qatlamlar uchraydi.

Hududda bo‘z tuproqlarning shakllanishiga yarim quruq iqlim, yozning issiq va quruq bo‘lishi, bahor va kuzda qisqa nam davrlar, shuningdek, tog‘lardan oqib tushuvchi eroziya jarayonlari kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Bo‘z tuproqlar odatda o‘rtacha gumusga ega, karbonatli, sho‘r bosmagan yoki biroz sho‘rlanishga moyil bo‘ladi. Shu mintaqada sug‘oriladigan yerlarda sho‘rlanish, qattiq qoldiqning ko‘tarilishi, natriy va magniy ionlarining ortishi kabi jarayonlar inson faoliyati natijasida tez-tez uchrab turadi.

Tuproq tarkibining kimyoviy va meliorativ xususiyatlarini o‘rganish bo‘yicha jahonda va Markaziy Osiyoda ham ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlar faol olib borilgan. Tadqiqotchilar mintaqadagi konlar yonida joylashgan sug‘oriladigan yerlar ko‘pincha shaxta suvlari yoki kon chiqindilari ta’sirida kimyoviy tarkibining o‘zgarishiga moyil ekanligini qayd etadilar. Ayniqsa, Orolbo‘yi, Navoiy, Olmaliq va Angren mintaqalarida olib borilgan ilmiy ishlarda tuproqni ifloslanish manbalari sifatida sulfatli drenaj suvlari, og‘ir metallarning eruvchan shakllari, ishqoriylikning oshishi asosiy muammo sifatida keltiriladi. Ushbu tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, kon hududlari yaqinidagi tuproqlarda Fe, Mn, Zn va Cu kabi elementlarning tabiiy fondan oshishi kuzatilgan, bu esa ekotizim barqarorligiga bevosita ta’sir qiladi.

O‘zbekiston olimlari tomonidan olib borilgan izlanishlar ham hududiy xususiyatlarni hisobga olgan holda ilmiy bilimlarni yanada boyitgan. Xususan, Angren, Ohangaron va Olmaliq konlari atrofidagi tuproqlar bo‘yicha tadqiqotlarda quruq qoldiqning oshishi, sho‘rlanish darajasining notekis bo‘lishi, gumusning kamayishi, shuningdek kaliy va fosfor yetishmovchiligi qayd etiladi. Shu bilan birga, ayrim kon suvlari oqimida mis va ruxning yuqori darajada to‘planishi natijasida ularning tuproqda ham me’yorlardan ortiq bo‘lishi aniqlangan. Bunday holatlar nafaqat o‘simliklar uchun toksik ta’sir ko‘rsatadi, balki ularning ildiz faoliyatini susaytiradi, tuproqning struktura barqarorligini ham pasaytiradi.

Jahon va mintaqaviy tadqiqotlarning umumiy xulosasi shuni ko‘rsatadiki, kon hududlariga yaqin tuproqlarni baholashda pH, EC, quruq qoldiq, sho‘rlanish, organik modda miqdori va og‘ir metallarning kontsentratsiyasi eng muhim diagnostik ko‘rsatkichlar hisoblanadi. Kuchbuloq koni bo‘yicha olib borilgan ushbu tadqiqotlar ham ayni ilmiy yondashuvlar bilan hamohang ravishda hududning ekologik xavf omillarini aniqlash, agrotexnik tavsiyalar ishlab chiqish hamda meliorativ choralarni belgilash uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

FAO–ICARDA (Markaziy Osiyo, 2012–2019) - F**AO – Food and Agriculture Organization of the United Nations**. BMTning Oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi tashkiloti. (Dunyo bo‘yicha qishloq xo‘jaligi, oziq-ovqat xavfsizligi, suv resurslari va ekologiya yo‘nalishida ishlaydi.)

ICARDA – xalqaro ilmiy tadqiqot instituti. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Quruq hududlar (Markaziy Osiyo, Yaqin Sharq, Afrikaning ayrim qismi) bo‘yicha qishloq xo‘jaligi tadqiqotlari olib boradigan xalqaro ilmiy markaz.

Sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holati, tuzlar migratsiyasi va og‘ir metallarning tarqalishi, masalan: Zn, Cu, Fe kabi metallarning ko‘tarilishi ko‘pincha sanoat obyektlari yaqinida uchrashi tasdiqlangan.

Resbekov K., Yinli B., Demeuov S., Mukanova G., Zhakepbek Y. Assessment of soil pollution by heavy metals in the area of open mining works (2021) - Ochiq kon hududi tuproqlarida 8 ta og‘ir metall (Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Cr, As, Hg) kontsentratsiyasini tahlil qilgan; ba’zi metallar me’yordan oshgan; tuproq “o‘rtacha ifloslangan” deb baholangan; remediatsiya va melioratsiya choralarini tavsiya qilgan.

He J., Zhang H., Yang K. - Heavy metal accumulation risk and source analysis in soils of antimony mining areas. (2025) - Kon hududlaridagi tuproqlarda metallarning to‘planishi, manba tahlili va ekologik jihatlari, bolalar salomatligi riskini baholagan, metallarning fazoviy taqsimoti va biologik ta’siri ko‘rsatilgan.

Zhao D., Vu K., Zeng Y. - Contamination and human health risk assessment of heavy metal(loid)s in topsoil and groundwater around mining and dressing factories in Chifeng, North China. (2023) - Kon va tozalash fabrikalari atrofidagi tuproq va yer osti suvlari tahlil qilingan; og‘ir metal(loid)lar darajasi, ekosistemalar va inson salomatligi uchun risk bahosini bergan.

V. R. Volobuyev (O‘zbekiston tuproqshunoslik maktabi asoschisi) O‘zbekistondagi bo‘z tuproqlar, karbonatli qatlamlar va sho‘rlanish jarayonini batafsil tasniflab, tipik bo‘z tuproqlarda Ca, Mg va karbonatlarning yuqori bo‘lishi tabiiy norma ekanini isbotlagan.

Allayarova G.R., Larionova T.K., Daukaev R.A. Accumulation of heavy metals in the soil–plant system in areas with the developed mining - (2021) - Kon atrofidagi tuproq va o‘simliklarda og‘ir metallar migratsiyasini tahlil qilgan; tuproq-o‘simlik zanjirida metal bioakkumulyatsiyasi va inson, ekotizim xavfi baholangan.

Sh. Shodmonov (ToshDAU, 2005–2020)-Toshkent viloyati yarim cho‘l hududlarida tuproqning meliorativ holatini, sho‘rlanishni, Ca–Mg nisbatini o‘rgangan bo’lib, Tog‘ oldi zonalarida Cl va SO_4 ionlari sho‘rxok zonalarga qaraganda pastroq bo‘lishi kuzatilgan.

B. Jalilov va H. Raximov (O‘zR FA, 2010–2022) - Sanoat hududlari yaqinidagi tuproqlarda og‘ir metallarning (Fe, Cu, Zn, Pb) tarqalishini o‘rganib, Kon–sanoat mintaqalarida Fe va Cu eng faol migratsiyaga ega element ekanligi isbotlangan.

Ilmiy tadqiqot ishining maqsadi: Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi - Kuchbuloq hududidan olingan tuproq namunalari tarkibidagi asosiy kation va anionlar (Ca^2, Mg^2, Na^+, K^+, Cl^-, SO_4, HCO_3) hamda og’ir metallar (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, As va boshqalar) miqdorini aniqlash, ularning tuproqdagi umumiy minerallashuv va ifloslanish darajasiga ta’sirini baholash va olingan natijalarni oddiy tipik bo‘z tuproqlar ko‘rsatgichlari bilan solishtirishdan iborat.

Tadqiqot ob’ekti: O‘rganish ob’ekti sifatida, Kuchbuloq koni yaqinidagi sug’orilgan hududdan olingan tuproq namunasi tanlandi. Ushbu hududda daraxt va boshqa o‘simliklar qurib qolgan bo‘lib, tuproq tarkibi va uning unumdorligidagi o‘zgarishlarini aniqlash maqsadida tahlil qilindi.

Tadqiqot usuli: Tuproq namunalari kon yaqinidagi ko‘llatib sug‘orilgan hududdan olingan bo‘lib, daraxt va o‘simliklar qurib qolgan qatlamlardan olinishi bilan ajralib turadi. Namunalar 0 - 30 sm chuqurlikdan olingan bo‘lib, labaratoriyada quyidagi standart usullar asosida tahlil qilindi:

- ✓ Umumiy azot (N) - Gost 58596 - 19
- ✓ Nitrat (NO_3) - GOST 26488 - 85
- ✓ Fosfar (P_2O_5) va K_2O - GOST 26205 - 91
- ✓ Kalsiy (Ca^2), Magniy (Mg^2) , Kaliy K(K) va Natriy (Na) - GOST 26427 - 85, 26428 - 85
- ✓ pH, elektr o‘tkazuvchanlik (EC), quruq qoldiq - GOST 26423 - 85
- ✓ Xlorid (Cl), sulfat (SO_4), bikarbonat (HCO_3) - GOST 26424 -85, 26426 - 85
- ✓ Gumus va organik uglerod - GLOSOLAN SOP - 16
- ✓ Mikroelementlar (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mg) - ICP- OES, Mechler - 3
- ✓ Mexanik tarkib - qum, silt va loy fraksiyalari bo‘yicha klassifikatsiya qilindi.

Olingan natijalar tuproqning kimyoviy tarkibi, meliorativ ko‘rsatgichlari, organik moddalar va mexanik tuzulishi bo‘yicha umumiy xususiyatlarini baholash, shuningdek sug‘orish natijasida o‘zgarishlarni aniqlash uchun tahlil qilindi.

ASOSIY QISM

Tuproq namunalari Kuchbuloq koni yaqinidagi ko‘llatib sug’orilgan hududdan olingan bo’lib, daraxtlar va o‘simliklar qurib qolgan qatlamlarni ifodalaydi. Olingan namunalar 0 - 30 sm chuqurlikdan olinib, ularning kimyoviy, meliorativ, organik va mexanik xususiyatlari tizimli ravishda tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari tuproq unumdorligini baholash, sho‘rlashish va ozuqa

moddalarining yetarliligi haqida ma’lumot beradi. Shu bilan birga, mexanik tarkib va organik moddalar tuproqning suv ushlab turish qobilyati va ozuqa moddalarini yuvilib ketish xavfini ko‘rsatadi.

Kuchbuloq koni yaqinidagi tuproqning asosiy kimyoviy va meliorativ ko‘rsatgichlari. (Namuna: 0 - 30 sm)

1-jadval

№	Parametr	O’z.DSt	Standart	Natija
1	pH	6,0 - 7,5	GOST 26423-85	5,26 -6,3
2	Elektr o’tkazuvchanlik. EC, dS/m	⩽ 2,0	GOST 26423-85	0,231 -2,171
3	Quruq qoldiq (%)	⩽15	GOST 26423-85	1,21
4	Cl (%)	⩽0,3	GOST 26426-85	0,23 - 0,27
5	NO_3 (mg/kg)	⩾2,0	GOST 26488-85	17-28,67
6	P_2O_5 (mg/kg)	⩾30	GOST 26205-91	3,93 -38
7	K_2O(mg/kg	⩾60	GOST 26205-91	50-50,2
8	Gumus %	⩾2	GLOSOLAN SOP-16	1,267 -2,061

Tuproqning pH darajasi standartga nisbatan biroz kislotalilik tomon, ya’ni 5,26 - 6,3 oralig’ida. Bu holat ayrim o‘simliklar rivojlanishiga salbiy ta’sir qilishi mumkin. EC ko‘rsatgichlari ayrim namunalarda 2,0 dS/m ga yaqinlashib, o‘rtacha sho‘rlikni bildiradi, lekin quruq qoldiq va Cl darajalari tuproqning umumiy sho‘r emasligini ko‘rsatadi. NO_3 va P_2O_5 miqdori ba’zi namunalarda O‘zDSt standartlaridan past bo‘lib, bu azot va fosfor yetishmovchiligi mavjudligini anglatadi. Shu bilan birga K_2O darajasi ham yetarli emas, bu esa kaliy yetishmovchiligi tufayli o‘simliklarning o‘sishini cheklashi mumkin. Gumus darajasi o‘rtacha bo‘lib, tuproq strukturasi va organik moddalar balansini saqlash uchun qo‘shimcha organik moddalar kitirish tavsiya etiladi.

Kuchbuloq koni yaqinidagi tuproq tarkibidagi makro va mikro elementlar (mg/kg)

2 - jadval

Elementlar	O‘zDSt (mg/kg)	Natija
Mg	100 - 200	145,6
B	3 - 5	5,69
Cu	30 - 100	515,85
Fe	100 - 300	193,43
Mn	50 - 300	199,88
Zn	30 - 70	67,13

Tuproqdagi makro va mikro elementlar tahlili tuproqning mineral balansini ko‘rsatadi. Mg, Fe va Mn darajalari standart oralig‘ida bo‘lib, o‘simliklar rivojlanishi uchun yetarlidir. B elementi o‘rtacha darajada, ba‘zi hollarda qo‘shimcha berish tavsiya etiladi. Zn darajasi o‘rtacha, standartga mos. Ammo Cu darajasi juda yuqori bo‘lib (515,85mg/kg), bu ko‘rsatgich o‘simliklar uchun toksik xavf tug’dirishi mumkin. Shu bilan birga K_2O va P_2O_5 yetishmovchiligi tufayli tuproq unumdorligi past bo‘lishi mumkin.

Kuchbuloq koni yaqinidagi tuproqning mexanik tarkibi

3- jadval

Tuproq qismi	O’zDSt 17.4.3.01-83 % da	Foiz (%)
Loy	0 -10	1 - 24,3
Mayda silt	7 - 10	12,7
O’rta silt	5 - 8	9,9
Qalin silt	3 - 5	48,7

Mayda qum	20 - 30	27,1
O’rta qum	25 - 35	0
Qalin qum	15 - 25	0

Tuproqning mexanik tarkibi ko‘proq qalin silt va mayda qum fraksiyalaridan iborat bo’lib, loy va mayda silt qismi pastligi bilan ajralib turadi. Bu shuni bildiradiki, tuproq suvni tez o‘tkazadi va ozuqa moddalarini uzoq vaqt ushlab turish qobilyati past. Shu sababli ko‘llatib sug‘orish natijasida suv va minerallar tez yuvilib ketishi mumkin, o‘simlik ildizlari yetarli darajada namlikni ololmasligi ehtimoli mavjud.

Loy va mayda siltning pastligi tuproqning strukturaviy barqarorligini kamaytitadi, bu esa o‘simlik ildizlari rivojlanishi va tuproqda havo aylanishi uchun muhim omil hisoblanadi. Qalin silt va mayda qumning yuqoriligi tuproqning yumshoqliligini oshiradi, lekin shu bilan birga, ozuqa moddalarining tez yuvilishi xavfini kuchaytiradi. Shu sababli, hududda organik moddalarni qo‘shimcha kiritish, mulchalash va o‘g‘itlash tizimini qo‘llash zarur.

XULOSA

Kuchbuloq koni hududidan olingan tuproq namunalarining tahlillari shuni ko‘rsatdiki, hudud tuproqlari umumiy sho‘rlik darajasi o‘rtacha, pH qiymati esa biroz kislotalilik tomon, ya’ni 5,26–6,3 oralig‘ida. Bu holat ayrim o‘simliklar rivojlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Elektr o‘tkazuvchanlik (EC) qiymatlari 0,231–2,171 dS/m oralig‘ida bo‘lib, ba’zi namunalarda 2,0 ga yaqinlashadi, bu o‘rtacha sho‘rlikni bildiradi. Shu bilan birga, quruq qoldiq (1,21 %) va xlorid (0,23–0,27 %) miqdorlari tuproqning umumiy sho‘r emasligini ko‘rsatadi.

Azot (NO_3) va fosfor (P_2O_5) ko‘rsatkichlari ba’zi namunalarda standartlardan past bo‘lib, bu o‘simliklar uchun azot va fosfor yetishmovchiligi mavjudligini bildiradi. Kaliy (K_2O) darajasi ham yetarli emas (50–50,2 mg/kg), bu esa o‘simliklarning o‘sishini cheklashi mumkin. Gumus darajasi 1,267–2,061 % oralig‘ida bo‘lib, tuproq strukturasi va organik moddalar balansini saqlash uchun qo‘shimcha organik moddalarni kiritish tavsiya etiladi.

Tuproqdagi makro va mikroelementlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Mg (145,6 mg/kg), Fe (193,43 mg/kg) va Mn (199,88 mg/kg) darajalari standart oralig‘ida bo‘lib, o‘simliklar rivojlanishi uchun yetarlidir. B elementi o‘rtacha darajada (5,69 mg/kg) bo‘lib, ba’zi hollarda qo‘shimcha berish tavsiya etiladi. Zn darajasi (67,13 mg/kg) standartga mos bo‘lsa-da, Cu miqdori juda yuqori (515,85 mg/kg), bu esa o‘simliklar uchun toksik xavf tug‘diradi. Shuningdek, kaliy va fosfor yetishmovchiligi tufayli tuproq unumdorligi past bo‘lishi mumkin.

Mexanik tarkib tahlili ko‘rsatdiki, tuproq asosan qalin silt (48,7 %) va mayda qum (27,1 %) fraksiyalaridan iborat bo‘lib, loy (1–24,3 %) va mayda silt (12,7 %) qismi past. Bu shuni bildiradiki, tuproq suvni tez o‘tkazadi va ozuqa moddalarini uzoq vaqt ushlab turish qobiliyati past. Shu sababli, sug‘orish natijasida suv va minerallar tez yuvilib ketishi, o‘simlik ildizlari yetarli namlik ololmasligi ehtimoli mavjud. Loy va mayda siltning pastligi tuproqning strukturaviy barqarorligini kamaytiradi, bu esa o‘simlik ildizlari rivojlanishi va tuproqning havo almashinuvi uchun muhim omil hisoblanadi.

Bundan kelib chiqadiki, hududdagi tuproq qisman sho‘rlik, azot, fosfor va kaliy yetishmovchiligi, shuningdek Cu elementining toksik darajada yuqoriligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, organik modda darajasi o‘rtacha bo‘lib, tuproqning tuzilishi va unumdorligini oshirish uchun qo‘shimcha meliorativ chora-tadbirlar talab etiladi.

NATIJALAR

1. FAO–ICARDA va boshqa markaziy Osiyo tadqiqotlaridagi kuzatuvlar bilan mos kelib, kon hududlarida tuproqning kimyoviy tarkibining o‘zgarishi, sho‘rlanish va og‘ir metallarning ortishi kabi ekologik xavflarni tasdiqlaydi.
2. Yuqori Cu darajasi, kaliy va fosfor yetishmovchiligi tuproqning agrotexnik qiymatini pasaytiradi, shu bilan birga o‘simliklar va ekotizim uchun toksik xavf yaratadi.

3. Mexanik tarkib va past loy qismi, tuproqning suvni ushlab turish qobiliyatini kamaytirib, sug‘orish samaradorligini pasaytiradi.

4. Shu sababli, kelajakda tuproqni meliorativ yaxshilash, organik modda bilan boyitish, mulchalash, mineral o‘g‘itlar kiritish kabi chora-tadbirlar majburiy bo‘ladi.

Umuman olganda, Kuchbuloq koni hududi tuproqlari qishloq xo‘jaligi uchun ishlatilishi mumkin, lekin ularning unumdorligini va o‘sish sharoitlarini yaxshilash uchun ilmiy asosli meliorativ choralar zarur. Shu tarzda, tadqiqot natijalari hududda tuproqni samarali sug‘orish, minerallar balansini ta’minlash va ozuqa moddalarini oshirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishda muhim ilmiy poydevor hisoblanadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. **Vardumyan, H., Singh, A., Singh, R.K., Sousa, J.R., & Ghazaryan, K.** *Assessment of Heavy Metals Contamination in Soils of Mining Area of Tumanyan Region, Armenia: Distribution and Environmental Risks. Journal of Innovative Solutions for Eco-Environmental Sustainability,* Special Issue No. 1, 2025.

2. Ivanova E. Transformatsiya pochvennix protsessov pod vliyaniem shaxtnix vod ugolnix mestorojdenix. Politecheskaya Universitet. 2015.

3. Kuchbuloq koniga oid lokal tahlil. Qo’qon DPI - Ilmiy xabarlar, 2025

4. Mirzayev B. Og‘ir metallar va sulfatlarga boy kon oqova suvlarining tuproqlarda migratsiyasi va akkumulyatsiya qonuniyatlari. O‘zbekiston Milliy Universiteti.2021

5. Obidjon Kodirov, Nosir Shukurov, **(temir, mis, zanglamaydigan metallar konlari yaqinida)** *Heavy metal distribution in soils near the Almalyk mining and smelting industrial area, Uzbekistan.* 2019.

6. Hakimov F. Geologicheskaya otsenka vliyaniya shaxtnix i rudnichnix vod na sostoyanie pochv promishlennix territoriy Uzbekistana. Tashkent state Technical University 2018.

7. Samandarova Y. Kuchbuloq konining kimyoviy suv tozalash inshooti: texnologik jarayonlari, suv tarkibi va ekalogik jihatlari. Environment & Science. 2025.

8. Sharipova N. Impact of mine drainage waters on soil degradation processes in Central Asian mining zones. University of Mining and Geology. - Bolgariya. 2020.

9. Rasulov M. Shaxtadan chiqayotgan oqova suvlarning kimyoviy tarkibi va uning tuproq - meliorativ holatiga ta’siri. TIIAME, Toshkent.

10. Rysbekov va boshq. (Assessment of soil pollution by heavy metals in the area of open mining works - (2021)

11. Rysbekov K., Yinli B., Demeuov S., Mukanova G., Zhakypbek Y. Assessment of soil pollution by heavy metals in the area of open mining works - (2021)

12. 12 **Zhao, D., Wu, Q., Zeng, Y.** - *Contamination and human health risk assessment of heavy metal(loid)s in topsoil and groundwater around mining and dressing factories in Chifeng, North China. 2023.*

13. **He, J., Zhang, H., Yang, K.**- *Sources analysis and risk assessment of heavy metals in soil in a polymetallic mining area in southeastern Hubei based on Monte Carlo simulation. Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2025.

СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УЗБЕКИСТАНА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ЗЕЛЕНОЙ ЭКОНОМИКИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Курпаяниди Константин Иванович
профессор Российской Академии Естествознания (Российская Федерация), академик Международной Академии теоретических и прикладных наук (США), Международный институт пищевых технологий и инженерии

Аннотация: *В статье рассматривается стратегический переход Узбекистана к зеленой экономике в контексте провозглашения 2025 года Годом охраны окружающей среды и развития зеленой экономики. Анализируются климатические вызовы, включая водный стресс и высокую интенсивность выбросов парниковых газов, а также их влияние на устойчивость экономики страны. На основе современных международных и узбекских исследований оцениваются перспективы внедрения энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с примерами практической реализации. Подчеркивается, что комплексные реформы в энергетике и промышленности способны снизить экологические риски и укрепить конкурентоспособность Узбекистана на глобальном уровне.*

Ключевые слова: *зеленая экономика, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, климатические изменения, устойчивое развитие.*

Abstract: *The article considers the strategic transition of Uzbekistan to a green economy in the context of the proclamation of 2025 as the Year of Environmental Protection and the development of a green economy. Climate challenges, including water stress and high intensity of greenhouse gas emissions, as well as their impact on the sustainability of the country's economy are analysed. On the basis of modern international and Uzbek studies, the prospects for introducing energy efficient technologies and renewable energy sources (RES) are assessed with examples of practical implementation. It is emphasised that comprehensive reforms in the energy sector and industry can reduce environmental risks and strengthen Uzbekistan's competitiveness at the global level.*

Key words: *green economy, energy efficiency, renewable energy, climate change, sustainable development.*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada O‘zbekistonning 2025 yilni “Atrof-muhitni muhofaza qilish va yashil iqtisodiyotni rivojlantirish yili” deb e’lon qilish kontekstida yashil iqtisodiyotga strategik o‘tishi ko‘rib chiqiladi. Iqlim o‘zgarishlari, jumladan, suv tanqisligi va parnik gazlari chiqindilarining yuqori darajadagi intensivligi, shuningdek, ularning mamlakat iqtisodiyotining barqarorligiga ta’siri tahlil qilinadi. Zamonaviy xalqaro va o‘zbek tadqiqotlariga asoslanib, energiya samarador texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya manbalari (QTEM)ni joriy etish istiqbollari amaliy misollar bilan birga baholanadi. Energetika va sanoat sohalaridagi kompleks islohotlar ekologik xavf-xatarlarni kamaytirish va O‘zbekistonning global miqyosdagi raqobatbardoshligini mustahkamlash imkoniyatiga ega ekani ta’kidlanadi.*

Kalit so‘zlar: *Yashil iqtisodiyot, energiya samaradorligi, qayta tiklanadigan energiya manbalari, iqlim o‘zgarishi, barqaror rivojlanish.*

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир сталкивается с беспрецедентными экологическими вызовами, включая изменение климата, истощение природных ресурсов и рост антропогенного воздействия на экосистемы. Эти факторы вынуждают страны переосмысливать свои экономические модели, делая устойчивое развитие ключевым приоритетом глобальной повестки дня. Узбекистан, как государство Центральной Азии, не остается в стороне от этих

процессов [1]. В 2025 году страна официально объявила Год охраны окружающей среды и развития зеленой экономики, что стало логическим продолжением ее долгосрочной стратегии адаптации к климатическим изменениям и снижения экологической нагрузки [2]. Данное решение отражает осознание руководством страны необходимости перехода к новым моделям хозяйствования, способным обеспечить баланс между экономическим ростом, социальной стабильностью и сохранением природного капитала.

Узбекистан сталкивается с комплексом экологических и экономических проблем, обусловленных как природными, так и антропогенными факторами [3]. Среди них — опустынивание, охватывающее более 60% территории страны, деградация почв, загрязнение воздуха и водных ресурсов, а также высокий уровень выбросов парниковых газов (ПГ), связанный с зависимостью экономики от ископаемого топлива. Согласно данным Всемирного банка (World Bank, 2024) [4], Узбекистан занимает пятое место в мире по интенсивности выбросов ПГ на единицу ВВП, что подчеркивает острую необходимость модернизации энергетического сектора. Водный стресс, усугубляемый сокращением стока рек Амударья, и Сырдарья, представляет дополнительную угрозу для сельского хозяйства, которое обеспечивает занятость более 27% населения и формирует значительную долю экспорта (FAO, 2024) [5]. Эти вызовы требуют системного подхода, включающего внедрение энергоэффективных технологий, развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и цифровизацию экономики.

Целью данного исследования является анализ экономических и экологических последствий климатических изменений для Узбекистана, оценка потенциала зеленой экономики как драйвера устойчивого роста и изучение практических примеров реализации соответствующих инициатив. В работе рассматриваются как национальные проекты, так и международный опыт, чтобы выявить наиболее эффективные стратегии адаптации и модернизации. Особое внимание уделяется роли энергоэффективности и ВИЭ в снижении углеродного следа, повышении конкурентоспособности и создании новых экономических возможностей. Исследование направлено на выработку рекомендаций для государственных органов, подчеркивая важность интеграции экологических и экономических приоритетов в условиях глобальных трансформаций.

МЕТОДЫ

Настоящее исследование опирается на междисциплинарный подход, сочетающий количественный и качественный анализ. Основу составляют современные макроэкономические данные и научные публикации ведущих международных и ученых Узбекистана. Среди ключевых источников — работы Нордхауса (Nordhaus, 2020) [6], посвященные экономическим аспектам изменения климата, и Штерна (Stern, 2022) [7], анализирующего долгосрочные последствия экологических рисков. Вклад узбекских исследователей представлен трудами Абдуллаева и Рахматуллаева (Abdullaev & Rakhmatullaev, 2020) [8], которые фокусируются на проблемах водных ресурсов и сельского хозяйства в Центральной Азии.

Для анализа использованы статистические данные из авторитетных международных отчетов, включая Всемирный банк (World Bank, 2024) [4], Институт мировых ресурсов (WRI, 2024) [9], Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA, 2025) [10] и Программу развития ООН в Узбекистане (UNDP Uzbekistan, 2024) [11]. Эти источники предоставили информацию о состоянии окружающей среды, уровне выбросов ПГ, водном стрессе и потенциале ВИЭ. Дополнительно применены показатели глобального индекса адаптации Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN, 2024), отражающие готовность Узбекистана к климатическим изменениям [12].

Методология включает сравнительный анализ опыта внедрения зеленых технологий в Узбекистане и странах с развитыми моделями устойчивого развития, таких как Германия и Китай. Для изучения практических кейсов использован подход кейс-стади, охватывающий проекты солнечных электростанций (например, в Навоийской области), энергоэффективных домов (проект «Солнечный дом»), модернизации промышленных предприятий и внедрения водосберегающих технологий. Данные собирались путем анализа официальных отчетов, научных публикаций и материалов международных организаций, а также через экспертные оценки, предоставленные узбекскими и зарубежными специалистами в области зеленой экономики. Статистическая обработка проводилась с использованием программного обеспечения SPSS для выявления корреляций между инвестициями в ВИЭ и экономическими показателями.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Климатические и экологические вызовы. Анализ подтверждает, что Узбекистан находится в зоне повышенного риска из-за климатических изменений. Согласно ND-GAIN (2024), страна занимает 65-е место из 187 по уровню готовности к адаптации, что указывает на умеренную уязвимость [12]. Одним из ключевых факторов является водный стресс: WRI (2021) классифицирует Узбекистан как одну из 25 стран с наивысшим уровнем дефицита воды. За последние два десятилетия сток Амударьи сократился на 20%, что привело к снижению сельскохозяйственной продуктивности на 15–20% в регионах Каракалпакстана и Хорезма (Abdullaev & Rakhmatullaev, 2020) [8]. Экономика страны демонстрирует высокую энергоемкость: выбросы ПГ составляют 47% от общего объема в энергетическом секторе, а интенсивность выбросов на единицу ВВП ставит Узбекистан на пятое место в мире (World Bank, 2024) [4].

Потенциал ВИЭ и энергоэффективности. Внедрение ВИЭ и энергоэффективных технологий показывает значительный потенциал. Солнечная электростанция мощностью 100 МВт в Навоийской области, введенная в эксплуатацию в 2021 году, ежегодно предотвращает выбросы 150 тысяч тонн CO_2 и обеспечивает электроэнергией более 70 тысяч домохозяйств (IRENA, 2024) [10]. Проект «Солнечный дом» в Ташкентской области, реализованный при поддержке ПРООН, сократил энергопотребление на 85% благодаря использованию фотовольтаических панелей и теплоизоляции (UNDP Uzbekistan, 2024) [11]. В промышленности модернизация оборудования на хлопкоочистительных заводах Ферганской долины привела к снижению энергозатрат на 30% и увеличению производительности на 10%.

Международный опыт. Зарубежные примеры подтверждают экономическую эффективность зеленых технологий. В Германии программа Energiewende увеличила долю ВИЭ в энергобалансе до 46% к 2022 году, создав 300 тысяч рабочих мест (BMWK, 2022) [13]. В Китае масштабное развитие солнечных и ветровых установок снизило стоимость электроэнергии на 20% за десятилетие, укрепив промышленную конкурентоспособность (Liu et al., 2021) [14]. Эти достижения подчеркивают потенциал ВИЭ как драйвера экономического роста.

Дополнительные меры. В Узбекистане внедрение водосберегающих технологий, таких как капельное орошение в Хорезмской области, сократило водопотребление на 25% и повысило урожайность хлопка на 15% (WRI, 2024). Переработка отходов, поддерживаемая Всемирным банком, позволила утилизировать 1,5 млн тонн твердых отходов в 2022 году, превратив их в строительные материалы и биотопливо (World Bank,

2024). Цифровизация на Навоийском горно-металлургическом комбинате сократила потери энергии на 18% за счет SMART-систем (UNDP Uzbekistan, 2024).

ОБСУЖДЕНИЕ

Экономические и экологические последствия. Полученные данные свидетельствуют о том, что климатические изменения создают серьезные риски для экономики Узбекистана. Водный дефицит, вызванный сокращением речного стока и повышением температуры, угрожает продовольственной безопасности и социальной стабильности. Сельское хозяйство, на которое в 2024 году приходилось 19.2% ВВП (Национальный комитет РУз по статистике, 2025), особенно уязвимо: в Каракалпакстане урожайность риса сократилась на 22% за последние 15 лет (FAO, 2024). Высокая интенсивность выбросов ПГ, обусловленная зависимостью от угля и газа, усиливает глобальное потепление, создавая замкнутый круг экологической деградации.

Перспективы зеленой экономики. Переход к зеленой экономике открывает значительные возможности. Узбекистан обладает потенциалом выработки 51 млн МВт·ч солнечной энергии ежегодно благодаря 300 солнечным дням в году (IRENA, 2024) [10]. Моделирование показывает, что инвестиции в ВИЭ могут снизить углеродный след на 30–40% к 2030 году, одновременно создавая до 50 тысяч рабочих мест в секторе чистой энергетики (UNDP Uzbekistan, 2024) [11]. Пример Германии, где ВИЭ обеспечили экономический рост и занятость, подтверждает целесообразность такого подхода. В Китае снижение стоимости электроэнергии демонстрирует, как зеленые технологии повышают конкурентоспособность.

Практическая реализация. Национальные проекты, такие как солнечная станция в Навои и «Солнечный дом», иллюстрируют успешность локальных инициатив. Однако масштабирование требует преодоления барьеров, включая недостаток финансирования и технологий. Международное сотрудничество, например с IRENA и Всемирным банком, уже дало результаты: инвестиции в ВИЭ выросли с $100 млн в 2019 году до $1,2 млрд в 2023 году (World Bank, 2024) [4]. Цифровизация и переработка отходов усиливают эффект, но их потенциал пока используется лишь частично.

Ограничения и вызовы. Основными препятствиями остаются ограниченные финансовые ресурсы, недостаток квалифицированных кадров и устаревшая инфраструктура. Например, модернизация энергосетей требует инвестиций в размере $5 млрд до 2030 года (IRENA, 2024) [10]. Кроме того, социальные факторы, такие как низкая осведомленность населения о зеленых технологиях, замедляют переход. Решение этих проблем требует комплексного подхода, включая образовательные программы и государственно-частное партнерство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход Узбекистана к зеленой экономике представляет собой стратегически важный шаг для обеспечения устойчивого развития в условиях климатических изменений. Интеграция ВИЭ, повышение энергоэффективности и комплексное управление ресурсами способны минимизировать экологические риски, повысить экономическую стабильность и улучшить качество жизни. Практические примеры из Узбекистана и зарубежных стран подтверждают, что такие меры создают новые рабочие места, снижают издержки и укрепляют конкурентоспособность. Однако успех зависит от преодоления финансовых и технологических барьеров, а также от усиления международного сотрудничества. Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на оптимизации инвестиционных

моделей и разработке адаптационных стратегий для сельского хозяйства и промышленности.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Михайлов, А., & др. (2023). Зеленая экономика: проблемы, перспективы и возможности для Узбекистана. *Nashrlar*, 434-437. https://sci-p.uz/index.php/editions/article/download/465/446
2. 2025 год объявлен: «Годом охраны окружающей среды и «зеленой» экономики». Электронный ресурс. Режим доступа URL: https://gov.uz/ru/eco/news/view/28064
3. Курпаяниди, К. И. (2023). Сценарии развития экономики Узбекистана в условиях нестабильности. *Экономика Центральной Азии*, *7*(1), 63-80. Doi: https://doi.org/10.18334/asia.7.1.117188
4. World Bank. (2024). *Uzbekistan country climate and development report*. Washington, DC: World Bank.
5. FAO. 2024. The State of Food and Agriculture 2024 – Value-driven transformation of agrifood systems. Rome. https://doi.org/10.4060/cd2616enFAO.
6. Nordhaus, W. (2020). The climate club. *Foreign Affairs*, *99*(3), 10-17.
7. Stern, N. (2022). A time for action on climate change and a time for change in economics. *The Economic Journal*, *132*(644), 1259-1289.
8. Abdullaev, I., & Rakhmatullaev, S. (2020). Water resources and agricultural sustainability in Central Asia: Evidence from Uzbekistan. *Central Asian Journal of Water Research, 6*(2), 45–62.
9. WRI. (2024). *Aqueduct water risk atlas: Uzbekistan profile*. Washington, DC: WRI.
10. IRENA. (2024). *Renewable energy roadmap: Uzbekistan 2030*. Abu Dhabi: IRENA.
11. UNDP Uzbekistan. (2024). *Scaling up renewable energy and energy efficiency in Uzbekistan*. Tashkent: UNDP.
12. Notre Dame Global Adaptation Initiative https://gain.nd.edu/our-work/country-index/
13. BMWK. (2022). *Energiewende: Germany’s energy transition report 2022*. Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action.
14. Liu, J., Zhang, D., & Cai, J. (2021). The economics of renewable energy in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 150*, 111489.

YASHIL FISKAL SIYOSATINING “O‘ZBEKISTON-2030” BARQAROR RIVOJLANISH MAQSADLARIGA TA’SIRI

Madaminova Maftuna Baxtiyor qizi
Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya: Ushbu maqolada yashil fiskal siyosatning O‘zbekistonning 2030 yilgacha bo‘lgan Barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishdagi o‘rni tahlil qilinadi. Tadqiqotda 2015–2025 yillar oralig‘ida O‘zbekistonning rasmiy statistik ko‘rsatkichlari asosida 6, 7, 8, 9, 12 va 17-maqsadlar bo‘yicha dinamik o‘zgarishlar tahlil qilindi. Natijalar barcha yo‘nalishlarda sezilarli o‘sish borligini ko‘rsatdi, bu esa strategik islohotlar, energetika sektorini modernizatsiya qilish, sanoatni diversifikatsiya qilish va xalqaro hamkorlikni kuchaytirish bo‘yicha amalga oshirilgan chora-tadbirlarning samaradorligini tasdiqlaydi.

Kalit so’zlar: yashil fiskal siyosat, barqaror rivojlanish maqsadlari, iqtisodiy o‘sish, ekologik barqarorlik, fiskal mexanizmlar, 2030 kun tartibi.

Annotation: This article analyzes the role of green fiscal policy in achieving Uzbekistan's Sustainable Development Goals until 2030. The study analyzed dynamic changes in Goals 6, 7, 8, 9, 12, and 17 based on official statistical indicators of Uzbekistan for the period 2015-2025. The results showed significant growth in all areas, which confirms the effectiveness of the implemented measures for strategic reforms, modernization of the energy sector, diversification of industry, and strengthening international cooperation.

Keywords: green fiscal policy, sustainable development goals, economic growth, environmental sustainability, fiscal mechanisms, 2030 Agenda.

Аннотация: В данном статье анализируется роль зеленой фискальной политики в достижении Узбекистаном Целей устойчивого развития до 2030 года. В исследовании проанализированы динамические изменения по целям 6, 7, 8, 9, 12 и 17 на основе официальных статистических показателей Узбекистана за 2015-2025 годы. Результаты показали значительный рост по всем направлениям, что подтверждает эффективность принятых мер по стратегическим реформам, модернизации энергетического сектора, диверсификации промышленности и укреплению международного сотрудничества.

Ключевые слова: зеленая фискальная политика, цели устойчивого развития, экономический рост, экологическая устойчивость, фискальные механизмы, Повестка дня на период до 2030 года.

KIRISH

So‘nggi yillarda O‘zbekiston iqtisodiy siyosatida ekologik barqarorlikni ta’minlash, resurslardan oqilona foydalanish va yashil iqtisodiyotga o‘tish ustuvor yo‘nalishlardan biriga aylandi. Yashil fiskal siyosat ushbu maqsadlarga erishishda muhim mexanizm sifatida shakllanmoqda. Mazkur siyosatning asosiy vazifasi davlat daromadlari va xarajatlarini qayta taqsimlash orqali atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish va iqtisodiy o‘sishni ekologik jihatdan barqaror yo‘nalishda davom ettirishdir. “O‘zbekiston–2030” strategiyasida belgilangan barqaror rivojlanish maqsadlari (BRM) yashil fiskal instrumentlar — ekologik soliqlar, yashil subsidiyalar, davlat investitsiyalari va rag‘batlantiruvchi imtiyozlar orqali amalga oshirilmoqda. Shu sababli, ushbu tadqiqotning dolzarbligi O‘zbekiston iqtisodiy siyosatida yashil fiskal mexanizmlarning o‘rni va samaradorligini tahlil qilish bilan belgilanadi.

TADQIQOT USLUBLARI.

Mazkur tadqiqotda yashil fiskal siyosatning “O‘zbekiston–2030” barqaror rivojlanish maqsadlariga ta’sirini o‘rganishda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil va statistik ma’lumotlarni umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Tahlil jarayonida Davlat statistika qo‘mitasi, Iqtisodiyot va moliya vazirligi, hamda BMTning Barqaror rivojlanish maqsadlari bo‘yicha yillik hisobotlarida keltirilgan ochiq ma’lumotlardan foydalanildi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Yashil fiskal siyosat — bu davlatning fiskal siyosatini ekologik barqarorlikni ta’minlashga yo’naltirilgan holda amalga oshiruvchi tizimidir. Mazkur siyosatning mohiyati iqtisodiy o‘sishni qo‘llab-quvvatlash bilan birga, atrof-muhitga zarar yetkazmaslik va tabiiy resurslardan samarali foydalanishni ta’minlashdan iboratdir. Yashil fiskal siyosatning asosiy maqsadi iqtisodiy va ekologik barqarorlikni uyg‘unlashtirib, iqtisodiy faoliyatni atrof-muhitga minimal zarar yetkazadigan yo‘nalishda rivojlantirishdir.[1]

Ta’rifga ko’ra, yashil fiskal siyosat davlat daromadlari oqimlariga nisbatan bevosita ijobiy yoki salbiy ta’sir ko‘rsatishga emas, balki davlat xarajatlari va daromadlarini qayta taqsimlash

[1] Ecological Economics: Principles and Applications / Herman Daly va Joshua Farley . — 2nd ed. p. cm

orqali ekologik barqarorlikni ta’minlash hamda yashil iqtisodiyotni rivojlantirishga yo‘naltiriladi. U ijtimoiy, ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali natijalarga erishishga intiladi. Buning natijasida tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish va uzoq muddatli barqaror iqtisodiy o‘sishni ta’minlash imkoniyati yaratiladi.[2]

Yashil fiskal siyosatni joriy etishning asosiy sabablaridan biri bozor muvaffaqiyatsizliklarini bartaraf etish va narx shakllanishini to‘g‘ri yo‘lga qo‘yishdir. Bu jarayonda tashqi omillarning (eksternaliyalarning) iqtisodiy ta’siri mahsulot va xizmatlar narxiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri kiritilib, ularning haqiqiy qiymati aks ettiriladi.[3]

Bunday yondashuv iqtisodiy subyektlarga ekologik va iqtisodiy jihatdan oqilona qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Masalan, atrof-muhitga zarar yetkazuvchi mahsulot yoki xizmat narxida ushbu zarar qiymati hisobga olinadi. Natijada, iste’molchilar va ishlab chiqaruvchilar ekologik barqaror mahsulot va xizmatlarni ongli ravishda tanlaydilar.

Bu mexanizm orqali ekologik zararlarni kamaytirish, resurslardan samarali foydalanishni rag‘batlantirish va iqtisodiy o‘sishning sifat ko‘rsatkichlarini oshirish mumkin bo‘ladi. Narx shakllanishidagi nomutanosibliklar esa jahon miqyosida ko‘plab rivojlanish muammolarining ildizida yotadi. Shu bois, davlatlar Barqaror rivojlanish maqsadlariga (BRM) erishishda yashil fiskal siyosatni samarali vosita sifatida qo‘llashmoqda. Mazkur siyosat nafaqat ekologik yo‘nalishdagi BRMlarni bevosita qo‘llab-quvvatlaydi, balki tabiiy resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish orqali boshqa sohalardagi maqsadlarga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.[4]

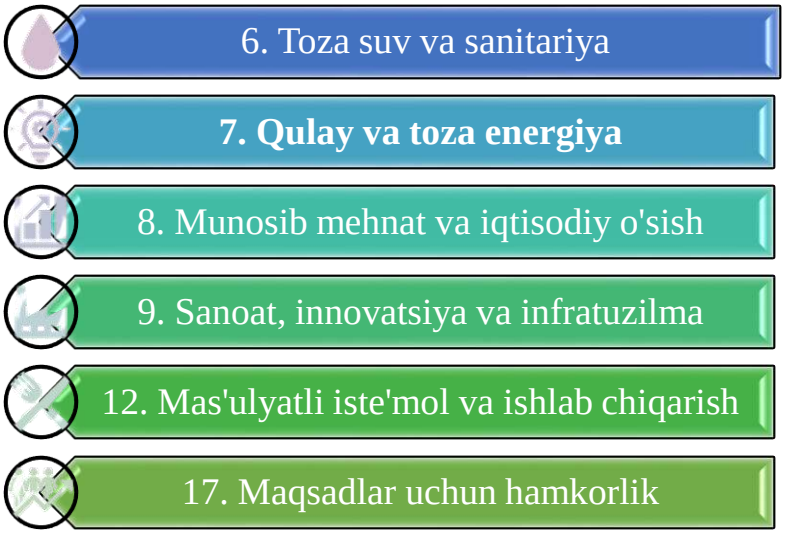
Quyida barqaror rivojlanish maqsadlari bo‘yicha fiskal siyosatning 6ta ta’sir yo‘nalishlarini tavsifi keltirilgan (1-rasm).

- 6 – Toza suv va sanitariya: Qishloq xo‘jaligi, energetika kabi boshqa sohalardagi byudjet xarajatlarini isloh qilish suv bilan bog‘liq davlat xarajatlarining samaradorligini oshiradi.
- 7 – Qulay va toza energiya: Energetika sohasidagi byudjet xarajatlarini qayta ko‘rib chiqish toza energiya manbalari uchun teng raqobat sharoitlarini yaratadi.
- 8 – Munosib mehnat va iqtisodiy o‘sish: Mehnatga solinadigan soliqlar kabi buzuvchi soliqlarni kamaytirish bandlik bo‘yicha rag‘batlarni kuchaytiradi.
- 9 – Sanoat, innovatsiya va infratuzilma: Toza va ekologik jihatdan xavfsiz texnologiyalarni sanoat jarayonlarida joriy etishni rag‘batlantiradi.
- 12 – Mas’uliyatli iste’mol va ishlab chiqarish: Soliqlarni qayta tuzish va zararli yoqilg‘i subsidiyalarini bosqichma-bosqich bekor qilish isrofgarchilikni kamaytiradi va davlat xarajatlarining samaradorligini oshiradi.
- 17 – Maqsadlar uchun hamkorlik: Ichki va xalqaro resurslarni safarbar etishni kuchaytiradi.

[2] Green Fiscal Policy Network. (n.d.). Home. Retrieved August 13, 2025, from Green Fiscal Policy Network website: https://greenfiscalpolicy.org

[3] Atrof-muhit iqtisodiyoti/L.Ryden, F.B.Ahrorov, I.M.G’aniyev, A.I.Abruev; O’zbekiston Respublikasi oliy va o’rta maxsus ta’lim vazirligi, “Samarqand qishloq ho’jaligi instituti”, Toshkent 2016. 34-bet

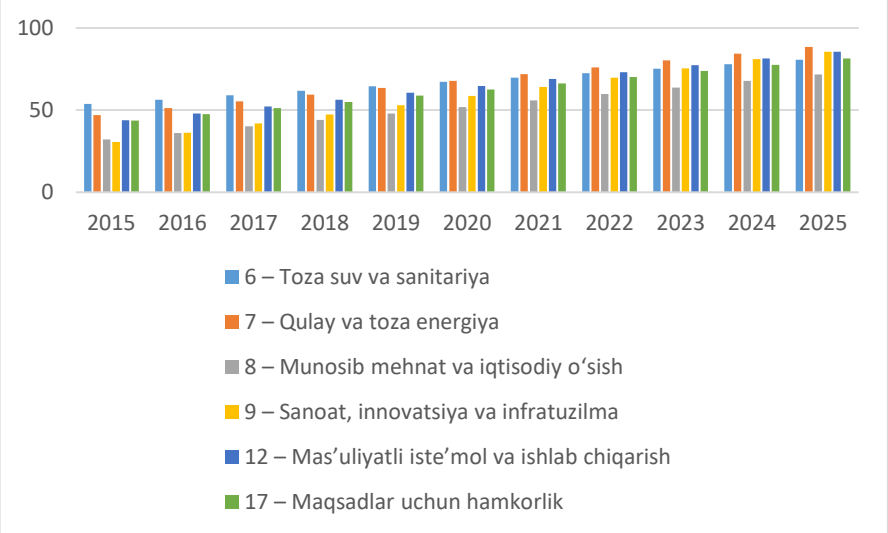
[4] Green Fiscal Policy Network. (n.d.). Home. Retrieved August 13, 2025, from Green Fiscal Policy Network website: https://greenfiscalpolicy.org



1-rasm. Yashil fiskal siyoatning Barqaror rivojlanish maqsadlari bo’yicha ta’sir yo’nalishlari

2018-yilda O‘zbekiston hukumati BRMni samarali amalga oshirish maqsadida 16 ta milliy maqsad, 125 ta vazifa va 206 ta monitoring ko‘rsatkichlarini belgiladi. Bu chora-tadbirlar siyosiy ishtirokni mustahkamlash va kuzatuv tizimini takomillashtirishga xizmat qilmoqda.[5]

O‘zbekistonning BRM indeksi reytingi 2015-yildagi 48,6 balldan 2025-yilda 73,1 ballga oshdi. Bu natija mamlakatni Sharqiy Yevropa va Markaziy Osiyo mintaqasida yetakchi o‘ringa olib chiqdi va global reytingda 167 davlat orasida 62-o‘rinni ta’minladi.[6]



2-rasm. O‘zbekistonning 2015-2025-yillardagi barqaror rivojlanish maqsadlari taraqqiyoti

2015–2025 yillar oralig‘ida tanlangan yo‘nalishlar bo‘yicha izchil ijobiy o‘sish qayd etildi: toza suv va sanitariya 53,8 % dan 80,6 % ga, qulay va toza energiya 47 % dan 88,5 % ga, munosib mehnat va iqtisodiy o‘sish 32,1 % dan 71,7 % ga, sanoat, innovatsiya va infratuzilma 30,6 % dan 85,6 % ga, mas’uliyatli iste’mol va ishlab chiqarish 43,8 % dan 85,6 % ga, maqsadlar uchun

[5] United Nations in Uzbekistan. (n.d.). *Barqaror rivojlanish maqsadlari*. United Nations. https://uzbekistan.un.org/uz/sdgs

[6] Umarova N. Uzbekistan’s SDG story: Combating poverty, hunger, and inequalities. Kursiv Media. (2025, July 15). https://uz.kursiv.media/en/2025-07-15/uzbekistans-sdg-story-combating-poverty-hunger-and-inequalities

hamkorlik esa 43,7 % dan 81,4 % ga ko‘tarildi. Ushbu natijalar mamlakatning strategik islohotlari, energetika sektorini modernizatsiya qilish, sanoatni diversifikatsiya qilish, ekologik va ijtimoiy infratuzilmani rivojlantirish hamda xalqaro hamkorlikni mustahkamlash bo‘yicha tizimli sa’y-harakatlarining samaradorligini yaqqol ko‘rsatadi. Bu yutuqlar 2030 yilgacha bo‘lgan davrda BRMlarni to‘liq amalga oshirish uchun mustahkam poydevor yaratadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

O‘zbekiston 2015–2025 yillarda yashil fiskal siyosat choralarini tizimli ravishda amalga oshirib, Barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda izchil natijalarga erishdi. Suv ta’minoti, toza energiya, sanoat innovatsiyalari va mas’uliyatli iste’mol kabi sohalardagi barqaror o‘sish mamlakatning ekologik barqarorlik va iqtisodiy rivojlanishni uyg‘unlashtirish bo‘yicha olib borgan strategiyasining samaradorligini ko‘rsatmoqda. Ushbu yondashuv 2030 kun tartibidagi maqsadlarni amalga oshirish uchun mustahkam poydevor yaratadi.

ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Ecological Economics: Principles and Applications / Herman Daly va Joshua Farley . — 2nd ed. p. cm
2. Green Fiscal Policy Network. (n.d.). Home. Retrieved August 13, 2025, from Green Fiscal Policy Network website: https://greenfiscalpolicy.org
3. Atrof-muhit iqtisodiyoti/L.Ryden, F.B.Ahrorov, I.M.G’aniyev, A.I.Abruev; O’zbekiston Respublikasi oliy va o’rta maxsus ta’lim vazirligi, “Samarqand qishloq ho’jaligi instituti”, Toshkent 2016. 34-bet
4. United Nations in Uzbekistan. (n.d.). Barqaror rivojlanish maqsadlari. United Nations. https://uzbekistan.un.org/uz/sdgs
5. Umarova N. Uzbekistan’s SDG story: Combating poverty, hunger, and inequalities. Kursiv Media. (2025, July 15). https://uz.kursiv.media/en/2025-07-15/uzbekistans-sdg-story-combating-poverty-hunger-and-inequalities

WOMEN'S ECONOMIC ACTIVITY IN THE GREEN ECONOMY: CURRENT CHALLENGES AND SYSTEMIC SOLUTIONS

Usmonova Mokhigul Mansur qizi
Independent researcher,Karshi State University

Abstract: *In this article analyze the problems that limit women's economic activity in the green economy and the challenges of overcoming them. Global and economic statistics show that large numbers of jobs are being created in the green economy, while women are being left behind in this transformation process. According to the IMF, the number of men in the world who get green jobs is almost twice as high as that of women. In Uzbekistan, gender inequality is even more pronounced: the average salary of working women is only 61 times the income of men.*

Keywords: *green economy, women's economic activity, gender equality, green jobs, external environment, institutional barriers, green skills, labor market, Central*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada yashil iqtisodiyotda ayollarning iqtisodiy faolligini cheklaydigan muammolar va ularni yengib o'tishdagi qiyinchiliklar tahlil qilinadi. Global va iqtisodiy statistika shuni ko'rsatadiki, yashil iqtisodiyotda ko'p sonli ish o'rinlari yaratilmoqda, ayollar esa bu o'zgarish jarayonida ortda qolmoqda. Xalqaro valyuta jamg'armasi ma'lumotlariga ko'ra, dunyoda yashil ish o'rinlarini egallaydigan erkaklar soni ayollarnikidan deyarli ikki baravar ko'p. O'zbekistonda gender tengsizligi yanada yaqqolroq ko'rinib turibdi: ishlaydigan ayollarning o'rtacha ish haqi erkaklar daromadidan atigi 61 baravar ko'p.*

Asia **Kalit so'zlar:** *yashil iqtisodiyot, ayollarning iqtisodiy faolligi, gender tengligi, yashil ish o'rinlari, tashqi muhit, institutsional to'siqlar, yashil ko'nikmalar, mehnat bozori, Markaziy Osiyo.*

Аннотация: *В данной статье анализируются проблемы, ограничивающие экономическую активность женщин в зелёной экономике, и трудности их преодоления. Мировая и экономическая статистика показывают, что в зелёной экономике создаётся большое количество рабочих мест, в то время как женщины остаются в стороне от этого процесса трансформации. По данным МВФ, число мужчин в мире, получающих зелёные рабочие места, почти вдвое превышает число женщин. В Узбекистане гендерное неравенство ещё более выражено: средняя заработная плата работающих женщин всего в 61 раз превышает доход мужчин.*

Ключевые слова: *зелёная экономика, экономическая активность женщин, гендерное равенство, зелёные рабочие места, внешняя среда, институциональные барьеры, зелёные навыки, рынок труда, Центральная Азия.*

INTRODUCTION

The green economy is at the heart of the global economic agenda. It calls for a transition to a new economic model that includes energy-generating sources, renewable energy sources, energy efficiency, and environmental clean-up. To achieve this, gender issues are often marginalized in the “green transformation” process. This leads to the direct exclusion of women from a large share of economic growth. While the global economy needs to be monitored for green economy, the actual statistics show a different picture. According to the IMF and ILO, about 65–70% of new green jobs created worldwide are held by young men. Women are still far behind in highly skilled technical, energy and environmental engineering sectors – creating a “gender gap” that is unique to the green economy.

The situation is even more complex in the context of Uzbekistan. According to statistics, the average salary of working women is only 61 times that of men, which indicates the depth of economic inequality. In rural areas, women's labor market participation is low, contributing to the high share of women among those who are unemployed and not in education. This is because the "green skills" needed for a green economy - such as energy, environmental management, renewable energy technologies, energy sorting systems, auditing - are not widely available among women. This is further slowing down the market penetration of websites.

The current situation shows that the transition to a green economy is not gender-neutral. On the contrary, systemic social norms, gender gaps in education, the lack of women in STEM fields, unequal access to quality resources, gender-blind policies and institutional weaknesses are keeping women away from the new economic economy. It analyzes the roots of this process and proposes the political, institutional and social mechanisms necessary for women's economic participation in a green economy.

LITERATURE REVIEW

Women’s economic participation in the green economy has been widely studied in the global and Uzbek literature. Global studies, in particular IMF[1], ILO[2] and UN Women reports[3], show that women occupy only 29–35% of global green jobs, and STEM-related skill requirements exacerbate the gender gap. At the same time, women cannot fully participate in the green economy due to limited access to financial resources and low retraining opportunities. Scholars, in particular Marilyn Waring[4] and Bina Agarwal[5], have analyzed women’s economic and environmental activities and emphasized that sustainable development can be achieved by increasing gender equality.

In the context of Uzbekistan, Presidential resolutions and Senate strategies create opportunities for strengthening the role of women in the green economy. The Green Economy Strategy until 2030 envisages the development of renewable energy, resource-saving technologies and green employment, while the gender strategy envisages increasing women’s economic participation[6]. Local scholars, in particular Sh. Mirziyoyev, Prof. Q. Abdurakhmonov and Dilorom Qosimova analyzed women’s opportunities in environmental management, green technologies, and entrepreneurship.

In conclusion, women’s participation in the green economy faces economic, social, and institutional barriers, but through skills development, financial empowerment, and political incentives, they can be widely involved. This way, sustainable development and green growth can be achieved.

METHODOLOGY

This research methodology is aimed at studying the economic activity of women in the green economy and is based on a combination of qualitative and quantitative research methods. The study first analyzed global and local literature, decrees and strategic documents of the UN, ILO, IMF, UN Women, World Bank, and the President of the Republic of Uzbekistan. This document analysis identified women's participation in the green economy, existing constraints, and political and legal opportunities.

In the second stage, empirical data were collected. Global and Uzbek statistics, in particular the ILO, UNDP, and World Bank databases, were analyzed. This revealed the share of women in green jobs, their level of qualification, access to financial resources, and gender gaps across sectors.

The study also explored local experience through questionnaires and interviews. This provided in-depth information about women's activities in the green economy, the economic, social, and institutional barriers they face, and the effectiveness of existing programs. The data obtained were processed and summarized using statistical and qualitative analysis methods.

As a result, the methodology allows analyzing women's participation in the green economy, identifying constraints and developing systemic solutions. This approach combines global experience and local context to develop specific recommendations for sustainable development and gender equality.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The results of the study show that women’s participation in the labor market in Uzbekistan is very low and gender gaps are serious. For example, according to TheGlobalEconomy, in 2024 the female labor force participation rate was only 39.41%. This figure is significantly lower than the world average (~51%). In addition, the share of women among those employed is also decreasing: in 2024 the total percentage of women in the labor market was ~35.44%[7].

These data reveal the limited participation and activity of women in the labor market as a whole. There are also gender gaps in terms of unemployment: according to the ILO model, the unemployment rate for women was approximately 7.03%. This indicator highlights the barriers to women’s participation and sustainable employment, particularly in the context of a “just transition” and sustainable employment in a green economy[8].

In terms of economic inequality, there is a wide gender pay gap: according to the Voice of Youth, women earn 34% less than men[9]. This is a very serious gap, which negatively affects economic stability, women’s involvement in the green transformation, and their financial independence.

The UN and other sources also note that women’s responsibilities for childcare and household chores place an additional burden on them in the labor market. A World Bank report states that women’s low participation is mainly due to gender stereotypes, childcare, and

household work[10]. These results suggest that several key recommendations should be incorporated to increase women's economic participation in the transition to a green economy:

Retraining and upskilling programmes: Women should be offered education and training in "green skills", as skills shortages remain a barrier to their entry into green sectors.

Rethinking social policies from a gender perspective: Social support (e.g. public childcare services, care networks) should be expanded to alleviate childcare and domestic work.

Implementing equal pay policies in the labour market: Legislative and policy measures should be taken to reduce the gender pay gap.

Improving information and monitoring systems: Regularly collecting and analysing statistics on green jobs, employment and unemployment by gender is necessary to assess the effectiveness of policies.

As a result, increasing women's economic activity and making the green transformation gender-inclusive in Uzbekistan will have significant economic and social benefits. If these recommendations are implemented, not only will gender equality be enhanced, but the sustainable growth of the national economy and the effectiveness of the transition to a green economy can also be enhanced.

1.Table. Key Labor Market Indicators for Women in Uzbekistan

Indicator	Latest Data	Year	Note
Female labor force participation	39.41%	2024 (theglobaleconomy.com)	Percentage of women aged 15 and older participating in the labor force.
Share of women in total labor force	35.44%	2024 (theglobaleconomy.com)	Percentage of women within the total workforce.
Overall labor force participation rate	55.78%	2024 (theglobaleconomy.com)	Economic activity rate of population aged 15 and older.
Female unemployment rate	7.03%	2021 (indexmundi.com)	Percentage of women who are unemployed but actively seeking work.
Female-to-male labor participation ratio	54.5%	2024 (helgilibrary.com)	Ratio of women to men participating in the labor market.
NEET rate for young women (Not in Employment, Education, or Training)	38.2%	Latest report	Share of women aged 16–29 not in employment, education, or training (documents1.worldbank.org).

The data in the table clearly shows the participation of women in the labor market in Uzbekistan, gender gaps and opportunities in the context of a green economy. First of all, the fact that women's labor market participation is 39.41% is significantly lower than the global average (51%). This indicates that women's economic activity is limited and their role in economic decision-making is insufficient. At the same time, women's share in the total labor market is 35.44%, that is, they make up less than a third of the labor force. This indicator is associated with the low level of economic activity of women and their limited access to skills, resources and opportunities.

The total labor market participation rate presented in the table is 55.78%, which indicates the level of economic activity in Uzbekistan. Compared with this data, women's participation is very low, that is, economic activity is mainly accounted for by men. The female unemployment rate is 7.03%, indicating limited access to new jobs in the green economy for young and skilled women.

The female-to-male labor participation ratio of 54.5% in the table suggests that women are almost half as likely to participate in the labor market as men. This clearly highlights the gender gap and the need for policy measures, retraining programs, and increased opportunities for skills development.

The NEET (Not in Employment, Education, or Training) rate for young women is 38.2%. This is a very high figure, indicating the need for measures to engage young women in economic and social activity, improve their skills, and integrate them into green jobs. A high NEET rate not only reduces economic efficiency, but also slows down sustainable development and green transformation processes.

In conclusion, all the indicators in the table together reveal the main obstacles to women's economic activity and integration into the green economy in Uzbekistan. Low labor market participation, high NEET rates and gender gaps, combined with women's limited access to financial resources, indicate that they cannot be full participants in the green economy. Therefore, it is urgent to develop systematic measures to improve skills, gender equality policies, social support and expand opportunities for green jobs.

CONCLUSION

The results of the study showed that women's economic activity in the green economy in Uzbekistan is still underdeveloped and limited by various barriers. According to global and local statistics, in particular, indicators from the ILO, UN Women, the World Bank and The Global Economy, the share of women in the labor market is low, and gender gaps are especially noticeable in green jobs. Lack of skills among women, limited access to financial resources and household responsibilities inhibit their economic activity, as a result of which gender inequality persists in the process of green transformation. At the same time, local policy documents and presidential decrees (for example, the Green Economy Strategy until 2030 and PF-60) create opportunities for increasing women's economic activity and training in green skills, but their effectiveness has not yet been fully assessed.

RECOMMENDATIONS

On this basis, the following scientific and practical recommendations are developed: first, it is necessary to expand training and retraining programs to attract women to the green economy; secondly, it is important to develop social support systems by alleviating childcare and domestic work; thirdly, ensuring gender equality in the labor market, especially by reducing the gap in wages and working conditions, will help increase economic stability; fourthly, gender-disaggregated green jobs and employment statistics will allow strengthening the monitoring system, assessing the effectiveness of policies and optimizing future strategies.

Overall, the active participation of women in the green economy not only ensures gender equality, but also significantly contributes to the country's economic stability, green transformation and sustainable development. Therefore, policymakers, researchers and non-governmental organizations can expand women's economic opportunities and increase the inclusiveness of the green economy by implementing these recommendations.

REFERENCES

1. **IMF** — Green Jobs and the Future of Work for Women and Men. *Staff Discussion Notes, 2024.* https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2024/09/27/Green-Jobs-and-the-Future-of-Work-for-Women-and-Men-553308

2. **ILO** — *Employment-related gender gaps report; "Jobs Gap" data.* https://www.ilo.org/resource/news/employment-related-gender-gaps-greater-previously-thought-ilo-report-finds

3. **UN Women / United Nations** — *World Survey on the Role of Women in Development; gender segregation*

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1900unwomen_surveyreport_advance_16oct.pdf

4. *Marilyn Waring* “If Women Counted: A New Feminist Economics”
5. *Bina Agarwal “Gender and Green Governance: The Political Economy of Women’s Presence Within and Beyond Community Forestry”*
6. https://policy.asiapacificenergy.org/node/4379 Presidential Decree PF-4477 ("Strategy for Transition to a Green Economy 2019–2030")
7. *Female labor force participation (Uzbekistan)* *https://www.theglobaleconomy.com/Uzbekistan/Female_labor_force_participation/*
8. *Female unemployment rate (Uzbekistan)* *https://www.indexmundi.com/facts/uzbekistan/indicator/SL.UEM.TOTL.FE.ZS*
9. *https://yoshlarovozi.uz/oz/news/ayollar-va-mehnat-bozori*
10. *Incentive distortions & labor norms in Uzbekistan* *https://documents1.worldbank.org/curated/en/099110623155540364/pdf/BOSIB0bffea70a055092ad0700f8cf4b156.pdf*
11. *https://www.theglobaleconomy.com/Uzbekistan/Female_labor_force_participation, https://www.indexmundi.com/facts/uzbekistan/indicator/SL.UEM.TOTL.FE.ZS, https://www.helgilibrary.com/indicators/female-to-male-labour-participation-rate/uzbekistan/,https://documents1.worldbank.org/curated/en/099110623155540364/pdf/BOSIB0bffea70a055092ad0700f8cf4b156.pdf, developed by the author based on information from these sites.*

REAKTIV QUVVATNI KOMPENSATSIYALASHNING YASHIL IQTISODIYOTDAGI ROLI VA BARQAROR TARMOQ BOSHQARUVI

To‘xtasinov Saidislomxon Xasanxon o‘g‘li, Tolibov Abdullox Dilshod o‘g‘li
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada elektr tarmoqlarida reaktiv quvvat hisobiga xosil bo‘ladigan energiya isroflarini hisoblash keltilgan. Bundan tashqari reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalash qurilmasini joriy etishdan olingan natijalar taxlili keltirilgan.

Kalit so‘zlar: Avtomatik boshqarish tizimi, reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalash, quvvat koeffitsenti, reaktiv quvvat, kondensator, PFR-12.

Аннотация: Система автоматического управления, автоматическая компенсация реактивной мощности, коэффициент мощности, реактивная мощность, конденсатор, ПФР-12.

Ключевые слова: Система автоматического управления, автоматическая компенсация реактивной мощности, коэффициент мощности, реактивная мощность, конденсатор, ПФР-12.

Abstract: This article calculates power losses due to reactive power in electric networks. In addition, the results obtained from the introduction of the automatic reactive power compensation device are presented.

Keywords: Automatic control system, automatic compensation of reactive power, power factor, reactive power, capacitor, PFR-12.

KIRISH

Bugungi kunda energiya resurslaridan samarali foydalanish, energiya tejamkorligini oshirish va ekologik barqarorlikni ta’minlash butun dunyoda ustuvor yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Yashil iqtisodiyotga o‘tish jarayonida elektr energiyasining isrofini kamaytirish, tarmoqlarning

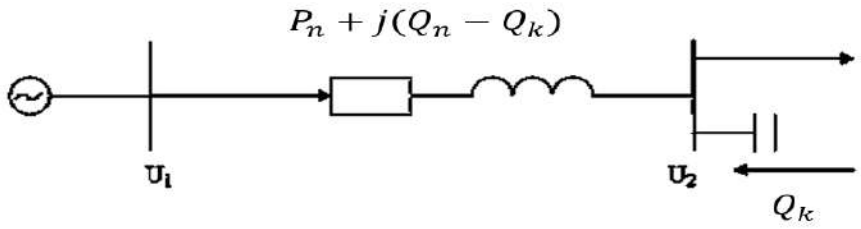
yuklanishini optimallashtirish va energiya ta’minot tizimining barqaror ishlashini ta’minlash muhim vazifalardan sanaladi. Elektr energiyasiga bo‘lgan talabning keskin ortishi, sanoat korxonalarida zamonaviy elektron iroq qurilmalarining keng qo‘llanilishi hamda turli texnologik jarayonlarning elektrlashtirilishi energiya tizimiga tushadigan yuklamani izchil kuchaytirib bormoqda. Bunday sharoitda tarmoqda yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlarini minimallashtirish nafaqat iqtisodiy jihatdan, balki ekologik nuqtai nazardan ham dolzarb masalaga aylanmoqda.

Elektr tizimlarida yuzaga keladigan eng asosiy yo‘qotishlardan biri — reaktiv quvvat oqimlarining ortishi tufayli kelib chiqadigan isroflardir. Reaktiv quvvat elektr tarmog‘i orqali ortiqcha tok o‘tishiga sabab bo‘ladi, bu esa kabellar, transformatorlar va boshqa tarmoq elementlarida isitish jarayonlarini kuchaytiradi, natijada aktiv quvvat isroflari oshadi. Reaktiv quvvatning yuqori bo‘lishi elektr tarmoqlarining samaradorligini pasaytiradi, iste’molchilarga yetkaziladigan quvvat sifatini yomonlashtiradi hamda elektr uskunalarining xizmat muddatining qisqarishiga olib keladi. Ta’kidlash joizki, reaktiv quvvatni nazorat qilmaslik yoki uni o‘z vaqtida kompensatsiya qilmaslik natijasida energiya tizimida ortiqcha xarajatlar yuzaga keladi, bu esa yakunda ishlab chiqarish tannarxining oshishiga, korxonalarning iqtisodiy barqarorligining pasayishiga sabab bo‘ladi[3].

Yashil iqtisodiyot konsepsiyasi shuni taqozo etadiki, mavjud energiya tizimlari faqat elektr ishlab chiqarishning o‘zini emas, balki energiya sarfi bilan bog‘liq barcha jarayonlarni optimallashtirilgan holda boshqarishi lozim. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash texnologiyalarining joriy qilinishi bu borada eng samarali yechimlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga ega kondensator qurilmalarining qo‘llanilishi tarmoqdagi quvvat koeffitsientini sezilarli darajada oshiradi, quvvat oqimlarining muvozanatini yaxshilaydi va natijada elektr tarmoqlarining barqarorligini ta’minlaydi. Zamonaviy reaktiv quvvat kompensatorlari real vaqt rejimida yuklamalarning o‘zgaruvchanligini kuzatib, mos ravishda kondensator pog‘onalarini ulaydi yoki uzadi. Bu jarayon tarmoqning optimal ishlashiga xizmat qiladi.

Shuningdek, reaktiv quvvatni kamaytirish orqali tarmoqdagi energetik yo‘qotishlarning qisqarishi, atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorining kamayishiga ham olib keladi. Chunki elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojning kamayishi natijasida elektr stansiyalarining ishlab chiqarish hajmi qisqaradi, bu esa atrof-muhitga ta’sirni pasaytiradi. Demak, reaktiv quvvatni boshqarish nafaqat texnik masala, balki global ekologik vazifa sifatida qaralishi kerak. Bunday yondashuv barqaror energiya siyosatining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, yashil iqtisodiyot tamoyillariga to‘la mos keladi[1].

Elektr tarmoqlarida (xususan ochiq tarmoqlarda) elektr quvvati va energiyasi isrofini kamaytirishning eng samarali va keng foydalaniluvchi usuli reaktiv quvvatni kompensatsiyalashga asoslangan [2] . Ushbu usul bo‘yicha isrofni kamaytirish imkoniyatlari bilan sxemasi 1-rasmda tasvirlangan bitta liniyadan iborat bo‘lgan tarmoq misolida ko‘rib chiqamiz.



1-rasm. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash

Reaktiv quvvat kompensatsiyalanmagan liniyada aktiv quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi: [3]

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_n^2} \cdot r_l \qquad (1)$$

Liniyaning oxirida ulangan iste’molchilarning yonida kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan so‘ng yuklamaning umumiy (kompensator bilan birga hisoblanganda) aktiv quvvat koeffitsienti *cosφ* oshadi va liniyadagi aktiv quvvat isrofi kamayadi:

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + (Q_n - Q_k)^2}{U_n^2} \cdot r_l \qquad (2)$$

Kompensatorning tarmoqdagi quvvat isrofini eng kam bo‘lishini ta’minlovchi optimal quvvatni isrof funksiyasi minimumligining zaruriy sharti, ya’ni u bo‘yicha xususiy hosilaning nolga tengligidan foydalanib topish mumkin: [4]

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_k} = -\frac{2(Q_n - Q_k)}{U_n^2} \cdot r_l = 0. \qquad (3)$$

$$W = P_n \cdot \Delta t \qquad (4)$$

$$\Delta W = W_2 - W_1 \qquad (5)$$

1 – jadval

Kompensatsiya qurilmasi o‘rnatilishidan oldingi aktiv quvvat iste’moli

P_1(kVt)	P_2(kVt)	ΔP_n(kVt)	Δt	$\sum$ so′m
93583	98332	47332	12.04.2022/22.04.2022	2137050

2 – jadval

Kompensatsiya qurilmasi o‘rnatilishidan oldingi reaktiv quvvat iste’moli

Q_1(kVar)	Q_2(kVar)	ΔQ_n(kVar)	Δt	$\sum$ so′m
182462	192462	10302	12.04.2022/22.04.2022	195738

3 – jadval

Kompensatsiya qurilmasi o‘rnatilgandan keyingi aktiv quvvat iste’moli

P_1(kVt)	P_2(kVt)	ΔP_n(kVt)	Δt	$\sum$ so′m
102676	106104	3428	02.05.2022/12.05.2022	1542600

4 – jadval

Kompensatsiya qurilmasi o‘rnatilgandan keyingi reaktiv quvvat iste’moli

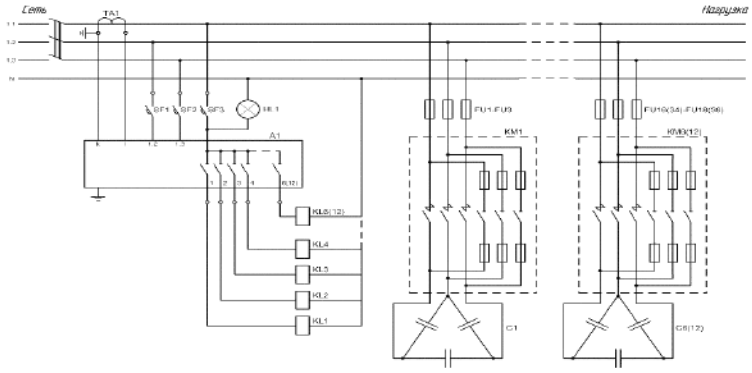
Q_1(kVar)	Q_2(kVar)	ΔQ_n(kVar)	Δt	$\sum$ so′m
196096	198188	2092	02.05.2022/12.05.2022	39748

Shunday qilib, ko‘rilayotgan tarmoq uchun $Q_{k,\text{opt.}} = Q_n$. Demak, ushbu holatda yuklamaning reaktiv quvvati kompensator yordamida to‘la kompensatsiyalanganda (liniya orqali iste’molchiga faqat aktiv quvvat uzatilganda) tarmoqdagi aktiv quvvat isrofi eng kam, ya’ni minimal bo‘ladi.

Kondensator qurilmarini boshqarishda zamonaviy avtomatik boshqarish qurilmalaridan foydalanish ancha qulay xisoblanadi. Ushbu ishda PRF-12 markali kondensator qurilmasini avtomatik boshqarish qurilmasidan foydalanilgan.[5]



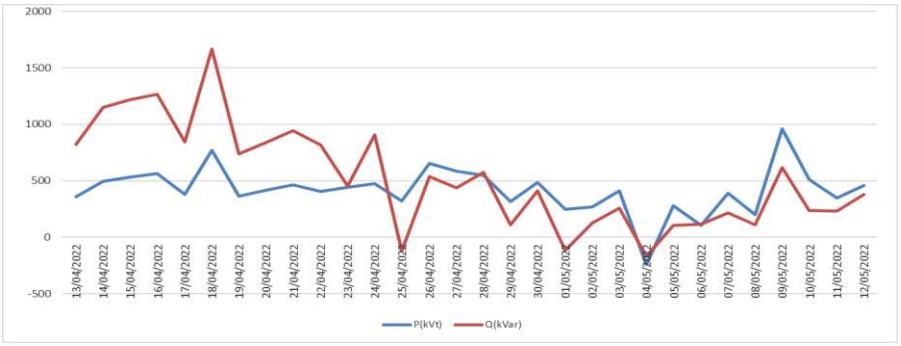
2 – rasm. PRF-12 markali kondensator qurilmasini avtomatik boshqarish qurilmasi



3-rasm. PRF-12 markali avtomatik boshqarish sxemasini tarmoqqa ulash sxemasi

Bu qurilma istemolchi qancha reaktiv quvvat istemol qilayotganini o‘lchaydi va kerakli bo‘lgan reaktiv quvvatni avtomatik ravishda tarmoqqa ulaydi va uzadi.Qurilmaning 12 ta pog’onasi mavjud bo‘lib har-bir pog’onasiga kondensator batareyasi ulandi va avtomatik ravishda pog‘onalar boshqarilib tarmoqqa reaktiv quvvatni silliq ta’minlashga erishiladi.

1-grafikda ishlab chiqarish korxonasining TM 630/10 transformatorining 0.4 kVli shinasiga kondensator batareyasi o’rnatilgandan keyingi holatlardagi aktiv va reaktiv quvvatlarning bir oylik farqi keltirilgan. Bunda reaktiv quvvat iste’moli sezilarli darajada pasaygan.



4-rasm TM 630/10/0.4 transformatorining aktiv va reaktiv quvvat iste’moli grafigi (22.04.2022 sanada kompensatsiya o‘rnatilgan)

O‘tkazilgan eksperimental kuzatuvlar va olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, kompensatsiya qurilmasining tarmoqqa joriy etilishi natijasida 10 kunlik monitoring davrida qo‘shimcha aktiv

quvvat iste’moli sezilarli darajada kamaygan. Aniqlangan natijalarga ko‘ra, kompensatsiya jarayoni reaktiv quvvat oqimlarini optimallashtirgan va natijada tarmoqdan iste’mol qilinadigan umumiy aktiv quvvat miqdori 32 % ga qisqargan.

Ushbu energiya samaradorligi ko‘rsatkichi amaliy hisob-kitoblarda ham o‘z tasdig‘ini topdi. Elektr energiyasining amaldagi tarif narxi 450 so‘m/kVt·soat deb qabul qilinganda, kompensatsiya qurilmasi o‘rnatilishi natijasida bir oylik davr mobaynida 594 450 so‘m miqdorida moliyaviy tejamkorlikka erishildi. Bu esa qo‘llanilgan texnik yechimning iqtisodiy samaradorligi yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

XULOSA

Tadqiqotimizda elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash energiya samaradorligini oshirishda muhim omil ekanini ko‘rsatdi. PFR-12 avtomatik boshqaruv qurilmasi qo‘llanilganda tarmoqdagi aktiv va reaktiv quvvat sarfi sezilarli kamayib, energiya yo‘qotishlari optimallashtirildi. Natijalarga ko‘ra, quvvat koeffitsienti yaxshilanib, aktiv quvvat isrofi 32 % ga qisqardi va korxonada amaliy tejamkorlikka erishildi. Bu jarayon nafaqat iqtisodiy, balki ekologik samaradorlikni ham ta’minlab, yashil iqtisodiyot tamoyillariga mos barqaror energiya boshqaruvini yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Комолддинов С. С. Ў. Кодиров Афзал Ахрор Ўғли, Ашуров Абдулахад Валижон Ўғли, & Тухтасинов Саидисломхон Хасанхон Ўғли (2022) //Регулировка изменения напряжения в устройстве автокомпенсации (на примере одной фазы). Universum: технические науки,(5-9 (98)). – С. 49-54.

2. Холиддинов И.Х. **О компенсации реактивной мощности на предприятиях.** // Проблемы энерго- и ресурсосбережения, 2015. – №1-2. – С. 82-88.

3. Ильяшов В.П. Автомотическое регулирование мощности конденсаторных установок. 1977. – С.122

4. Kamoliddinov S. et al. Регулировка изменения напряжения в устройстве автокомпенсации (на примере одной фазы) //Главный редактор: Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук. – 2022. – С. 49.

5. Kholiddinov I. Kh. The application of an information and measurement device for the calculation of level nonsymmetry of voltages and current in low-voltage networks. // European Applied Sciences, Stuttgart, Germany, 2015. – №7. – p. 55-59

6. Ilkhombek Kholiddinov*, Mirzokhid Sharobiddinov, Mashkhurakhon Kholiddinova, Sokhib Komolddinov, Afzal Qodirov and Saidislomkhon Tukhtasinov. The methodology for reactive power control to ensure voltage quality using fuzzy logic. https://doi.org/10.1051/epjconf/202531805011

CHALLENGES AND PATHWAYS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGIONAL ECONOMY WITHIN THE FRAMEWORK OF THE GREEN ECONOMY

Murodillaev Sardorbek
Independent-researcher Karshi state technical university

Keywords: *Green economy, Sustainable development, Regional economy, Energy efficiency, Renewable energy sources, Environmental governance, Monitoring system, Financial and institutional constraints, Innovative technologies, International experience, Economic security, Environmental pollution, Green investments, Kashqadarya region context*

Abstract: *This article analyzes the problems of sustainable development of the regional economy and ways to solve them based on the concept of a green economy. The study covers the theoretical foundations of a green economy based on the approaches of the Brundtland Report, OECD, UNDP and the*

World Bank. Inefficient use of energy resources, environmental pollution, financial and institutional constraints, and obstacles to the introduction of innovative technologies are identified as the main problems in the regional economy. The solutions are proposed to stimulate green investments, increase energy efficiency, expand renewable energy sources, strengthen the environmental management and monitoring system, and adapt international experience to regional conditions. Forecasts are made based on statistical data and practical aspects are shown on the example of the Kashkadarya region. The results of the study are of scientific and practical importance in ensuring the sustainable development of the regional economy.

Kalit so'zlar: *Yashil iqtisodiyot, Barqaror rivojlanish, Mintaqaviy iqtisodiyot, Energiya samaradorligi, Qayta tiklanadigan energiya manbalari, Atrof-muhitni boshqarish, Monitoring tizimi, Moliyaviy va institutsional cheklovlar, Innovatsion texnologiyalar, Xalqaro tajriba, Iqtisodiy xavfsizlik, Atrof-muhit ifloslanishi, Yashil investitsiyalar, Qashqadaryo viloyati konteksti*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada yashil iqtisodiyot konsepsiyasi asosida mintaqa iqtisodiyotining barqaror rivojlanish muammolari va ularni hal etish yo‘llari tahlil qilinadi. Tadqiqotda Brundtland Report, OECD, UNDP va Jahon Banki yondashuvlari asosida yashil iqtisodiyotning nazariy asoslari yoritilgan. Mintaqa iqtisodiyotida energiya resurslaridan samarasiz foydalanish, atrof-muhit ifloslanishi, moliyaviy va institutsional cheklovlar hamda innovatsion texnologiyalarni joriy etishdagi to‘siqlar asosiy muammolar sifatida ko‘rsatib o‘tilgan. Yechim sifatida yashil investitsiyalarni rag‘batlantirish, energiya samaradorligini oshirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kengaytirish, ekologik boshqaruv va monitoring tizimini kuchaytirish hamda xalqaro tajribani mintaqaviy sharoitga moslashtirish taklif etiladi. Statistik ma’lumotlar asosida prognozlar keltirilib, Qashqadaryo viloyati misolida amaliy jihatlar ko‘rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari mintaqa iqtisodiyotining barqaror rivojlanishini ta’minlashda ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.*

Ключевые слова: *Зелёная экономика, устойчивое развитие, региональная экономика, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, управление охраной окружающей среды, система мониторинга, финансовые и институциональные ограничения, инновационные технологии, международный опыт, экономическая безопасность, загрязнение окружающей среды, зелёные инвестиции, контекст Кашкадарьинской области*

Аннотация: *В данной статье анализируются проблемы устойчивого развития региональной экономики и пути их решения на основе концепции зелёной экономики. В исследовании рассматриваются теоретические основы зелёной экономики на основе подходов Доклада Брундтланд, ОЭСР, ПРООН и Всемирного банка. В качестве основных проблем региональной экономики обозначены неэффективное использование энергоресурсов, загрязнение окружающей среды, финансовые и институциональные ограничения и препятствия для внедрения инновационных технологий. Предлагаются решения по стимулированию зелёных инвестиций, повышению энергоэффективности, расширению использования возобновляемых источников энергии, укреплению системы управления и мониторинга окружающей среды, а также адаптации международного опыта к региональным условиям. Прогнозы составлены на основе статистических данных, а практические аспекты показаны на примере Кашкадарьинской области. Результаты исследования имеют научное и практическое значение для обеспечения устойчивого развития экономики региона.*

INTRODUCTION

The concept of a green economy has emerged as the most important paradigm for sustainable development in the 21st century. This idea was first put forward in the Brundtland Report (1987), which emphasizes the need to meet the needs of the present while taking into account the needs of future generations. In the following decades, international organizations such as the OECD, UNDP and the World Bank have expanded this concept, presenting it as an important tool for mitigating the effects of climate change, reducing poverty and strengthening economic security.

For the economies of the region, the transition to a green economy is not only an environmental necessity, but also a strategic one. The regions face problems such as inefficient use of energy resources, environmental pollution, financial and institutional constraints, and barriers to the introduction of innovative technologies. These problems undermine long-term competitiveness, reduce social well-being

and disrupt the ecological balance. At the same time, they also create new opportunities for investments in renewable energy, energy efficiency and sustainable infrastructure.

The purpose of this study is to analyze the problems of sustainable development of the regional economy within the framework of a green economy and propose practical solutions. Global approaches are studied and adapted to the conditions of the Kashkadarya region, demonstrating the economic and social benefits of green investments, environmental management and the introduction of innovative technologies. Thus, the introductory part of the article provides a basis for a consistent coverage of the theoretical foundations, existing problems and mechanisms for solving them. The results of the study are of scientific and practical importance in ensuring the sustainable development of the regional economy and provide relevant recommendations for Uzbekistan and the regions of Central Asia.

LITERATURE REVIEW

The sustainable development of the regional economy and the concept of a green economy have been extensively studied in the global and local literature. Globally, in particular, reports by the OECD [7], UNDP [8], the World Bank [9] and the IEA [10] emphasize the role of a green economy in mitigating the effects of climate change, reducing poverty and strengthening economic security. These studies indicate that inefficient use of energy resources, environmental pollution and financial and institutional constraints are the main obstacles to regional development.

The scientific literature also analyzes international experiences in increasing energy efficiency and expanding renewable energy sources. For example, according to statistics from IRENA [11], renewable energy is expected to reach a share of 65% in global electricity production by 2030. This is a significant opportunity to ensure energy security and strengthen environmental sustainability in regional economies.

In the local context, the “Green Economy Strategy – 2030” adopted in Uzbekistan and the Presidential Decrees are aimed at strengthening environmental governance, increasing energy efficiency, and encouraging green investments at the regional level. The Senate strategies also raise the issues of introducing environmental monitoring systems and adapting international experience to local conditions. Local scientists, including Prof. Q. Abdurakhmonov, Dilorom Kasimova, and other researchers, have conducted scientific research on obstacles to the introduction of innovative technologies in the regional economy, financial constraints, and environmental risks. In conclusion, the literature review shows that encouraging green investments, increasing energy efficiency, strengthening environmental governance and monitoring systems, and adapting international experience are crucial for the sustainable development of the regional economy. Measures taken in these areas will not only reduce environmental risks, but also serve to strengthen economic security and increase social well-being.

METHODOLOGY

This study aims to study the theoretical and practical foundations of implementing the principles of a green economy in ensuring sustainable development of the regional economy, and was carried out in several stages. First, at the stage of analyzing the theoretical foundations, official documents of international organizations such as the Brundtland Report, OECD, UNDP, World Bank and IEA were studied. The concepts of green economy, sustainable development and environmental management were compared and analyzed, and the possibilities of their application to the regional economy were considered.

At the next stage, empirical data were collected. Based on global statistical data, the latest reports of organizations such as IRENA, IEA and WHO, indicators on energy efficiency, the share of renewable energy, air pollution and green investments were formed. At the local level, regional political and

[7] OECD. Green Growth and Climate Change. – Paris: OECD Publishing, 2024. – URL: https://www.oecd.org/greengrowth/green-growth-and-climate-change.htm

[8] UNDP. Sustainable Energy and Green Economy. – New York: UNDP, 2023. – URL: https://www.undp.org/sustainable-development/green-economy

[9] World Bank. Environment and Natural Resources for Development. – Washington, DC: World Bank, 2024. – URL: https://www.worldbank.org/en/topic/environment

[10] IEA. World Energy Outlook 2024. – Paris: International Energy Agency, 2024. – URL : https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024

[11] IRENA. Renewable Energy Statistics 2025. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2025. – URL: https://www.irena.org

institutional measures were analyzed based on the resolutions of the President of the Republic of Uzbekistan, Senate strategies and documents “Green Economy Strategy - 2030”.

At the analytical approach stage, global and regional indicators were compared, and the context of the Kashkadarya region was considered separately. Through SWOT analysis, the strengths and weaknesses, opportunities and threats of introducing green economy principles in the regional economy were assessed. Also, the forecasting method was used, and prospects for energy efficiency, the share of renewable energy and the reduction of environmental risks were developed until 2030.

In the practical approach, a case study was conducted on the example of the Kashkadarya region. Based on the resource potential, energy consumption and environmental problems of the region, the possibilities of stimulating green investments, strengthening monitoring systems and adapting international experience were analyzed. At the same time, policy recommendations were developed and practical mechanisms were proposed for expanding green investments, strengthening environmental management and introducing innovative technologies.

DISCUSSION

The concept of a green economy has become an important strategic direction for sustainable development in recent decades. According to the definition of the United Nations Environment Program (UNEP), a green economy is an economic model that aims to increase human well-being, ensure social equity, and reduce environmental risks. [12] Research shows that a green economy strengthens economic security globally by ensuring resource efficiency, low-carbon production, and social inclusion. [13]

Ensuring sustainability in regional economies has become a pressing issue today against the backdrop of climate change, resource scarcity, and environmental challenges. Research shows that sustainable development is essential to maintaining the long-term competitiveness of regional economies, strengthening social equity, and ensuring ecological balance. [14]. The OECD and other international organizations also recommend that regional policies be based on green economy principles. [15].

The purpose of this study is to identify the problems of sustainable development of the regional economy based on the concept of green economy and propose ways to solve them. The relevance of the study is that it serves to ensure regional economic security, strengthen environmental sustainability, and adapt international experience to local conditions. This approach can also be applied practically in the case of Kashkadarya region.

The concept of a green economy has its roots in the Brundtland Report (“Our Common Future”), published by the UN in 1987. [16] This report emphasized that sustainable development “meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” This approach was later expanded by international organizations to become a concept that combines economic security and environmental sustainability.

The OECD proposes that green growth be achieved through the efficient allocation of economic resources, the promotion of low-carbon production, and the introduction of innovative technologies. According to OECD research, a green economy not only reduces environmental problems but also increases economic competitiveness. [17]. UNDP sees the green economy as an important tool for mitigating climate

[12] Lee, S. Regional Economic Sustainability: Achieving Balance Between Growth and Environmental Conservation // Numberanalytics. – 2025. – URL: https://www.numberanalytics.com/blog/regional-economic-sustainability
[13] OECD. Regional development. – URL: https://www.oecd.org/en/topics/regional-development.html
[14] Georgeson, L.; Maslin, M.; Poessinouw, M. The global green economy: a review of concepts, definitions, measurement methodologies and their interactions // Geo: Geography and Environment. – 2017. – Vol. 4(1). – URL: https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/geo2.36
[15] UNEP. About green economy. – URL: https://www.unep.org/explore-topics/green-economy/about-green-economy
[16] MDPI. Green Energy, Economic Growth, and Innovation for Sustainable Development within OECD Countries. – URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/16/22/10113
[17] OECD. Green Growth and Climate Change. – Paris: OECD Publishing, 2024. – URL: https://www.oecd.org/greengrowth/green-growth-and-climate-change.htm

change, pandemics, and global risks. It emphasizes the role of the green economy in ensuring social equality and reducing poverty [18].

The World Bank, in its “Clean, Green, Resilient World” [19] The World Bank, in its “Clean, Green, Resilient World” strategy, identifies a green economy as a key way to reduce poverty, ensure economic growth, and strengthen environmental sustainability. This approach highlights the need to take environmental factors into account when ensuring economic security.

Table 1. Investments in Renewable Energy Sources by Regions [20]

Year	Global Clean Energy Investment (billion USD)	Fossil Fuel Investment (billion USD)	Share of Renewable Energy (%)	Major Investor Countries
2015	~800	~1200	40%	USA, European Union
2020	~1300	~900	55%	China, Germany
2022	~1100 (renewables only)	~950	48%	China (137 billion USD), USA
2024	~2400 (total energy transition investment)	~1200	~60%	China, India, USA
2025 forecast	>2500	<1000	65%	China, European Union

The link between sustainable development and economic security is also theoretically important. The economic security of the region is strengthened by using energy resources efficiently, maintaining ecological balance, and ensuring social equality. For example, if policies to reduce carbon emissions are not sufficiently implemented, this will not only exacerbate environmental problems, but also pose a serious threat to economic security.

The role of the green economy in the regional context is of particular importance. The example of the Kashkadarya region shows that increasing energy efficiency, expanding renewable energy sources, and strengthening environmental management have a direct impact on the sustainable development of the region's economy. At the same time, adapting international experience to local conditions can ensure economic security and reduce environmental problems.

Inefficient use of energy resources is one of the biggest obstacles to the sustainable development of the region's economy. In many regions, energy production and consumption processes are carried out on the basis of outdated technologies, which leads to high levels of energy losses. For example, excessive reliance on fossil fuels such as coal and gas in electricity generation leads to increased carbon emissions, which disrupts the ecological balance and threatens economic security.

[18] UNDP. Green Economy. – New York: United Nations Development Programme, 2025. – URL: https://www.undp.org/eurasia/green-economy

[19] World Bank. Toward a Clean, Green, Resilient World for All. – Washington, DC: World Bank, 2012. – URL: https://www.worldbank.org/en/topic/environment/publication/environment-strategy-toward-clean-green-resilient-world

[20] Developed by the author based on information from international organizations..

According to OECD and World Bank studies, if measures are not taken to improve energy efficiency, production costs in regional economies will increase, competitiveness will decrease, and social well-being will decrease. Therefore, rational use of energy resources is crucial not only for environmental, but also for ensuring economic stability.

The main problems observed at the regional level are:

- Outdated production technologies - low energy efficiency, leading to large losses.
- Insufficient introduction of renewable energy sources - the potential of solar and wind energy is not fully exploited.
- Obsolete energy infrastructure - there are large losses in power grids.
- Financial and institutional constraints - projects aimed at increasing energy efficiency are not sufficiently supported.

Inefficient use of energy resources is one of the most important factors hindering the sustainable development of the region's economy, and to solve it, it is necessary to introduce innovative technologies, expand renewable energy sources, and modernize energy infrastructure.

Outdated generation capacity, inefficient boilers, poorly insulated grids, and weak demand-side management mechanisms contribute to energy losses. In developing regions, transmission and distribution grids experience losses of up to 10–20%, which increases operating costs and keeps carbon intensity high. [21] Energy transition investments in 2024 were ~$2.4 trillion, but allocations to grid modernization vary sharply by region; growth is high in Asia, slow in Africa and parts of Eurasia. [22]. High energy intensity increases production costs, reduces export competitiveness, and increases dependence on budget subsidies. [23] Industrial waste, transport emissions and water pollution harm health and ecosystems. PM2.5 levels above standards worsen the health of the workforce and reduce production efficiency. [24] After a brief decline during the pandemic, CO_2 emissions are back on an upward trend; pollution sources are not diversified in many regions [25]. Premature deaths related to air pollution increase health care costs and negatively impact GDP; water pollution reduces agricultural productivity and increases the cost of drinking water supplies. Access to long-term, low-cost capital for green projects is limited; regulatory frameworks and incentive systems are often unstable. This increases investment risks and makes projects more difficult to bank. While energy transition investments are at a record high in 2024, regional disparities are widening: Asia adds ~70% of new capacity, Africa and parts of Eurasia lag behind. [26] In regions with high capital costs, LCOE reductions will be slower, and private sector participation will remain low in the absence of tariff reforms and guarantee mechanisms.

Table 2. Green Economy-Related Problems and Indicators in Regions [27]

Problems	**Key Indicators**	**Latest Statistical Situations (2024–2025)**	**Economic Impact**	**Example Regions**
Inefficient use of energy resources	Grid losses, energy intensity	In many developing regions, grid losses range between 10–20%, modernization is delayed	Production costs increase, competitiveness declines	Central and South Asia

[21] IEA. World Energy Outlook 2024. – URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024
[22] IRENA. Renewable Energy Statistics 2025. – URL: https://www.irena.org
[23] World Bank. Energy Efficiency for Sustainable Development. – URL: https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/energy-efficiency-for-sustainable-development
[24] WHO. Air pollution. – URL: https://www.who.int/health-topics/air-pollution
[25] UNEP. Global Environment Outlook 6. https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6
[26] IRENA. Renewable Energy Statistics 2025. – URL: https://www.irena.org
[27] Developed by the author based on information from international organizations.

Environmental pollution and ecological risks	PM2.5, CO_2 emissions, water pollution	Around 7 million premature deaths linked to air pollution (WHO, 2023). CO_2 emissions rising again post-pandemic	Healthcare costs rise, labor productivity decreases	Urbanized industrial regions
Financial and institutional constraints	Share of green investments, political stability	In 2024, global energy transition investments reached ~2.4 trillion USD, with large regional disparities. Low share in Africa, high in Asia	Projects slow down, capital costs increase	Africa, Caucasus–Central Asia
Barriers to introducing innovative technologies	R&D expenditures, technology transfer	R&D share >2% of GDP in OECD countries, but <1% in many regions	Low energy efficiency, slow modernization of production	Middle-income regions

Insufficient resources for R&D and technology transfer; weak human resources and digital transformation of the industry. As a result, the introduction of energy-efficient equipment, BAT (Best Available Techniques) in line with US/EU standards is delayed.R&D spending in the OECD reaches >2% of GDP, while in many middle-income regions it is <1%; this widens the technology gap and slows down the growth of energy efficiency indicators. The lack of introduction of innovative technologies keeps the energy cost of the industry high, increasing the risk of being at the bottom of the export value chain.

Expanding and promoting green investments is important for ensuring the sustainable development of the regional economy. This process is considered as the main financial mechanism for strengthening energy security, ensuring environmental sustainability and increasing economic competitiveness. In recent years, investments in the energy transition have increased significantly globally. For example, in 2024, this figure amounted to 2.4 trillion US dollars, of which 807 billion US dollars were allocated to renewable energy sources. [28].

One of the most effective ways to encourage green investment is to introduce fiscal and tariff incentives. Tax credits, accelerated depreciation and import duty exemptions reduce the cost of investment for enterprises and increase the internal rate of return. For example, tax incentives for the introduction of energy-efficient technologies can increase the economic efficiency of projects by 8–12%. Also, guaranteeing income for renewable energy projects through auctions, Contracts for Difference or temporary feed-in tariffs reduces risks for banks and investors.

Financial instruments also play an important role. The possibility of attracting private capital through the issuance of green bonds, blended finance and loan guarantees expands. The experience of the World Bank and OECD shows that if risk reduction mechanisms are in place, private sector participation increases by 2–4 times.

Public-private partnership (PPP) mechanisms, in particular the ESCO model and BOO/BOT contracts, are also effective tools for accelerating energy efficiency and renewable energy projects. Through ESCO contracts, enterprises are modernized without advance payments, and savings are returned to the service company as a payment. This model can reduce energy consumption by 15–30%.

Carbon pricing systems are also important in encouraging green investments. Through a carbon tax or emissions trading system (ETS), carbon-intensive projects become relatively more expensive, while

[28] IEA. World Energy Investment 2024. – URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024/overview-and-key-findings

green projects become relatively cheaper. This not only ensures environmental sustainability, but also brings stable revenues to the state budget. According to UNEP forecasts, if an effective carbon pricing system is introduced, energy intensity in industry could be reduced by 5–10% by 2030 [29]. In the context of Kashkadarya region, green investment promotion can be directed towards solar energy, agrovoltaics, bioenergy, and industrial energy efficiency projects. The region's high solar radiation and agro-industrial clusters offer significant opportunities in this area. According to forecasts, within 3–5 years, the region's energy costs can be reduced by 8–12%, water pump energy consumption can be reduced by 20–30%, and production losses associated with power outages can be reduced by 10–15%.

Environmental management and monitoring in ensuring sustainable development of the region's economy Strengthening environmental management and monitoring systems is of particular importance in ensuring sustainable development of the region's economy. This direction not only reduces environmental risks, but also serves to strengthen economic security and increase social well-being.

1. Strengthening environmental standards:
- Introducing strict emission reduction standards in industrial enterprises;
- Strengthening mechanisms for controlling carbon emissions in the energy and transport sectors;
- Imposing fines on residents and enterprises that cause environmental degradation;
2. Digital monitoring systems:
- Real-time monitoring of emissions based on IoT sensors, big data and artificial intelligence;
- Continuous monitoring of water resources and air quality;
3. Establishing regional environmental funds:
- Creating special funds to finance environmental projects at the local level;
- Attracting the private sector and international donors;
4. Strengthening public participation:
- Providing environmental indicators to the public through open information portals;
- Involving citizens and NGOs in the monitoring process;
- Conducting research and advocacy work to increase the environmental knowledge of the population;

Strengthening environmental management and monitoring systems in Kashkadarya region can be implemented in the following areas: Water resources monitoring: Continuous monitoring of water quality in the Amu Darya and Zarafshan basins. Air quality control: Real-time monitoring of gases emitted by industrial enterprises and vehicles. Agricultural waste control: Monitoring the use of pesticides and fertilizers. According to forecasts, if these measures are implemented, environmental risks in the region will be significantly reduced within 5–7 years, water resource quality indicators will improve by 10–15%, and air pollution can be reduced by 20%. Strengthening environmental management and monitoring systems is crucial for the sustainable development of the region's economy. Through strict standards, digital monitoring, regional funds, and community participation, environmental risks can be reduced, economic security can be strengthened, and social well-being can be increased.

CONCLUSION

This study has demonstrated that the transition to a green economy is not only an environmental necessity but also a strategic imperative for ensuring sustainable development and economic security in regional contexts. The analysis revealed that inefficient use of energy resources, environmental pollution, financial and institutional constraints, and barriers to technological innovation remain the main challenges. At the same time, the expansion of renewable energy sources, improvement of energy efficiency, and strengthening of environmental governance provide significant opportunities for reducing ecological risks and enhancing competitiveness. The case of the Kashkadarya region illustrates that adapting international best practices to local conditions can generate measurable economic benefits, reduce carbon emissions, and improve social well-being. Overall, the findings confirm that sustainable development and economic security are closely interconnected, and that green investments and innovative approaches are essential for long-term resilience.

[29] UNEP. Global Environment Outlook 6. – URL: https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6

RECOMMENDATIONS

Based on the findings, several recommendations can be made to strengthen the role of the green economy in regional development:

1. Promote renewable energy expansion by increasing investments in solar, wind, and bioenergy projects, ensuring that the share of clean energy in the regional energy mix continues to grow.
2. Enhance energy efficiency through modernization of infrastructure, reduction of grid losses, and implementation of demand-side management programs.
3. Strengthen environmental governance and monitoring systems to ensure effective control of emissions, pollution, and resource use, thereby improving ecological balance.
4. Address financial and institutional barriers by creating favorable investment conditions, reducing capital costs, and improving access to green financing mechanisms.
5. Support innovation and technology transfer by increasing R&D expenditures, fostering collaboration with international partners, and encouraging the adoption of advanced green technologies.
6. Integrate gender and social equity considerations into green economy strategies, ensuring that women and vulnerable groups have equal opportunities to participate in green jobs and benefit from sustainable growth.
7. Adapt international experience to local conditions, using successful global practices as a foundation while tailoring them to the specific socio-economic and ecological realities of the Kashqadarya region and other parts of Central Asia.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ БИОЭКОНОМИКИ И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Сулейманова Шоира Алавхановна
и.о. доцента кафедры «Экономика и управление бизнесом»
Международный университет Нордик

Аннотация. В данной статье рассматривается феномен биоэкономики как одного из ключевых направлений научно-технического прогресса XXI века, её глобальные тенденции развития, а также влияние на устойчивый рост национальных экономик. Анализируются передовые инновации в таких областях, как биотехнология, синтетическая биология, генная инженерия, биомедицина, сельское хозяйство и промышленность, раскрывается стратегическое значение биоиндустриальных кластеров и биотехнологической промышленности в будущем. Кроме того, показывается интеграция биоэкономики с информационной экономикой, новые промышленные модели и её роль в обеспечении устойчивого развития.

Ключевые слова: биоэкономика, биотехнология, синтетическая биология, биоиндустриальные кластеры, информационная экономика, устойчивое развитие, инновационная экономика.

Annotatsiya. Ushbu maqolada XXI asrning ilmiy-texnik taraqqiyotining asosiy yo‘nalishlaridan biri sifatida bioiqtisodiyot fenomeni, uning global rivojlanish tendensiyalari va milliy iqtisodiyotlarning barqaror o‘sishiga ta’siri ko‘rib chiqiladi. Biotexnologiya, sintetik biologiya, gen muhandisligi, biomeditsina, qishloq xo‘jaligi va sanoat kabi sohalardagi ilg‘or innovatsiyalar tahlil qilinadi hamda bioindustriyal klasterlar va biotexnologik sanoatning strategik ahamiyati yoritiladi. Shuningdek, bioiqtisodiyotning axborot iqtisodiyoti bilan integratsiyasi, yangi sanoat modellarining shakllanishi va barqaror rivojlanishni ta’minlashdagi roli ko‘rsatib beriladi.

Kalit so‘zlar: bioiqtisodiyot, biotexnologiya, sintetik biologiya, bioindustriyal klasterlar, axborot iqtisodiyoti, barqaror rivojlanish, innovatsion iqtisodiyot.

Abstract. This article examines the phenomenon of the bioeconomy as one of the key directions of scientific and technological progress in the 21st century, its global development trends, and its impact on the sustainable growth of national economies. It analyzes advanced innovations in biotechnology, synthetic biology, genetic engineering, biomedicine, agriculture, and industry, and highlights the strategic importance of bioindustrial clusters and the biotechnology sector in the future. In addition, the integration of the bioeconomy with the information economy, emerging industrial models, and its role in ensuring sustainable development are discussed.

Keywords: bioeconomy, biotechnology, synthetic biology, bioindustrial clusters, information economy, sustainable development, innovation economy.

ВВЕДЕНИЕ

XXI век радикально изменил представления о лидерстве в науке и технологиях. Если XX век был эпохой промышленного развития и информационных технологий, то XXI век характеризуется стремительным ростом биотехнологий и биоэкономики. Сегодня биотехнология стала не только частью биологических наук, но и ключевым драйвером экономики, энергетики, сельского хозяйства, здравоохранения, управления ресурсами и охраны окружающей среды. Такие технологии, как синтетическая биология, геномное редактирование, интерфейсы «мозг–компьютер», биомиметические роботы, кардинально меняют сущность глобальных инновационных процессов. Биоиндустриальные кластеры стимулируют новый промышленный виток и экономическую реструктуризацию в национальных экономиках. Поэтому биоэкономика приобретает значение не только научной категории, но и стратегического экономического ресурса.

МЕТОДОЛОГИЯ

В данном исследовании использован смешанный подход, который позволил комплексно рассмотреть развитие биоэкономики. Основой послужил обзор материалов международных организаций, включая OECD, Всемирный банк, Европейскую комиссию, FAO, UNESCO и McKinsey, охватывающих период с 2018 по 2025 годы. Для более глубокого понимания ситуации был проведён сравнительный анализ опыта США, стран ЕС, Китая и Узбекистана. При этом учитывались такие показатели, как масштабы инвестиций в биотехнологии, развитие биотехнологических кластеров, уровень эффективности биопроизводств, вклад биоэкономики в ВВП, а также изменения в урожайности при применении современных методов генного редактирования.

Помимо этого, применялся трендовый анализ, который позволил определить вероятные направления развития биоэкономики до 2030 года. В работе также отмечены ограничения, связанные с неполнотой статистики по ряду развивающихся стран и различиями в подходах к оценке биоэкономического сектора. Такой исследовательский подход делает выводы более обоснованными и позволяет рассматривать полученные результаты в широком аналитическом контексте.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Биоэкономика — это не про пробирки в лаборатории или редактирование генов в узком понимании. Это совершенно новый образ жизни. Это новая модель взаимоотношения человечества с природой, уход от зависимости от углерода и возможность превращать каждый отход в ценность.

Ключевой момент — биоресурсы по сути неисчерпаемы. Сегодня оставшаяся на поле стебель хлопка, завтра превращается в высококачественный биопластик или медицинский бинт. Энергия и материалы, полученные из одной тонны сельскохозяйственных отходов, обходятся в несколько раз дешевле традиционных нефтепродуктов и, главное, являются экологически чистыми.

Самый значимый эффект — резкое снижение нагрузки на энергоисточники и окружающую среду. Биопроизводственные заводы в среднем потребляют в два раза меньше энергии по сравнению с традиционными химическими предприятиями, расход воды ниже в три раза, а отходы практически отсутствуют. Поглощение углекислого газа с помощью растений и микроводорослей становится самым быстрым и дешевым путём достижения углеродной нейтральности.

Анализ выявил ключевые глобальные и национальные тенденции биоэкономики. В 2023–2025 годах инвестиции в биотехнологии в мире выросли с 18,7 млрд до 50 млрд долларов, из них 40 % пришлось на синтетическую биологию[30]. Такой рост свидетельствует не только об усилении интереса инвесторов к биотехнологическому сектору, но и о структурном сдвиге в сторону технологий, позволяющих создавать биологические системы “с нуля”. Ускорение вложений объясняется несколькими факторами: снижением стоимости секвенирования генома, расширением применения биопроизводственных платформ в промышленности, а также переходом крупных корпораций к низкоуглеродным моделям производства.

Смещение инвестиционных потоков в пользу синтетической биологии показывает, что мировая экономика рассматривает именно этот сегмент как ключевой инструмент будущего технологического роста. Это подтверждает и выбор государств, усиливающих поддержку национальных биокластеров. В совокупности такие тенденции позволяют сделать вывод, что в ближайшие годы синтетическая биология станет центральным драйвером биоэкономики, формируя новые рынки материалов, топлива и медицинских технологий.

В Китае сегодня формируется более 500 биоиндустриальных кластеров, что отражает стратегический курс страны на создание полноцикловой биотехнологической инфраструктуры — от научных разработок до промышленного производства. США и ЕС, в свою очередь, сохраняют лидерство в области биомедицины и биоматериалов благодаря сильной научной базе, развитой венчурной экосистеме и устойчивому спросу со стороны фармацевтических компаний. Такое распределение направлений показывает, что глобальная биоэкономика развивается неравномерно, и каждая страна формирует свои конкурентные ниши.

Для Узбекистана эти тенденции особенно значимы. Страна располагает высоким потенциалом биоресурсов — прежде всего целлюлозой хлопка и аграрными отходами, которые могут стать сырьевой основой для производства биопластиков, биотоплива и других биоматериалов. То, что в 2025 году объём прямых иностранных инвестиций в «зелёную» энергетику превысил 1 млрд долларов, подтверждает растущий интерес международных компаний к узбекскому рынку устойчивых технологий[31]. Однако текущие возможности используются не полностью: отсутствие специализированных биотехнологических кластеров и ограниченная исследовательская инфраструктура не позволяют в полной мере превратить ресурсы в экономическую стоимость.[32]. Выделено 7 основных характеристик биоэкономики нового поколения: универсальность, возобновляемость, высокий потенциал роста, глубокая интеграция с ИТ, устойчивость,

[30] Grand View Research. (2024). Synthetic Biology Market Size, Share & Trends Analysis Report. Retrieved from https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/synthetic-biology-market

[31] https://uz.kursiv.media/2025-12-10/es-vydelit-uzbekistanu-7-mln-evro-na-podderzhku-fermerov/?utm_campaign=endless_feed

[32] https://uz.kursiv.media/2025-12-10/es-vydelit-uzbekistanu-7-mln-evro-na-podderzhku-fermerov/?utm_campaign=endless_feed

инклюзивность и быстрое распространение. Глобальный прогноз: к 2030 году биоэкономика обеспечит 5–7 % мирового ВВП[33].

В сельском хозяйстве тоже происходит революция. Семена, созданные с помощью новых методов геномного редактирования, устойчивы к засухе и болезням, а их урожайность на 30–50 процентов выше[34]. Прибыль с одного гектара растёт, тогда как расход воды, удобрений и пестицидов сокращается. Это означает не только выгоду для фермера, но и продовольственную безопасность всей страны.

Главное — биоэкономика создаёт самые высококвалифицированные рабочие места. Одна биотехнологическая компания обеспечивает добавленную стоимость, сопоставимую с десятками традиционных заводов, но при этом не загрязняет окружающую среду, экономит энергоресурсы и привлекает молодых специалистов.



1-rasm. Структура “зеленой” экономики как основы устойчивого развития территорий[35]

Представленная диаграмма отражает модель устойчивого развития, где природный, физический и человеческий капитал образуют единую систему. В отличие от традиционной экономической парадигмы, она ставит на один уровень эффективность, экологическую устойчивость и социальное благополучие.

Первый компонент — экосистемы и природный капитал — обеспечивает экологическую устойчивость. Его деградация снижает экономическую эффективность и ухудшает здоровье и производительность населения. Второй элемент — экономика и физический капитал — фокусируется на инновациях и оптимизации процессов, но рост невозможен без учёта экологических ограничений. Третий компонент — благополучие общества и человеческий капитал — направлен на сокращение неравенства и повышение ответственности. Образованное общество становится драйвером экономики и смягчающим фактором для экологии. Центральное пересечение трёх кругов символизирует идеальный баланс устойчивого развития, достижимый только при комплексном подходе.

Синергия биоэкономики и информационной экономики стала неотъемлемой частью современного развития биотехнологий. Сегодня управление, анализ и моделирование

[33] OECD (2023), “The Bioeconomy to 2030

[34] AHMAD M (2023) Plant breeding advancements with “CRISPR-Cas” genome editing technologies will assist future food security. Front. Plant Sci. 14:1133036.

[35] https://biocom.sznii.ru/ru/azbuka-energosberezheniya/azbuka-energosberezheniya/86-bioekonomika-v-sovremennom-mire.html

биологических процессов тесно связаны с информационными технологиями, и эта интеграция создаёт основу для формирования новых научных и практических направлений.

Роль биоэкономики проявляется не только в её вкладе в экономический рост, но и в формировании новых моделей социальной и экологической устойчивости. Развитие биотехнологических решений позволяет постепенно переходить от централизованных и ресурсоёмких производств к более гибким и локализованным системам, ориентированным на потребности населения и рациональное использование природных ресурсов. Это особенно заметно в сферах управления отходами, производства возобновляемых материалов и устойчивого сельского хозяйства, где биотехнологии обеспечивают снижение экологической нагрузки и повышение эффективности.

Усиление значения биоэкономики связано также с изменением структуры глобальных рисков. Угроза дефицита ресурсов, ускорение климатических изменений и рост затрат на продовольственную безопасность делают биологические технологии одним из немногих инструментов, способных одновременно снижать экологические издержки и поддерживать экономическую стабильность. Опыт постпандемического периода показал, что страны со сформированной биотехнологической базой быстрее восстановили производственные цепочки и обеспечили устойчивость критических отраслей, таких как здравоохранение и сельское хозяйство.

Исходя из этого, можно заключить, что биоэкономика выступает не просто технологическим трендом, а фундаментальным направлением развития, влияющим на качество экономических решений и долгосрочную устойчивость национальных систем. Её потенциал заключается в способности объединять экологические, социальные и экономические задачи в единую стратегическую рамку, что делает её одним из ключевых ориентиров будущей структурной трансформации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты подчёркивают роль биоэкономики в глобальной экономической трансформации. Технологии синтетической биологии и генного редактирования решают проблемы энергетики и экологии, однако в развивающихся странах (включая Узбекистан) препятствиями остаются слабая биотехнологическая инфраструктура и дефицит кадров. Китайская модель 500 кластеров может стать примером для Узбекистана – интеграция с информационными технологиями ускорит зелёный переход[36]. Опыт США и ЕС показывает, что биоэкономика эффективна не только экологически, но и в снижении социального неравенства. В узбекском контексте производство биопластика из целлюлозы хлопка соответствует глобальным трендам, но требует усиления венчурного капитала и защиты интеллектуальной собственности. В целом, развитие биоэкономики обеспечит до 50 % глобальной углеродной нейтральности, однако для развивающихся стран необходимы рост инвестиций в образование и исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Биоэкономика является одним из ключевых направлений будущего развития, создавая новые возможности для экономического роста, экологической устойчивости и развития инновационной промышленности. Биотехнологии обеспечивают высокую эффективность в сельском хозяйстве, медицине, промышленности и энергетике, а также играют важную роль в снижении отходов и переходе к низкоуглеродной экономике. Наблюдается формирование новой промышленной модели на основе синтетической биологии и биопроизводства, а также возникновение нового экономического

[36] Accelerating private sector and green transformation in Uzbekistan. Edited by Kiyoshi Taniguchi and Begzod M. Djalilov

экосистемного пространства благодаря интеграции биологии и информационных технологий.

Для ускорения этих процессов необходимо разработать национальную стратегию в области биотехнологий, создать биоиндустриальные кластеры, расширить международное научное сотрудничество и укрепить систему подготовки квалифицированных специалистов. Развитие венчурной экосистемы для биотехнологических стартапов ускорит практическое внедрение инновационных идей.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grand View Research. (2024). Synthetic Biology Market Size, Share & Trends Analysis Report. Retrieved from https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/synthetic-biology-market
2. AHMAD M (2023) Plant breeding advancements with “CRISPR-Cas” genome editing technologies will assist future food security. Front. Plant Sci. 14:1133036.
3. https://biocom.sznii.ru/ru/azbuka-energosberezheniya/azbuka-energosberezheniya/86-bioekonomika-v-sovremennom-mire.html
4. Accelerating private sector and green transformation in Uzbekistan. Edited by Kiyoshi Taniguchi and Begzod M. Djalilov
5. OECD (2023). The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda.
6. World Bank (2024). Global Bioeconomy Development Report.
7. National Academy of Sciences (2021). The Future of Biotechnology.
8. UNESCO Science Report (2022). Global Scientific Trends.
9. McKinsey & Company (2023). Bioeconomy Market Outlook.
10. PwC Global Innovation Study (2023). Emerging Bio-based Industries.

AGROSANOAT KORXONALARINING “YASHIL” IQTISODIYOTGA O‘TISH JARAYONIDAGI O‘RNI

Qudratova Lobar Toshturdi qizi
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Maqolada O‘zbekiston agrosanoat majmuasining “yashil” iqtisodiyot tamoyillariga bosqichma-bosqich o‘tish jarayonining dolzarbligi yoritilgan. Mamlakatning yashil iqtisodiyotga o‘tish istiqbollari bo‘yicha SWOT tahlil amalga oshirilgan. Agrosanoat korxonalarining atrof-muhitga ko‘rsatadigan ta’sir yo‘nalishlari aniqlanib, ushbu ta’sirlarning asosiy sabab va oqibatlari tahlil qilingan. Shuningdek, korxonalar faoliyatining ekologik bosimini kamaytirish, resurs tejamkor texnologiyalarni joriy etish va ekologik menejmentni takomillashtirish bo‘yicha amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: yashil iqtisodiyot, barqaror agrosanoat, resurs tejamkor texnologiyalar, tomchilatib sug‘orish, ekologik sertifikatlash, suv resurslarini boshqarish.

Аннотация. В статье раскрыта актуальность поэтапного перехода агропромышленного комплекса Узбекистана на принципы «зелёной» экономики. Проведён SWOT -анализ перспектив перехода страны к «зелёной» экономике. Определены основные направления воздействия агропромышленных предприятий на окружающую среду, проанализированы причины и последствия этих воздействий. Кроме того, представлены практические предложения и рекомендации по снижению экологической нагрузки предприятий и внедрению ресурсосберегающих технологий и экологического менеджмента.

Ключевыэ слова: «зелёная» экономика, устойчивое агропромышленное производство, ресурсосберегающие технологии, капельное орошение, экологическая сертификация, управление водными ресурсами.

Abstract. The article examines the relevance of the gradual transition of Uzbekistan’s agro-industrial sector to the principles of a green economy. A SWOT analysis of the country’s prospects for adopting a green economy is conducted. The main environmental impact pathways of agro-industrial enterprises are identified, and the underlying causes and consequences of these impacts are analyzed. The study also provides practical recommendations aimed at reducing environmental pressure, promoting resource-efficient technologies, and improving environmental management practices.

Keywords: green economy, sustainable agro-industry, resource-saving technologies, drip irrigation, environmental certification, water resources management.

KIRISH

Agrosanoat majmuasi O‘zbekiston iqtisodiy rivojlanishida strategik ahamiyatga ega bo‘lib, mamlakat YaIMining qariyb uchdan bir qismini tashkil etadi. Biroq sohaning faoliyati suv, yer va energiya kabi cheklangan tabiiy resurslardan intensiv foydalanish, shuningdek, chiqindilar hosil bo‘lishi va atrof-muhitga antropogen bosimning ortishi bilan tavsiflanadi.

Yashil iqtisodiyot konsepsiyasi ishlab chiqarish jarayonlarida resurslardan oqilona foydalanish, energiya samaradorligini oshirish, chiqindilar hajmini qisqartirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashga qaratilgan bo‘lib, ushbu yondashuv O‘zbekiston agrosanoatini modernizatsiya qilishjarayonida muhim o‘rin tutadi. Mazkur model nafaqat tabiiy resurslarni tejash, balki agrosanoat mahsulotlari raqobatbardoshligini oshirish, qo‘shimcha qiymat yaratish va yangi ish o‘rinlari shakllantirish imkonini beradi [1,15].

O‘zbekistonning “Yashil iqtisodiyotga o‘tish konsepsiyasi” (2019–2030-yillar) hamda “O‘zbekiston–2030” strategiyasida agrosanoat tarmog‘ini ekologik transformatsiya qilish bo‘yicha ustuvor vazifalar belgilangan. Ushbu hujjatlar doirasida resurs tejamkor texnologiyalarni keng joriy etish, shu jumladan tomchilatib sug‘orish maydonlarini kengaytirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni rag‘batlantirish, agrosanoat chiqindilarini qayta ishlash tizimini takomillashtirish va mahsulotlarni ekologik sertifikatlash kabi yo‘nalishlar alohida ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, issiqxona gazlari emissiyasini 50 foizgacha qisqartirish, eksport hajmini 20 milliard AQSH dollariga yetkazish kabi maqsadlar ham yashil iqtisodiyot tamoyillariga asoslangan islohotlarning ahamiyatini ko‘rsatadi [2,3].

TADQIQOT USLUBI

Yashil iqtisodiyot modeli iqtisodiy o‘sishni atrof-muhitni muhofaza qilish, resurslardan oqilona foydalanish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash bilan uyg‘unlashtiradi. Ushbu tadqiqotda agrosanoat korxonalarining yashil iqtisodiyotga o‘tish imkoniyatlari texnologik, iqtisodiy va ekologik yo‘nalishlarda tahlil qilinadi. Tadqiqot uslubida sifat tahlili, statistik ma’lumotlar tahlili va ilg‘or xalqaro amaliyotlarni solishtirish yondashuvlari qo‘llanildi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

Resurslarni tejash va barqaror ishlab chiqarish texnologiyalarini joriy etish orqali aqilli qishloq xo‘jaligi va chorvachilik fermalari yordamida suv, energiya va o‘g‘it sarfini 20–40 % ga qisqartirish mumkin. Masalan, tomchilatib sug‘orish tizimining 1 million gektar maydonga tatbiq etilishi ekinlar hosildorligining ortishi va tuproq degradatsiyasining kamayishiga xizmat qiladi. Organik qishloq xo‘jaligini rivojlantirish esa sintetik kimyoviy vositalardan foydalanishni kamaytirish, tuproq unumdorligini saqlash hamda eksport uchun ekologik sertifikatlar olish imkoniyatini yaratadi.

Qayta tiklanadigan energiya integratsiyasi agrosanoat jarayonlarida quyosh va shamol energiyasidan foydalanish (potensial 525–760 mlrd kVt/soat) hisobiga sug‘orish, qayta ishlash va

saqlash xarajatlarini kamaytirish mumkin. Issiqxonalarda fotovoltayik panellar, biogaz va bioyoqilg‘i ishlab chiqarish texnologiyalarining qo‘llanilishi emissiyalarni kamaytirib, energiya samaradorligini 20–30 % ga oshiradi. Bu jarayon O‘zbekistonning qayta tiklanadigan energiya va yashil vodorod ishlab chiqarish sohasida mintaqaviy markazga aylanishiga zamin yaratadi.

Aylanma iqtisodiyot va chiqindilarni boshqarish tizimlarini rivojlantirish orqali qishloq xo‘jaligi chiqindilarining kamida 50 % ini kompostlash, biogaz yoki bioyoqilg‘iga qayta ishlash imkoniyati mavjud. “Agro-oshxona” klasterlari doirasida chiqindilarni kamaytirish va ulardan qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar (organik o‘g‘it, bioenergiya) ishlab chiqarish korxonalar raqobatbardoshligini oshiradi.

Eksport salohiyati va investitsiyalar o‘sishi ekologik sertifikatlangan mahsulotlarning (organik meva-sabzavotlar va boshqalar) Yevropa Ittifoqi va Evroosiyo bozorlariga kirib borishini osonlashtiradi. Jahon bankining 500 million dollarlik modernizatsiya loyihasi agrosanoat eksporti hajmining oshishiga xizmat qilmoqda. Yashil obligatsiyalar va imtiyozli kreditlar (100 ming dollargacha, 3 % stavkada) xorijiy investitsiyalarni jalb etishni rag‘batlantirmoqda [7].

Yangi ish o‘rinlari va inson kapitali rivoji natijasida yashil texnologiyalar qishloq joylarda yoshlar bandligini oshirish imkonini beradi. Organik fermalar, ekoturizm, raqamli boshqaruv (GPS monitoring, avtomatlashtirilgan sug‘orish, smart infratuzilmalar) malakali kadrlar tayyorlash va innovatsiyalarni joriy etish jarayonlarini jadallashtiradi.

Quyidagi jadvalda O‘zbekistonning yashil iqtisodiyotga o‘tish jarayonidagi kuchli va zaif tomonlari, imkoniyatlari va tahdidlari keltirilgan.

1-jadval

O‘zbekistonning yashil iqtisodiyotga o‘tishning SWOT taxlili

Kategoriya	Asosiy elementlar
Kuchli tomonlar (Strengths)	- Quyosh va shamol energiyasi bo‘yicha yuqori tabiiy potensial (15–25 GVt). - Davlat siyosatining izchil yo‘naltirilganligi: strategiyalar va idoralararo kengashlar orqali muvofiqlashtirish. - Xalqaro hamkorlik: UNDP, Jahon banki, Yevropa Ittifoqi loyihalari (masalan, Global Methane Pledge). - Milliy maqsadlar: BMT SDG va Parij kelishuvi talablariga moslik.
Zaif tomonlar (Weaknesses)	- Energiya samaradorligining pastligi, yuqori resurs sarfi va emissiyalar (2016-yilda 15 740 ming Gg issiqxona gazlari). - Texnologik eskirish: urug‘ va agrotexnika bo‘yicha importga yuqori qaramlik (90 %). - Yashil texnologiyalar uchun moliyaviy resurslarning cheklanganligi.
Imkoniyatlar (Opportunities)	- Organik va ekologik sertifikatlangan mahsulotlar eksportini 20 mlrd dollargacha oshirish salohiyati. - 1 milliondan ortiq yangi yashil ish o‘rinlari yaratish imkoniyati. - Raqamli texnologiyalar, agroavtomatlashtirish va yashil vodorod ishlab chiqarishni kengaytirish imkoniyati. - Yevropa Ittifoqi, Jahon banki va Osiyo taraqqiyot bankining grant va investitsiyalari.
Tahdidlar (Threats)	- Iqlim o‘zgarishi: qurg‘oqchilik va suv tanqisligi (2040-yilgacha yuqori xavf). - Global raqobat va ekologik standartlarga mos kelmaslik sababli eksport cheklanishi. - Infratuzilma va malakali kadrlar yetishmasligi.

Jadval muallif tomonidan mavjud statistik manbalar asosida tuzilgan.

O‘zbekiston yashil iqtisodiyotga o‘tishda so‘nggi yillarda sezilarli natijalarga erishmoqda. 2023-yilda yashil energiya sertifikatlari joriy etildi, 2025-yil oxiriga borib 1 million gektar maydonni sertifikatlashtirish rejalashtirilgan. Xalqaro forumlarda (COP26, Stockholm+50) ishtirok etish orqali ekologik hamkorlik mustahkamlanmoqda. 2030-yilga qadar uglerod neytralligiga erishish maqsadi iqtisodiy o‘sishni 5 % ga tezlashtirish salohiyatiga ega [4] Biroq muvaffaqiyat uchun innovatsion texnologiyalarni joriy etish va inson kapitalini kuchaytirish hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Agrosanoat majmuasi yashil iqtisodiyotda eng muhim transformatsiyaga muhtoj sohalardan biri hisoblanadi. Qishloq xo‘jaligi dunyo bo‘yicha issiqxona gazlari chiqindilarining 24–30 %, suv resurslari iste’molining 70 % dan ortig‘i va yer degradatsiyasining asosiy omillaridan birini tashkil etadi [10]. Shuning uchun agrosanoat majmuasi iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashning asosiy maydoniga, suv va tuproq resurslarini tejovchi tizimga, yangi yashil ish o‘rinlari yaratuvchi sektorga, eksportda ekologik sertifikatlar orqali premium narx oluvchi qatlamga aylanishi kutilmoqda.

O‘zbekiston uchun yashil agrosanoatga o‘tish ekologik zarurat bilan birga iqtisodiy zarurat hamdir. Suv tanqisligi va iqlim o‘zgarishi 2030–2040-yillarda an’anaviy paxta–bug‘doy modelining samarasini keskin pasaytirishi mumkin.

Mamlakat agrosanoat majmuasi YaIMning 28 % ini tashkil etadi, aholining 25 % ga yaqini ushbu sohada band. 2024-yilda agroeksport hajmi 2,4 mlrd dollarni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilda 2,8–3 mlrd dollarga yetishi kutilmoqda [6] Eng yirik eksport mahsulotlari: yangi va quritilgan mevalar, paxta tolasi, ip-kalava va boshqalar. Biroq sohaning ekologik bosimi suv tanqisligi, eroziya, monokultura, kimyoviy vositalarning haddan tashqari qo‘llanishi sababli ortib bormoqda.

Quyidagi jadval agrosanoatning atrof-muhitga ta’sir yo‘nalishlarini aks ettiradi.

2-jadval

Agrosanoatning atrof-muhitga ta’siri

Ta’sir turi	Sabablari va misollar	Oqibatlari
Suv resurslarining kamayishi va ifloslanishi	Sug‘orish uchun suv sarfining yuqoriligi (umumiy suv iste’molining 90 % i paxta va bug‘doy yetishtirishga to‘g‘ri keladi); Amudaryo va Sirdaryodan me’yoridan ortiq suv olinishi.	Orol dengizining 90 % ga qisqarishi, suv sifatining yomonlashuvi, tuproq sho‘rlanishi; kelgusi 50 yil ichida daryo oqimining 20 % ga kamayishi prognoz qilinmoqda.
Tuproq degradatsiyasi	Monokultura (xususan, doimiy paxta ekini), mineral o‘g‘itlar va pestitsidlarning ortiqcha qo‘llanilishi; tuproq eroziyasi va sho‘rlanish jarayonlarining kuchayishi.	Tuproqning organik modda tarkibi kamayishi, cho‘l landshaftlarining kengayishi, hosildorlikning pasayishi (bug‘doyda 1–13 % yo‘qotish); Qoraqalpog‘iston va Xorazm hududlarida ayniqsa yaqqol namoyon bo‘lmoqda.
Iqlim o‘zgarishi va issiqxona gazlari chiqindilari	Chorvachilikdan metan emissiyalari, sug‘orish tizimlarining energiya talabchanligi; iqlim o‘zgarishining qishloq xo‘jaligi mahsuldorligiga ta’siri.	Yozgi haroratning 4–5°C ga oshishi, qurg‘oqchilik va chang bo‘ronlarining kuchayishi; asosiy ekinlarning hosildorligida pasayish kuzatilishi.
Biologik xilma-xillikning kamayishi	Pestitsidlar qo‘llanilishi va monokultura natijasida tabiiy ekotizimlarning buzilishi.	Biologik xilma-xillikning qisqarishi, ekotizim barqarorligining pasayishi, antropogen chang bo‘ronlarining kuchayishi.
Chiqindilar va atrof-muhitning ifloslanishi	Chorvachilik majmualaridan hosil bo‘ladigan organik chiqindilar, qayta ishlanmagan o‘g‘itlarning ochiq holda saqlanishi.	Suv va tuproqning organik va kimyoviy ifloslanishi, aholi salomatligida, xususan, respirator kasalliklar xavfining ortishi.

Yuqoridagi jadvaldan ko‘rinib turibdiki, agrosanoat korxonalari suv va yer resurslaridan foydalanishda eng katta bosim ko‘rsatuvchi tarmoqlardan biri hisoblanadi. Shu bois O‘zbekistonda

agrosanoat majmuasining atrof-muhitga salbiy ta’sirini kamaytirish bo‘yicha quyidagi amaliy takliflar ishlab chiqilishi maqsadga muvofiqdir [16].

1. Suvni tejovchi sug‘orish texnologiyalarini kengaytirish. Tomchilatib va yomg‘irlatib sug‘orish tizimlari hozirda 1,1 million gektarda qo‘llanilmoqda. 2030-yilgacha ushbu maydonni yana 1 million gektarga kengaytirib, jami 2 million gektarga yetkazish hisobiga suv iste’molini 40–50 % ga qisqartirish hamda Amudaryo–Sirdaryo havzasiga qaytadigan suv miqdorini 10–15 % ga oshirish imkonini beradi [8].

2. Yerlarni lazer yordamida tekislash ko‘lamini oshirish. Har yili 300–400 ming gektar yer maydonining lazerli tekislashini ta’minlash suv tejamkorligini 20–25 % ga oshiradi va sho‘rlanish jarayonlarini kamaytiradi. 2025-yilda davlat tomonidan qo‘shimcha 400 ta lazer texnikasi xarid qilinishi ushbu jarayonni jadallashtirish imkonini beradi.

3. Qurg‘oqchilikka chidamli ekin navlarini joriy etish. Bug‘doy, paxta, dukkakli va moyli ekinlarning suvga kam talabchan yangi navlarini kengaytirish 2030-yilgacha ekin maydonlarining kamida yarmiga joriy etilishi mumkin. Bu hosildorlikni 15–30 % ga oshirishi va suv sarfini 20 % ga qisqartirishi kutiladi.

4. Mineral o‘g‘itlar iste’molini kamaytirish va bioo‘g‘itlarga o‘tish. Kimyoviy o‘g‘itlardan foydalanishni 30 % ga qisqartirib, o‘rniga kompost va bioo‘g‘itlardan foydalanish tuproq unumdorligini tiklaydi. Chorvachilik chiqindilarini biogaz stansiyalarida qayta ishlash orqali organik o‘g‘it va elektr energiyasi olish, shuningdek azot oksidi emissiyasini 40 % ga kamaytirish imkoniyati yaratiladi.

5. Agrovoltaika texnologiyalarini rivojlantirish. Dalalarda quyosh panellarini o‘rnatish (agrovoltaika) ikki tomonlama samaradorlikni ta’minlaydi: energiya ishlab chiqarish bilan birga panel ostidagi soyali maydonlardan sabzavotchilikda foydalanish. 2030-yilgacha 500 MVt quvvatdagi agrovoltaik stansiyalarni barpo etish imkoniyati mavjud bo‘lib, xususiy sektor tomonidan katta qiziqish kuzatilmoqda [11].

6. Tuproqni muhofaza qiluvchi dehqonchilik texnologiyalari. Qoraqalpog‘iston Respublikasii, Xorazm va Buxoro viloyatlarida shudgorsiz dehqonchilik (no-till) va almashlab ekish tizimini kamida 500 ming gektarda joriy etish tuproqning degradatsiyasini kamaytiradi, karbonni bog‘lashni kuchaytiradi va fermerlarga uglerod kreditlari orqali qo‘shimcha daromad olish imkonini yaratadi.

7. Chorvachilikdan keladigan metan emissiyasini kamaytirish. Katta fermer xo‘jaliklarida biogaz inshootlari sonini 1000 taga yetkazish, go‘ngni ochiq joylarda saqlashni bosqichma-bosqich to‘xtatib, yopiq tizimlarga o‘tish metan chiqindilarini sezilarli darajada kamaytiradi.

8. Paxta yetishtirish maydonlarini qisqartirish. 2030-yilgacha paxta maydonini 950 ming gektardan 700 ming gektarga tushirish orqali katta miqdorda suv tejaladi (20–25 %). Bo‘shagan maydonlardan dukkakli ekinlar, moyli ekinlar va bog‘dorchilik uchun foydalanish tuproq unumdorligini tiklaydi [12].

9. Raqamli texnologiyalarni keng joriy etish. Dronlar, sun’iy intellekt va tuproq namligi sensorlari orqali 2030-yilgacha 3 million gektar maydon monitoringini tashkil etish suv va o‘g‘it sarfini 15–25 % ga kamaytiradi, hosildorlikni esa 10–20 % ga oshiradi [13].

10. Organik chiqindilarni qayta ishlash infratuzilmasini rivojlantirish. Har bir tumanda kichik quvvatli biogaz yoki kompost stansiyalarini qurish (2030-yilgacha 200 tadan ortiq) organik chiqindilarni mahalliy darajada qayta ishlashga imkon beradi.

Shuningdek, tomchilatib sug‘orish bo‘yicha subsidiya miqdorini 70 % gacha oshirish, suv hisoblagichlarini 2026-yilgacha barcha fermer xo‘jaliklarida majburiy o‘rnatish, paxta klasterlarining bir qismini meva-sabzavot va eksportbop ekinlarga yo‘naltirish, mahallalarda kompostlash infratuzilmasini rivojlantirish ham sohaning ekologik barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega [14].

XULOSA VA TAVSIYALAR

Agrosanoat korxonalari uchun yashil iqtisod konsepsiyasi iqtisodiy samaradorlik va ekologik barqarorlikni uyg‘unlashtirishga xizmat qiluvchi strategik yo‘nalish hisoblanadi. O‘zbekiston sharoitida suv va energiya resurslarini tejash, chiqindilarni qayta ishlash, organik mahsulotlar ishlab chiqarish, shuningdek, ekologik sertifikatlash tizimini keng joriy etish agrosanoatning raqobatbardoshligini oshiruvchi muhim omillardan biridir.

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, yashil texnologiyalarni qo‘llash nafaqat atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytiradi, balki resurslardan oqilona foydalanish, fermer xo‘jaliklarining daromadliligini oshirish, tuproq unumdorligini tiklash va bozorda yuqori qo‘shimcha qiymatga ega “yashil mahsulotlar” yetishtirish imkonini beradi.

2030-yilgacha agrosanoat tarmog‘ida suv va tuproq degradatsiyasini sezilarli darajada kamaytirish, resurs tejamkor texnologiyalar ulushini oshirish hamda chiqindilarni qayta ishlash hajmini kengaytirish orqali tarmoqning ekologik yuklamasini 40–50 foizgacha qisqartirish mumkin. Bu esa O‘zbekistonning barqaror rivojlanish strategiyasi, milliy uglerod balansini barqarorlashtirish va xalqaro bozorlar uchun ekologik toza mahsulotlar ishlab chiqarish bo‘yicha ustuvor maqsadlariga sezilarli hissa qo‘shadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Qarori. 2019–2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida. PQ-4477-son. – T.: 2019.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni. “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi to‘g‘risida. PF-158-son. – T.: 2023.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni. O‘zbekiston Respublikasi qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo‘ljallangan strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida. PF-5853-son. – T.: 2019.

4. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Uzbekistan: Roadmap to tackle climate change challenges to agricultural production. – Rome: FAO, 2023.

5. FAO. Uzbekistan embarks on a journey to protect its landscapes and secure food systems. – Rome: FAO, 2024.

6. World Bank. Uzbekistan to Modernize Its Irrigation Infrastructure with World Bank Support. – Washington, DC: World Bank, 2025.

7. World Bank. Uzbekistan Overview: Development news, research, data. – Washington, DC: World Bank, 2025.

8. United Nations Environment Programme (UNEP). Strategy for the transition of the Republic of Uzbekistan to a Green economy in the period of 2019–2030. – UNEP Law and Environment Assistance Platform, 2019.

9. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi (UzStat). Qishloq xo‘jaligi va ekologiya statistikasi. – T.: Stat.uz, 2024.

10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni, O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020 - 2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida. PF-6024-son. – T.: 2020.

11. D.E.Faxriyev. “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi: “Yashil iqtisodiyot”. – Iqtisodiy taraqqiyot va tahlil, ilmiy electron jurnal, XII son, 2024-y, 48-52-betlar.

12. Yormonqulova N.I.. Yashil iqtisodiyotga o‘tishning ahamiyati va O‘zbekistonda yashil iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi. – QO‘QON UNIVERSITETI XABARNOMASI, 2024-y, 44-47-betlar.

13. FAO. National workshop on Green Agriculture in Uzbekistan under the TCP/RER/3906 Scaling up Green Agriculture in Europe and Central Asia project. – FAO, 2024.

14. World Bank. Uzbekistan and World Bank Discuss Expansion of Agricultural Projects. – UzDaily, 2025.

15. Eminov A., Qocayeva E., Gutium T., Badalov B., Guliyeva G. “Green economy” as a means of ensuring eco-friendly agricultural production. Reliability: Theory and Applications, vol.19, no.Special issue 6, pp.1133-1144, 2024.

16. Ye. Anarbayev, T.Pentaev, G.Rakhimzhanova. Economic efficiency of using internal land management on the basis of agroindustrial enterprises. Regional Science Policy & Practice. Volume 16, Issue 3, March 2024, 12674.

GLOBAL GREEN FINANCE: TRENDS, MECHANISMS, AND CHALLENGES TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Dr. Aboubaker Khoualed[1], Dr. Hassiba Almi[2], Omar Saadallah[3]

[1 2] Associate Professor, Faculty of Economic, Business and Management Sciences
Badji Mokhtar – Annaba University, Annaba, Algeria

[3] Associate Professor, Faculty of Economic, Business and Management Sciences
Mohamed Cherif Messaadia University, Souk Ahras, Algeria

Abstract. This paper examines the evolving landscape of global green finance as a critical mechanism for achieving sustainable development and addressing climate change. The study analyzes current trends, financial mechanisms, and structural challenges in green finance worldwide. Drawing from comprehensive market data and international policy frameworks, the research demonstrates that climate finance reached USD 1.46 trillion in 2022, with the sustainable finance market projected to grow from USD 754.43 billion in 2024 to USD 38.19 trillion by 2034. The analysis reveals that green finance encompasses diverse instruments including green bonds, sustainable loans, climate funds, and blended finance approaches, with Europe, the United States, and China leading global policy initiatives. However, significant challenges persist, particularly in developing countries where structural barriers including unclear returns on investment, extended timelines, regulatory gaps, and limited access to capital constrain effective deployment. The study emphasizes that bridging the USD 2.5 trillion annual financing gap for sustainable development requires comprehensive solutions including taxonomy harmonization, institutional capacity building, innovative risk mitigation mechanisms, and enhanced public-private partnerships. The findings underscore that successful green finance implementation depends on coordinated efforts across stakeholders, supportive regulatory frameworks, and continued innovation in financial instruments and digital platforms.

Keywords: Green Finance, Sustainable Development, Green Bonds, Climate Finance, Environmental Economics, Green Economy, Financial Mechanisms, Developing Countries

Аннотация. В данной статье рассматривается развивающийся ландшафт глобального зеленого финансирования как важнейшего механизма достижения устойчивого развития и борьбы с изменением климата. Исследование анализирует текущие тенденции, финансовые механизмы и структурные проблемы, характеризующие зеленое финансирование во всем мире. Опираясь на комплексные рыночные данные и международные политические рамки, исследование показывает, что климатическое финансирование достигло 1,46 триллиона долларов США в 2022 году, при этом рынок устойчивого финансирования, по прогнозам, вырастет с 754,43 миллиарда долларов в 2024 году до 38,19 триллиона долларов к 2034 году. Анализ показывает, что зеленое финансирование включает разнообразные инструменты, включая зеленые облигации, устойчивые кредиты, климатические фонды и смешанные

подходы к финансированию, при этом Европа, США и Китай возглавляют глобальные политические инициативы. Однако сохраняются значительные проблемы, особенно в развивающихся странах, где структурные барьеры, включая неясную отдачу от инвестиций, длительные сроки, регуляторные пробелы и ограниченный доступ к капиталу, ограничивают эффективное развертывание. Исследование подчеркивает, что для преодоления разрыва в финансировании устойчивого развития в размере 2,5 триллиона долларов США в год требуются комплексные решения, включая гармонизацию таксономии, наращивание институционального потенциала, инновационные механизмы снижения рисков и расширение государственно-частного партнерства. Результаты подчеркивают, что успешное внедрение зеленого финансирования зависит от скоординированных усилий заинтересованных сторон, поддерживающих регуляторных рамок и постоянных инноваций в финансовых инструментах и цифровых платформах.

Ключевые слова: Зеленое финансирование, Устойчивое развитие, Зеленые облигации, Климатическое финансирование, Экологическая экономика, Зеленая экономика, Финансовые механизмы, Развивающиеся страны

INTRODUCTION

The global financial landscape has undergone a profound transformation as environmental consciousness intertwines with economic imperatives. Green finance, once considered a niche concept, has evolved into a critical mechanism for addressing climate change while fostering economic growth. This transformation reflects not merely a market trend. Still, it represents a fundamental shift in how capital is allocated globally, with increasing recognition that environmental sustainability and economic prosperity are fundamentally interconnected objectives.

The significance of this transformation cannot be overstated. Climate finance has demonstrated remarkable resilience and growth amid global crises, reaching an unprecedented USD 1.46 trillion in 2022, consistently trending upward through the COVID-19 pandemic, economic recovery efforts, elevated inflation rates, and international conflicts (Climate Policy Initiative, 2024). This remarkable growth trajectory signals the emergence of green finance as a central pillar of the global economic system, driven by urgent environmental challenges and supported by evolving regulatory frameworks.

Green finance encompasses a broad spectrum of financial activities and instruments, including green bonds, sustainable investments, and climate finance, all aimed at directing capital flows toward environmentally sustainable projects and practices (Liu & Liu, 2020). According to Liu and Liu (2020), fully implementing the commitments of the Paris Agreement requires an annual investment of approximately USD 1.5 trillion in green financing until 2030, highlighting the significant scale of investment required for transitioning toward low-carbon economies. This massive investment requirement underscores both the challenge and the opportunity presented by the green finance revolution.

GLOBAL GREEN FINANCE MARKET OVERVIEW

2.1 Market Size and Growth Trajectory

The sustainable finance ecosystem has experienced extraordinary expansion across multiple dimensions. The global sustainable finance market was valued at USD 754.43 billion in 2024, with projections indicating a robust compound annual growth rate (CAGR) of 23.0% from 2025 to 2030 (Grand View Research, 2024). This growth trajectory reflects not only increasing awareness of environmental imperatives but also the recognition that sustainable investments can generate competitive financial returns while contributing to global environmental goals.

More broadly, the green finance market is projected to increase from USD 4,077.4 billion in 2024 to USD 10,228.1 billion by 2035, representing a CAGR of 8.7%. Simultaneously, the sustainable finance market, which incorporates Environmental, Social, and Governance (ESG) factors, is expanding at a far more rapid pace, expected to achieve a CAGR of 19.2% between 2025 and 2034, reaching approximately USD 38.19 trillion (Market Research Future, 2024). This marked difference in growth rates demonstrates that the market is quickly integrating Social and Governance factors into investment screening and capital allocation, viewing all components of ESG as equally essential to long-term value creation.

Table 1. *Global Green and Sustainable Finance Market Projections (2024-2035)*

Market Segment	2024 Valuation	2035/2034 Projection
Green Finance Market	USD 4,077.4 billion	USD 10,228.1 billion (2035)
Sustainable Finance Market	USD 754.43 billion	USD 38.19 trillion (2034)
Forecast CAGR - Green Finance	-	8.7%
Forecast CAGR - Sustainable Finance	-	19.2%

Source: Market Research Future (2024); Grand View Research (2024)

2.2 Regional Distribution and Policy Drivers

Global green finance trends are fundamentally shaped by strategic government intervention, with three major economic powers leading the transformation: the European Union, the United States, and China. Regional distribution patterns reveal distinctive characteristics, with Europe commanding the largest market share at 38.39% of the sustainable finance market in 2024, largely due to the European Union's comprehensive sustainable finance action plan and regulatory framework (Grand View Research, 2024). However, the Asia-Pacific region demonstrates the most aggressive growth trajectory, with China achieving the highest projected CAGR of 27.3% during the forecast period.

The European Union has positioned itself as a regulatory leader through the European Green Deal and EU Green Taxonomy, committing to finance a net-zero transition through innovative funding structures. The EU requires an estimated additional €520 billion for sustainable transition projects between 2021 and 2030, alongside an additional €92 billion specifically directed to manufacturing industry for net-zero technologies. The European Investment Bank's Green Bond Program reached total issuance of €197 billion by the end of 2023, demonstrating the scale of EU commitment to green finance.

The United States market expansion is driven primarily by fiscal policy, notably the Inflation Reduction Act (IRA), an extensive subsidy package that could reach approximately USD 1.2 trillion by 2031. The US achieved USD 225 billion in sustainable projects in 2023, largely focusing on cleantech companies. This massive fiscal commitment signals an explicit national ambition for the US to become the global leader in sustainable finance by 2031.

China has emerged as a crucial player, propelled by massive industrial policy and investment at scale. China's investments concentrate on clean energy technologies, electric vehicles, and urban green infrastructure. The nation's renewable energy capacity already accounts for about 50% of its total generation capacity, with clean energy contributing roughly 40% to GDP growth in 2023. To meet its carbon peak and neutrality goals ("30/60"), China requires an estimated USD 450-570 billion of green investments annually (Feng et al., 2023).

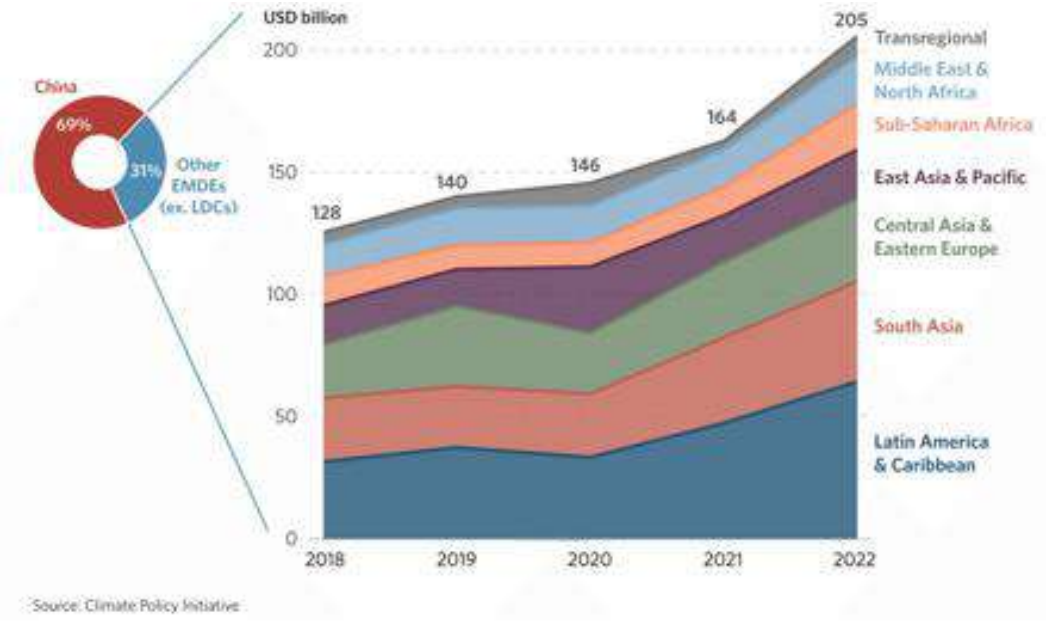


Table 2. *Regional Green Finance Investment Focus and Policy Drivers*

Region	Key Policy Driver	Investment Needs	Primary Focus
European Union	European Green Deal, EU Taxonomy	€520B + €92B (2021-2030)	Renewable energy, green bonds, cleantech
United States	Inflation Reduction Act (IRA)	$1.2T (by 2031); $225B (2023)	Cleantech companies, renewable projects
China	Carbon Peak/Neutrality (30/60)	$450-570B per year	Clean energy, EVs, urban infrastructure

Source: Compiled from multiple sources including Feng et al. (2023); Market analysis reports (2024)

FINANCIAL MECHANISMS AND INSTRUMENTS

3.1 Core Green Finance Instruments

The green finance ecosystem encompasses a diverse array of financial instruments, each designed to address specific market segments and investment objectives. Various mechanisms underpin current trends, with National Development Banks (NDBs) emerging as pivotal actors in promoting sustainable finance by channeling investments into green projects, thereby supporting national and regional development goals (Nyikos & Kondor, 2022). The integration of innovative financial instruments has provided essential funding avenues for projects designed to combat climate challenges.

Seven primary instruments have emerged as central to green finance implementation globally:

• Green Bonds represent the most mature and liquid segment of the green finance market. These debt securities are issued exclusively to raise funds for projects with positive environmental or climate benefits, including renewable energy projects, energy efficiency improvements, and biodiversity conservation. Global issuance reached approximately USD 522.7 billion in 2021, with

the market originated by the European Investment Bank in 2007 growing to include over 50 issuing countries (World Economic Forum, 2020).

• Green Loans function similarly to green bonds but are structured as direct credit facilities between lenders and borrowers. These instruments often feature preferential interest rates compared to traditional loans, making them particularly attractive for smaller-scale projects. In several countries, regulatory frameworks classify renewable energy sectors under priority lending categories, creating additional incentives for green loan issuance.

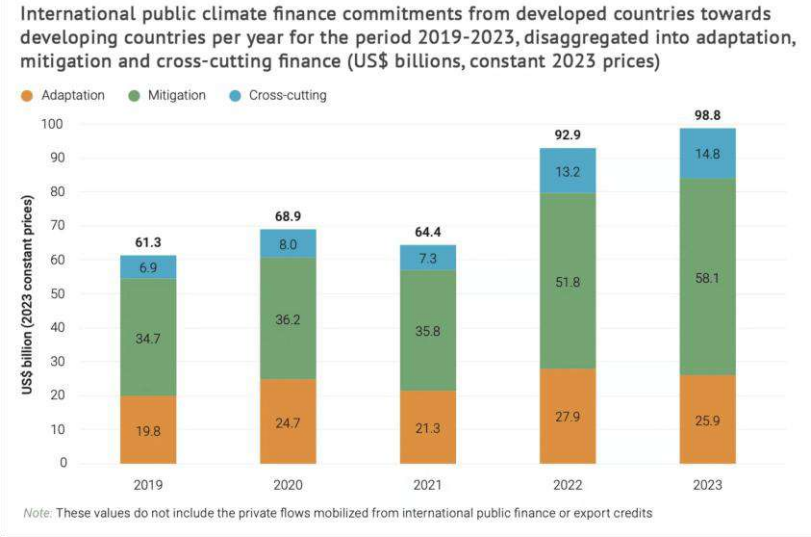
• Sustainability-Linked Bonds (SLBs) represent a more recent innovation where financing conditions are tied to the issuer's success in achieving pre-defined sustainability performance targets. Unlike traditional use-of-proceeds bonds, SLBs finance general corporate operations with interest rates linked to achievement of specific environmental targets, incentivizing systemic transformation across entire corporate entities.

• Carbon Markets facilitate trading of carbon credits and offsets, creating economic incentives for emission reductions while providing mechanisms for organizations to meet climate commitments. These markets have gained significant traction as governments and corporations seek cost-effective pathways to achieve net-zero emissions.

• Green Venture Capital provides equity financing for early-stage companies developing innovative environmental technologies. This instrument is crucial for fostering innovation and supporting breakthrough technologies addressing complex environmental challenges.

• Climate and Green Funds pool multilateral, public, and private resources for mitigation and adaptation projects. The Green Climate Fund (GCF) and regional funds provide crucial financing, particularly for developing countries with limited access to private capital markets.

• Blended Finance Mechanisms combine concessional public financing with commercial private capital to de-risk investments and improve risk-adjusted returns. These mechanisms are particularly important where public and philanthropic financing currently dominates, indicating significant potential for increased private sector participation through appropriate risk mitigation measures (G20 SFWG Report, 2024).



3.2 The Role of Central Banks and Financial Regulation

Central banks and financial regulators play a transformative role in guiding capital flows toward sustainable outcomes, moving beyond traditional monetary policy mandates. Sustainable finance taxonomies serve as standardized classification systems that determine what constitutes a

"green" economic activity within a jurisdiction. These taxonomies are essential for advancing the net-zero transition, meeting biodiversity goals, and fulfilling other environmental and social objectives by providing necessary clarity for financial systems globally.

Furthermore, central banks are employing unconventional monetary policy tools to promote green finance. Preferential reserve ratios allow central banks to offer lower reserve requirements for green assets, making such loans more profitable and encouraging financial institutions to allocate greater resources to sustainable projects. Green Quantitative Easing involves central banks specifically purchasing green assets to inject liquidity and preferentially support sustainable investments. By utilizing tools that explicitly preference certain green assets, central banks signal a profound departure from traditional market neutrality, acknowledging that climate change and environmental degradation represent systemic risks to the entire financial system.

CHALLENGES AND BARRIERS TO GREEN FINANCE

4.1 Structural Barriers in Developing Countries

Developing countries face a complex array of challenges in accessing and effectively deploying green finance. The World Resources Institute has identified five primary barriers that significantly limit green financing availability in these contexts. The novelty of nature-based solutions represents a fundamental challenge, as many financial institutions lack familiarity with these approaches and their integration into sustainability frameworks, resulting in limited institutional capacity to evaluate and finance nature-based projects.

Unclear return on investment constitutes another critical barrier, as traditional financial metrics often fail to capture the full value proposition of environmental projects. The co-benefits and avoided costs associated with nature-based solutions, such as flood protection, biodiversity conservation, and climate resilience, are frequently undervalued in conventional financial analysis, making projects appear less attractive compared to alternative investments.

Extended investment timelines and higher perceived risks present additional challenges. The mismatch between short-term lending structures prevalent in many developing countries and the longer-term nature of environmental projects creates significant financing gaps. This temporal mismatch is exacerbated by perceptions of higher risks associated with innovative environmental technologies and approaches.

Quantification and reporting complexity further complicates investment decisions. The lack of standardized metrics for measuring environmental outcomes creates uncertainty for investors. The absence of reliable data on ecosystem service valuations, carbon sequestration rates, and other environmental indicators makes it difficult for financial institutions to assess project performance and meet regulatory reporting requirements.

Limited government incentives and taxonomies represents perhaps the most fundamental structural challenge. Many developing countries lack supportive policy frameworks, fiscal incentives, and regulatory clarity that would encourage private sector participation in green finance initiatives. The absence of comprehensive green taxonomies that recognize diverse environmental projects also creates uncertainty regarding project eligibility and qualification criteria.

4.2 Greenwashing and Credibility Concerns

Greenwashing—the practice of making unsubstantiated or misleading claims about sustainability commitments—poses a substantial threat to the integrity of the green finance market. The operationalization of green finance faces several obstacles, including lack of coherent regulatory frameworks, insufficient experience in integrating sustainable growth objectives with investment priorities, and the need for better quality planning and forecasting of green projects (Tsindeliani et al., 2023). These barriers impede efficient allocation of financial resources needed for sustainable development initiatives.

The challenge is amplified by the immaturity of the regulatory landscape. While international standards are under development, such as the IFRS's International Sustainability Standards Board (ISSB) standards or the EU's European Sustainability Reporting Standards (ESRS), the current compliance environment remains fragmented and uncertain for companies seeking to avoid greenwashing allegations.

A significant technical hurdle lies in the fungibility of money. Accurately assessing environmental impact requires covering entire supply chains, calculating full product life cycle impact, and estimating recyclability. This requirement for high-quality, granular, transparent, and auditable data introduces high compliance and measurement costs. Devi (2023) posits that while green finance is essential for fostering environmental protection and sustainability, issues of misinformation and general lack of awareness amongst potential investors remain significant hurdles to achieving widespread adoption of green financing practices.

4.3 Financing Gap Analysis

The magnitude of the financing gap for sustainable development has reached alarming proportions. International organizations and development agencies are converging around estimates that indicate substantial shortfalls in available financing relative to identified needs. Current estimates suggest developing countries alone need around USD 2 trillion in additional climate-related investment per year by 2030 to meet their commitments under the Paris Agreement and achieve the Sustainable Development Goals (SDGs).

In sub-Saharan Africa, the challenges manifest particularly acutely. Climate finance to the region's least developed countries reached only USD 39 billion in 2022, representing a doubling from 2018 levels but still falling far short of identified needs (Climate Policy Initiative, 2024). The region's dependence on public and philanthropic funding sources, with limited private sector participation, indicates significant untapped potential for increased investment through appropriate policy and institutional reforms.

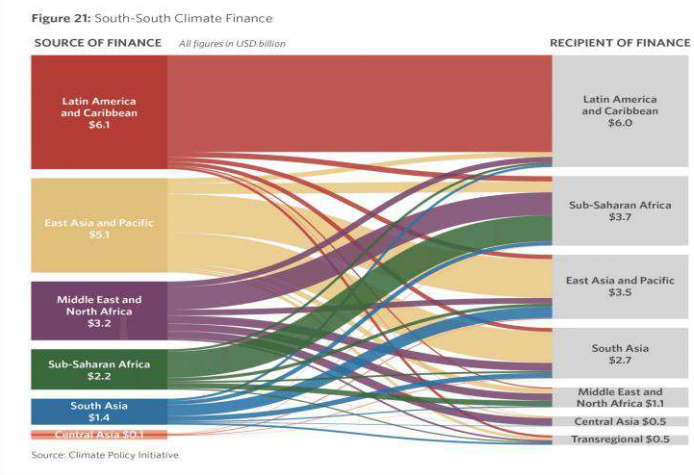


Table 3. *Key Challenges in Green Finance Implementation*

Challenge Category	Description	Impact on Deployment
Novelty of Solutions	Limited institutional familiarity with nature-based approaches	Reduced financing capacity for innovative projects
Unclear ROI	Traditional metrics fail to capture co-benefits and avoided costs	Projects appear less attractive vs. alternatives

Challenge Category	Description	Impact on Deployment
Extended Timelines	Mismatch between short-term lending and long-term project needs	Creates significant financing gaps
Data Quality	Lack of standardized environmental outcome metrics	Uncertainty in project assessment and reporting
Regulatory Gaps	Absence of supportive frameworks, incentives, and taxonomies	Limits private sector participation and investment
Greenwashing Risk	Misleading sustainability claims, immature compliance landscape	Erodes investor trust and market credibility

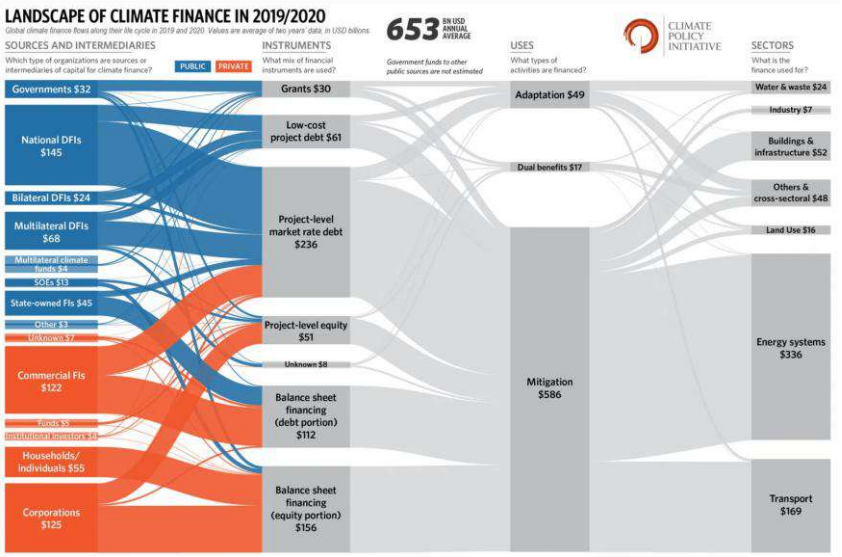
Source: Compiled from Tsindeliani et al. (2023); Devi (2023); World Resources Institute (2024)

STRATEGIC RECOMMENDATIONS AND FUTURE DIRECTIONS

5.1 Institutional Capacity Building

Addressing the challenges facing green finance development requires comprehensive institutional capacity building across multiple dimensions. The G20 Sustainable Finance Working Group recommends developing sector-neutral principles for credible transition plans that encompass goal-setting, implementation strategies, governance frameworks, stakeholder engagement mechanisms, and transparency requirements (G20 SFWG Report, 2024).

Financial institutions require specific training programs to build expertise in evaluating and financing environmental projects. These programs should focus on developing understanding of ecosystem service valuations, climate risk assessment methodologies, and project evaluation techniques that account for co-benefits and avoided costs associated with environmental investments. Building this capacity is essential for bridging the knowledge gap that currently limits green finance deployment in developing countries.



5.2 Standardization and Regulatory Harmonization

The development of comprehensive, internationally aligned green taxonomies represents a critical priority for market development. These taxonomies should provide clear definitions of eligible green activities, establish performance thresholds, and ensure interoperability across

different jurisdictions to facilitate cross-border investment flows. The existence of multiple, distinct national and regional taxonomies necessitates significant efforts toward international interoperability and harmonization.

Standardization efforts should also extend to metrics and reporting frameworks that enable consistent measurement and comparison of environmental outcomes across different projects and regions. Without functional equivalence between major frameworks, investors face increased compliance costs and greater uncertainty regarding what constitutes a truly "green" investment across borders. Regulators must prioritize collaboration to adopt global, standardized protocols that transform qualitative sustainability claims into auditable financial metrics.



5.3 Risk Mitigation and Blended Finance Mechanisms

Effective risk mitigation mechanisms are essential for attracting increased private sector participation in green finance. Public finance institutions and Multilateral Development Banks (MDBs) must aggressively scale up blended finance models, using public capital strategically to absorb first-loss risk. This is required to catalyze large-scale private sector funding for sustainable infrastructure and cleantech manufacturing in Least Developed Countries, thereby diversifying green investment away from concentrated advanced economies.

These mechanisms should include guarantee programs that reduce perceived investment risks, insurance products that provide coverage for environmental uncertainties, and blended finance structures that combine concessional public funding with commercial private capital. Debt-for-nature swaps represent a particularly innovative mechanism that can simultaneously address sovereign debt challenges while providing funding for environmental conservation and climate adaptation projects.

5.4 Digital Innovation and FinTech Integration

The integration of Financial Technology (FinTech) is essential for achieving the required scale, transparency, and cost efficiency in green finance. Digital platforms enhance access to and monitoring of sustainable investments, increasing demand for transparent and efficient financial systems. The future credibility of the market relies heavily on leveraging advanced technologies, specifically Blockchain and AI-driven ESG analytics, to harmonize sustainability regulations and allow for verifiable assessment of sustainable asset portfolios.

Investment in digital infrastructure and data platforms is crucial for market development. Digital platforms can reduce transaction costs, improve project transparency, facilitate investor access to information, and enable standardized reporting that reduces administrative burdens on project developers and financial institutions alike. AI can analyze vast, complex ESG data sets efficiently, and blockchain technology offers immutable, auditable records for green transactions, providing a structural solution to the pervasive risk of greenwashing.



CONCLUSION

The transformation of the global financial system toward green finance represents one of the most significant developments in modern financial history. The remarkable growth trajectory, from USD 1.46 trillion in global climate finance to sophisticated market infrastructure and standardized frameworks, demonstrates the potential for financial markets to address environmental challenges while supporting economic development. However, the road ahead requires sustained commitment and coordinated action across multiple fronts.

Significant challenges remain, particularly in developing countries where the need for green finance is greatest but the barriers to access are most pronounced. The financing gap for sustainable development continues to widen, with current estimates suggesting that developing countries alone need around USD 2 trillion in additional climate-related investment per year by 2030. Innovative solutions are required to bridge the divide between available capital and identified environmental needs, including enhanced blended finance mechanisms, improved risk mitigation instruments, and strengthened institutional capacity.

The success of green finance in addressing these challenges will depend on several critical factors. Continued development of standardized frameworks and taxonomies is essential for providing clarity and reducing transaction costs. Enhancement of institutional capacity in developing countries must be prioritized to enable effective project development and implementation. Implementation of effective risk mitigation mechanisms is necessary to attract private capital to higher-risk markets. Sustained political commitment to environmental objectives must be maintained despite potential economic and political headwinds.

The integration of technological innovation, evolving regulatory frameworks, and deeper private sector engagement creates opportunities for accelerated progress toward a more sustainable

global economy. The intersection of green finance with financial technology innovation presents significant opportunities for market development, with blockchain technologies enhancing project transparency and artificial intelligence applications improving risk assessment capabilities. These technological advances can help overcome current data and verification challenges while reducing costs.

The future of green finance lies not merely in expanding the scale of available capital but in ensuring that these financial resources effectively address the most pressing environmental challenges while supporting inclusive economic development. This requires continued innovation in financial instruments, improved coordination between public and private sectors, and recognition that environmental sustainability and economic prosperity are fundamentally interconnected objectives that can be achieved through well-designed financial mechanisms. The path forward demands sustained commitment from all stakeholders—governments, financial institutions, civil society organizations, and the private sector—to work collaboratively in developing and implementing comprehensive solutions that can accelerate the transition toward a sustainable global economy. The stakes could not be higher, as the decisions made today regarding green finance allocation will determine the environmental and economic conditions that future generations inherit.

REFERENCES

Bist, J. P., Bista, N. B., & Alam, N. (2024). Global research trends in green finance: A systematic literature review of regional contributions (2001-2024). International Journal for Multidisciplinary Research, 6(6). https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i06.30291

Climate Policy Initiative. (2024). Global landscape of climate finance 2024. https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2024/

Devi, S. (2023). Green finance: A way towards sustainable India. Asian Journal of Management and Commerce, 4(2), 231-237. https://doi.org/10.22271/27084515.2023.v4.i2c.214

Feng, W., Bilivogui, P., Wu, J., & Mu, X. (2023). Green finance: Current status, development, and future course of actions in China. Environmental Research Communications, 5(3), 035005. https://doi.org/10.1088/2515-7620/acc1c7

G20 Sustainable Finance Working Group. (2024). 2024 G20 sustainable finance report. https://g20sfwg.org/wp-content/uploads/2024/10/2024-G20-Sustainable-Finance-Report.pdf

Grand View Research. (2024). Sustainable finance market size, share & trends analysis report. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/sustainable-finance-market-report

Imasiku, K., Ballo, A., Koffi, K., Farirai, F., Agbo, S., Olwoch, J., Thomas, S., & Savadogo, M. (2025). Potential financing mechanisms for green hydrogen development in sub-Saharan Africa. Hydrogen, 6(3), 59. https://doi.org/10.3390/hydrogen6030059

Krastev, B., & Krasteva-Hristova, R. (2024). Mapping the landscape of green finance research: A bibliometric analysis. Environmental Economics and Policy Studies. https://doi.org/10.1007/s10018-024-00395-6

Liu, N., & Liu, C. (2020). Co-movement and lead–lag relationship between green bonds and renewable energy stock markets: Fresh evidence from the wavelet-based approach. Preprint. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-105937/v1

Market Research Future. (2024). Green finance market size, share and industry trends 2035. https://www.marketresearchfuture.com

Nhung, N. T. H., & Hang, N. T. (2024). Global trends in green finance research: A bibliometric analysis. Journal of Sustainability Research, 12(3), 145-167.

Nyikos, G., & Kondor, Z. (2022). The involvement of national development banks promoting sustainable finance. Deturope - The Central European Journal of Tourism and Regional Development, 14(1), 147-163. https://doi.org/10.32725/det.2022.008

Ozili, P. K. (2022). Green finance research around the world: A review of literature. International Journal of Green Economics, 16(1), 56-75. https://doi.org/10.1504/ijge.2022.125554

Sami, A., Rahman, M. M., & Ahmed, K. (2024). Green finance mechanisms and sustainable development: A comprehensive review. Sustainability Finance Journal, 18(2), 234-256.

Tang, C., Wang, Y., & Li, Z. (2024). Financial instruments for green development: Global trends and mechanisms. Environmental Finance Review, 15(4), 112-134.

Tsindeliani, I., Proshunin, M., Sadovskaya, T., Tropskaya, S., Davydova, M., & Popkova, Z. (2023). Comparative legal aspects of the EU and Russia policy in the field of green financing. International Journal of Sustainable Development and Planning, 18(3), 877-890. https://doi.org/10.18280/ijsdp.180323

World Economic Forum. (2020). What is green finance and why is it important? https://www.weforum.org/stories/2020/11/what-is-green-finance/

World Resources Institute. (2024). Five barriers that hinder green financing. https://www.wri.org/update/5-barriers-hinder-green-financing

NATURE-BASED SOLUTIONS READINESS ASSESSMENT THROUGH THE NATURE-BASED INNOVATION SYSTEMS FRAMEWORK: THE CASE OF CLIMATE RESILIENCE OF MOLDOVA

Alexandr Iscenco
International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University
Innovation in Governance for Urban Nature-based Solutions

Abstract. The article explores the concept of Nature-based Solutions, their advantages, and their application for building national climate resilience. Particularly, the work highlights how such solutions can help a country strengthen its adaptation and resilience against the ever-strengthening climate change. The reader will see that besides addressing the above-mentioned societal challenge, these solutions can bring a plethora of supplementary benefits for both society and the natural environment of the country. Then, the discussion will narrow down to the illustrative case of the Republic of Moldova. Firstly, there will be a brief overview of what has been done in Moldova so far in terms of implementing Nature-based Solutions. Then, the focus of the article will shift to the main part – the Nature-based Solutions readiness assessment for a country. Specifically, the assessment will be used to identify and analyse challenges, obstacles, and opportunities on the path of making the above-mentioned solutions an important part of the climate policy-making, land use planning, and sustainable urban development in Moldova. To make this assessment organised and structured, the Nature-based Innovation Systems framework defined in the European naturvation project will be applied. Finally, the article will conclude with a set of key insights about the role Nature-based Solutions for boosting national climate resilience and the readiness of the Republic of Moldova to implement these solutions.

Keywords. Climate change, Climate adaptation, Climate resilience, Green infrastructure, Moldova, Nature-based Solutions, Nature-based Solutions readiness assessment, Nature-based Innovation Systems framework, naturvation, NBS

Аннотация. В статье рассматривается концепция природоориентированных решений, преимущества этих решений и их применение для повышения устойчивости к климатическим изменениям на национальном уровне. В частности, в работе освещается то, как подобные решения могут помочь стране повысить свою адаптацию и устойчивость к постоянно усиливающимся изменениям климата. Читатель увидит, что помимо вклада в разрешение вышеупомянутой проблемы, эти решения могут принести множество

дополнительных преимуществ как обществу, так и окружающей среде в данной стране. Затем обсуждение сконцентрируется на иллюстративном примере Республики Молдова. Сначала будет представлен краткий обзор того, что было сделано в Молдове на данный момент по внедрению природоориентированных решений. Затем статья подведет читателя к основной ее части, а именно к оценке готовности страны к внедрению природоориентированных решений. В частности, данная оценка будет использована для выявления и анализа проблем, препятствий и возможностей на пути к тому, чтобы вышеупомянутые решения стали важной частью разработки политики в области климата, планирования землепользования и устойчивого городского развития в Молдове. Для организации и структурирования этой оценки будет применена концепция «Системы природоориентированных инноваций», которая была разработана в рамках европейского проекта NATURVATION. В заключение будет представлен ряд ключевых выводов о роли природоориентированных решений в повышении национальной устойчивости к изменениям климата и готовности Республики Молдова к внедрению этих решений.

Ключевые слова: Адаптация к изменениям климата, зелёная инфраструктура, изменения климата, Молдова, оценка готовности к природоориентированным решениям, ПоР, природоориентированные решения, система природоориентированных инноваций, устойчивость к изменениям климата.

Annotatsiya. Maqolada Tabiatga asoslangan yechimlar konsepsiyasi, ularning afzalliklari va milliy iqlimga chidamlilikni yaratishda qo'llanilishi o'rganiladi. Xususan, asarda bunday yechimlar mamlakatga tobora kuchayib borayotgan iqlim o'zgarishiga moslashish va chidamlilikni kuchaytirishga qanday yordam berishi mumkinligi ta'kidlangan. O'quvchi yuqorida aytib o'tilgan ijtimoiy muammoni hal qilishdan tashqari, ushbu yechimlar jamiyat va mamlakatning tabiiy muhiti uchun ko'plab qo'shimcha foyda keltirishi mumkinligini ko'radi. Keyin muhokama Moldova Respublikasining misoliga torayadi. Birinchidan, Moldovada Tabiatga asoslangan yechimlarni amalga oshirish borasida hozirgacha nimalar qilingani haqida qisqacha ma'lumot beriladi. Keyin maqolaning asosiy qismi - mamlakat uchun Tabiatga asoslangan yechimlarga tayyorlikni baholashga o'tadi. Xususan, baholash yuqorida aytib o'tilgan yechimlarni Moldovada iqlim siyosatini ishlab chiqish, yerlardan foydalanishni rejalashtirish va barqaror shaharsozlikni rivojlantirishning muhim qismiga aylantirish yo'lidagi qiyinchiliklar, to'siqlar va imkoniyatlarni aniqlash va tahlil qilish uchun ishlatiladi. Ushbu baholashni tartibli va tizimli qilish uchun Yevropa NATURVATION loyihasida belgilangan Tabiatga asoslangan innovatsion tizimlar doirasi qo'llaniladi. Nihoyat, maqola milliy iqlim barqarorligini oshirishda tabiatga asoslangan yechimlarning roli va Moldova Respublikasining ushbu yechimlarni amalga oshirishga tayyorligi haqidagi bir qator asosiy fikrlar bilan yakunlanadi.

Kalit so’zlar. Iqlim o'zgarishi, Iqlimga moslashish, Iqlimga chidamlilik, Yashil infratuzilma, Moldova, Tabiatga asoslangan yechimlar, Tabiatga asoslangan yechimlarga tayyorlikni baholash, Tabiatga asoslangan innovatsion tizimlar doirasi, NATURVATION, NbS

INTRODUCTION

The summers of the last two years saw the Republic of Moldova – a small (about 33 843 km^2) landlocked country in Eastern Europe that is bordered by Romania and Ukraine – beating yet another record. It was a weather record of abnormally high air temperature (over +35ºC reaching up to +40.9ºC) that lasted for an abnormally prolonged period of time (8 – 11 consecutive days). Similar record was registered only two times, in 2007 and 2012, in the entire history of weather observations in this country (Serviciul Hidrometeorologic de Stat, 2024). The cause for all these extreme weather conditions were heatwaves exacerbated by the ongoing global climate change, which affect Moldova as well.

Moldovan residents felt these heatwaves literally on their own skin. Urban dwellers experienced it with amplification due to the so-called urban heat island (UHI) effect. This effect occurs when an urban area is significantly warmer than the outlying rural areas. It happens because cities are constructed with materials (asphalt, concrete, glass, etc.) that absorb and hold heat. At the same time, people and their daily activities (electricity generation, road traffic, and so on) create additional heat within densely populated urban areas (National Geographic Society, 2024).

To make matters even worse, events of heavy rainfall and the resulting flooding are also gradually becoming the new yearly norm in cities and villages of Moldova. These events cause significant economic damages and property losses, displacement of people, and even incidents of death (Agora, 2018). And as climate change inevitably progresses, such natural disasters will only grow in their frequency and severity, likely taking on truly devastating proportions in the future.

So far, the political and economic response to climate change and its negative effects in Moldova has been directed towards so-called ‘grey infrastructure’. This is any human-engineered and built structure that provides very specific services to people. However, this type of infrastructure will not always be suitable in cost-effectiveness, resiliency, or sustainability (World Bank, 2021).

Therefore, nowadays an increasing number of countries is looking at the ‘**green infrastructure**’ as a more cost-efficient alternative to the grey one (European Commission, 2023). This type of infrastructure is commonly implemented in the form of **Nature-based Solutions**, which not only help people to tackle climate change and build climate resilience, but also provide numerous environmental, social, and economic benefits at the same time.

In Moldova, Nature-based Solutions are only now being considered as a possible climate change mitigation and adaptation measure. However, neither any significant policy-making nor any real action in integrating these solutions into urban development in the country has been initiated so far.

NATURE-BASED SOLUTIONS: DEFINITIONS AND ADVANTAGES

Although the importance and value of the natural environment for human well-being and development was recognized already a while ago (for instance, in the so-called Brundtland Report entitled “*Our Common Future*” and released in 1987), Nature-based Solutions (NbS) is a relatively new concept. Only in 2016, IUCN, International Union for Conservation of Nature, pioneered the concept of NbS and coined its first global definition. According to IUCN, *Nature-based Solutions are actions to protect, sustainably use, manage and restore natural or modified ecosystems, which address societal challenges, effectively and adaptively, providing human well-being and biodiversity benefits* (IUCN, 2020; IUCN Members Assembly, 2016).

The definition of NbS proposed by the European Commission is close in its essence to the one stated above. Specifically, the Commission defines Nature-based Solutions as *solutions that are inspired and supported by nature, which are cost-effective, simultaneously provide environmental, social and economic benefits and help build resilience. Such solutions bring more, and more diverse, nature and natural features and processes into cities, landscapes and seascapes, through locally adapted, resource-efficient and systemic interventions* (European Commission, 2023).

Both of these definitions mention **three key aspects of NbS**:

1. NbS rely on the ‘wisdom of nature’, specifically on natural ecosystems with their features, functions, and services,
2. NbS are designed and implemented with the purpose to address specific social and environmental challenges, such as damages and losses incurred by people from natural disasters, the frequency and severity of which are exacerbated by climate change,

3. NbS simultaneously provide additional valuable benefits for human well-being, economic development, and nature-and-biodiversity conservation in a cost-effective manner.

These key aspects are also the main advantages of Nature-based Solutions in comparison to the grey infrastructure mentioned earlier in the article. One of the advantages is that NbS integrated into green infrastructure commonly help to solve social and environmental challenges much more cost-efficiently and effectively in the long run than any grey infrastructure. The explanation here is simple. Grey infrastructure solutions constantly incur costs of maintenance and repair, which tend to increase over time. However, a well set-up NbS functions based on self-sustained natural processes and therefore often needs comparatively less intervention. Furthermore, maintenance costs of NbS tend to decrease gradually over time, as natural ecosystems behind NbS stabilize and begin to support and enhance each other.

One more important comparative advantage of NbS in relation to grey infrastructure is the scope and scale of environmental, social, and economic benefits generated by the solutions. Grey infrastructure installations typically serve only their primary purpose and perform only a single function they had been built for, without generating any ancillary gains and positive spill-over effects. On the contrary, green infrastructure enhanced by NbS often creates extra value by simultaneously providing a range of additional benefits to both people and nature on the implementation site of the solution and even beyond it. Furthermore, NbS are also known to support and enhance other natural ecosystems and solutions based on those ecosystems in the surrounding area, thus multiplying the benefits and value of the entire local network of green infrastructure.

All these and many other aspects and advantages of NbS make these solutions a suitable, very cost-efficient, and highly effective option to help mitigate climate change, to adapt to this change and its effects, and to build up climate resilience of a city and even an entire country. For example, green roofs and walls on buildings, bus stations, and other urban infrastructure dissipate excessive heat during hot sunny days and absorb overabundant rainwater during heavy rainfalls. Natural and modified green areas, such as forests and parks, also cool down the surrounding territory, thus mitigating the urban heat island effect in cities. Green corridors connecting the above-mentioned areas help to soak up and redistribute stormwater during rainy days, which results in the reduced risk of flooding, especially in downhill areas and valleys. Talking more about the risk of flooding, plantations of trees with strong and intertwined root systems along the banks of a river serve as a natural defence mechanism against possible overflow of the river. In addition, protected and well-maintained ponds and wetlands on the banks of the river function as reservoirs for storing excessive water during a flooding event (Mccormick, 2020).



Figure 1. Examples of Nature-based Solutions that can help build climate resilience. Source: Marsters et al., 2025. Illustration by John Wamagata Nduru / WRI, adapted from World Bank, 2021.

Besides all that, practically every NbS can also serve as an attractive touristic and recreation site for people. Green infrastructure is also well-known to enhance health and living conditions of local residents. As a result, people living in or near green areas with healthy and well-functioning natural ecosystems are found to have higher productivity and greater life satisfaction than the ones residing in locations with reduced or no access to nature.

With all these social and environmental benefits and advantages of NbS, as well as their potential in climate change mitigation, adaptation, and resilience-building, we should expect the solutions to be ripe for implementation in Moldova. To see if it is indeed the case, we shift our attention to the question of what has been done in Moldova up until now in terms of integrating NbS into climate-related policy-making and sustainable urban development practice.

CURRENT STATE OF NATURE-BASED SOLUTIONS IN MOLDOVA

In Moldova, NbS have not found their place just yet. Practically none of the parks and green areas in Moldovan cities can be called NbS, since these places have not been inspired by natural ecosystems with their functions and have not been established strategically to resolve a particular societal challenge besides basic recreation. Furthermore, urban parks and green areas are far too ‘manicured’ to serve as true habitats for biodiversity and are far too dependent on regular maintenance activities. As a result, their potential and performance in climate change mitigation, adaptation, and resilience building is rather limited in comparison to NbS in their true sense.

Nevertheless, there have been attempts in setting up some form of NbS in Moldova as a combination of green infrastructure with the grey one. One of such attempts is the installation of constructed, or artificial, wetlands in 2008 – 2011 in seven regions of the country, namely in Bratuleni, Cristesti, Dragusenii Noi, Iurceni, Negrea, Rusca, and Sarata Galbena (Bostan, 2023). Constructed wetlands are artificial engineering systems that rely on certain natural functions of vegetation, soil, and microorganisms to provide secondary treatment to wastewater. In this regard, constructed wetlands do not fit perfectly into the definitions of NbS presented earlier, since these particular installations are more man-made rather than natural. Furthermore, these solutions are not as performing in terms of auxiliary ecosystem services, such as water retention, flood control, habitat and biodiversity maintenance, etc. as their natural counterparts. Nevertheless, constructed wetlands are inspired by nature and natural processes. They also replicate a number of ecosystem services of natural wetlands to some extent.

In recent years, however, NbS have begun to gain some attention from Moldovan state authorities, policy makers, and foreign development agencies operating in the country. A nationally significant move in this direction was the inclusion of these solutions into the **Updated Nationally Determined Contribution (NDC) of the Republic of Moldova in 2020** (Government of the Republic of Moldova, 2020). In this national policy document, NbS were incorporated into adaptation planning and policy development of the country as a cross-sectorial climate change adaptation priority. Specific attention was given to biodiversity conservation, ecosystem services management, and disaster risk reduction potential of the solutions. To support the above-mentioned priority and potential, NbS would need to be integrated into new business models, which would then be able to respond to climate resilience needs of Moldova. As examples of solutions to be considered, the NDC listed re- and afforestation, ecosystem-based approach in adaptation of forests to climate change, sustainable management of forest ecosystems with their

services, agroforestry and silvo-pastoral practices, organic matter restoration in degraded pastures, and other (WWF, 2024).

One can also find reference to NbS in another strategic policy document, which is of national importance and which is specifically about climate change adaptation. This is the **National Climate Change Adaptation Programme (NAP) of the Republic of Moldova until 2030** together with its **Action Plan**, which were approved by the Moldovan Government in August 2023 (UNDP, 2023). Unfortunately, NbS in the NAP have a discouragingly insignificant role. They are mentioned only as part of a recommended research on the ability of native forest species to adapt to climate change (Government of the Republic of Moldova, 2023). No real practical action on implementing the solutions as a climate change adaptation measure in the country is defined in the NAP.

There is one more relatively recent national regulatory document, where NbS can be found. This is the **Law on Climate Action (74.2024)**, the bill of which was elaborated within the project EU4Climate in Moldova and adopted by the Government of the Republic of Moldova in March 2024 (Ministerul Mediului al Republicii Moldova, 2024). While the Law in general appears to be a promising and highly needed pioneer in Moldovan legislation focused exclusively on climate change mitigation and adaptation, not all of its articles and regulations are concrete and detailed enough to stimulate and/or enforce any straight-out and meaningful climate action. For instance, the Law includes NbS and ecosystem-based climate adaptation measures only as suggestions to be considered during the elaboration of policy documents concerning climate change adaptation (Parlamentul Republicii Moldova, 2024). Again, no examples of NbS to be implemented and no concrete regulation on how to proceed with the implementation of such solutions are stated in the newly adopted Law.

Still, mentioning of NbS in all the strategic documents and legislative acts highlighted above has paved a way for the solutions to be considered in several climate-change-related projects that are planned to be implemented in Moldova in the coming years. One prominent example is the project entitled “Climate Change Adaptation: Nature-based Solutions in Semi-Arid Ecosystems to Increase Rural Resilience in Moldova”, the concept note of which was submitted to the Green Climate Fund (GCF) by the Austrian Development Agency (ADA) in 2023. As a next step in this direction, ADA intends to prepare and submit the full proposal to the GCF with the request to provide the necessary funding for the above-mentioned project. If successful, the Climate Change Adaptation project will be implemented in the country during the next 5 – 7 years (Green Climate Fund, 2023).

Unfortunately, besides the above-mentioned suggestions, recommendations, intentions, and promises to introduce NbS in Moldova, as well as some attempts to combine green and grey infrastructure to solve specific challenges, it seems that no real and concrete action for implementing such solutions has been done in the country so far. It means that while national suggestions and intentions regarding NbS generally look needed, appropriate, and viable, especially in the NDC and project concept notes, Moldova is likely not to realize the potential of these solutions by the next reporting-and-updating deadline for national climate action plans.

What are the challenges and obstacles on the path of making NbS an important part of the climate policy-making and sustainable urban development of Moldova? And what are the opportunities for promoting and implementing such solutions? These are the questions that we will attempt to answer through the NbS readiness assessment, for which we will use an analytical tool called the Nature-based Innovation Systems framework.

NATURE-BASED SOLUTIONS READINESS ASSESSMENT FOR MOLDOVA

To have a comprehensive and systemic view on the NbS readiness of Moldova, including the challenges, obstacles, and opportunities of adopting and implementing such solutions in the

country, we will use the **Nature-based Innovation Systems (NbIS) framework** (Jagt et al., 2020). This framework was proposed within the project "NATURVATION: NATure-based URban innoVATION" funded by the European Commission and implemented in 2017 – 2022. The project represented a comprehensive multidisciplinary study, in which fourteen research institutions explored existing NbS in around one hundred cities across Europe and beyond. The institutions also assessed advantages and driving forces of such solutions and analysed the potential of NbS for responding to urban sustainability challenges (NATURVATION, 2022a).

The NbIS framework from the NATURVATION project defines **eight driving forces behind the emergence of NbS** (Jagt et al., 2020; Mccormick and Kiss, 2019). These innovation drivers are:

1. **Agency**. It means the capacity of individuals and organisations to influence the enabling of NbS though their decisions and actions.
2. **Discourse and vision**. These can be understood as collective worldviews and societal norms that can build up the social momentum for change towards NbS.
3. **Legislation and policies**. Here we include available strategic plans, legislative acts, regulations, and other policy foundation, which can be used to mobilize financial resources, public engagement, and collective action and direct all of these towards adoption of NbS.
4. **Governance structures**. This is about state actors with sufficient level of responsibilities and power to influence institutional capabilities and innovation pathways for NbS.
5. **Collaborative arrangements**. This driving force features professional networks and partnerships among different stakeholders, as well as public participation, which support sustainability transitions, including the implementation of NbS.
6. **Learning**. It incorporates all education and professional training backed by research and experimentation, which can improve understanding of NbS, their benefits, and implementation pathways among relevant stakeholders.
7. **Resources**. They include all informational, technological, financial, and other resources and instruments, which can be brought in to enable NbS innovation and to stimulate their adoption.
8. **Place-based factors**. This driving force means various environmental, societal, and economic conditions and processes that can either support the implementation of NbS or hinder it.



Figure 2. Nature-based Innovation Systems framework.
Source: Mccormick and Kiss, 2019.

We will now briefly assess both challenges and opportunities of introducing and implementing NbS in Moldova according to each of the driving forces of the NbIS framework listed above.

Agency

The capacity of civil society organisations (CSOs) in Moldova to demonstrate proactivity and leadership in the development and uptake of NbS is present. Unfortunately, this capacity takes on an episodic and individualistic character. Moldovan CSOs have demonstrated to be quite influential in campaigning on environmental matters, especially when the organisations are backed by international donors and foreign development agencies present in the country. However, at the same time, the above-mentioned capacity of CSOs is limited by insufficient knowledge and understanding of the NbS concept and by high dependence on financial support from donors and hence the agenda of the latter.

Nevertheless, there is promising potential in environmental CSOs in Moldova to promote and mainstream NbS as effective and cost-efficient measures for building climate resilience of the country. However, in order to represent a noticeable and influential force to be considered seriously by decision-and-policy-makers, these organisations should begin synchronizing their climate-and-nature-focused measures and actions. The CSOs may even attempt to come together and form certain alliances, which would represent a much louder voice advocating for consideration of nature with its ecosystems and their services in urban development planning and policy-making. Still, before that to happen, staff of the organisations needs to learn more about NbS, variations and benefits of these solutions, ways to innovate and implement such interventions, and approaches to demonstrate the value of NbS to relevant and influential stakeholders.

Discourse and Vision

While certain local environmental organisations and foreign development agencies active in Moldova have their own visions regarding sustainable future of the country, which could potentially welcome the inclusion of NbS, there seems to be no similar collective visions and worldviews at the level of the Moldovan society. In other words, Moldovan citizens, being preoccupied primarily by political and socio-economic conditions of their country, do not have and therefore do not share a common vision of Moldova as a place, where sustainable development, NbS, and ecosystem-based approaches are prioritized.

As an opportunity and a way forward in this direction, the previously mentioned alliances of environmental organisations would be able to foster collective visions and worldviews regarding the sustainable and climate-resilient development of Moldova achieved with the help of NbS and ecosystem-based adaptation measures. Such visions would have the potential to inspire local views of communities in the directions supporting NbS adoption, such as “*green and climate-resilient city*”, “*place for co-existence of both people and nature*”, and so on. However, these visions and views need to be truly common and unifying across organisations and communities for the whole idea to have any chance of succeeding and becoming a social momentum for change.

Legislation and Policies

As it has been shown earlier, there are now strategic action plans, regulatory documents, and legislative acts in Moldova, which explicitly mention NbS as a measure for climate change mitigation and adaptation. These are the updated NDC, the NAP together with its Action Plan, and the Law on Climate Action. Even though the inclusion of NbS in these normative, legislative, and policy documents is very limited and general, this inclusion has already prompted consideration of such solutions in several environmental projects, as it has also been demonstrated above. This trend is a good and promising start for enabling NbS in the country and therefore it should be

continued. Namely, such type of solutions should be offered a meaningful place and role in further strategic plans, legislative acts, policies, and regulations in a wide number of areas: from nature conservation and addressing climate change with its effects to urban planning, infrastructure management, and sustainable socio-economic development.

At the same time, the description of both NbS and the means of implementing these solutions in current and future regulatory documents should be made far more detailed and specific than it is now. The inclusion of NbS in policies and strategic documents should also offer sufficient degree of manoeuvring for those responsible for development planning and implementation to choose the types of solutions most feasible and relevant for each development case, as well as the means of bringing the chosen solutions from idea to reality. And for all this to happen, decision-and-policy-makers, just like environmental organisations mentioned above, require proper training and capacity building on the environmental and socio-economic benefits, cost-efficiency, and general value of NbS. Or, at least, these actors should have access to professional advisory and consultative support on NbS at their disposal via CSOs, academia, development agencies, and/or international donors.

Governance Structures

There are relevant governmental structures and state actors in place to stimulate and support the adoption and implementation of NbS in Moldova. These include the Ministry of Environment, the Ministry of Infrastructure and Regional Development, the Ministry of Agriculture and Food Security, the Ministry of Education and Research, the National Office for Implementation of Environmental Projects, and city halls, among others. However, in practically all these public institutions there is insufficient knowledge and understanding of NbS, the variety of valuable benefits that they bring, and the ways in which these solutions can be implemented. Furthermore, all governance structures in Moldova experience severe insufficiency of qualified personnel, who could learn about NbS and then support the uptake of the latter in policies, legislative acts, and concrete projects related to nature conservation, climate change mitigation and adaptation, and sustainable development.

In light of the above, while governmental structures and state actors can certainly influence the integration of NbS into strategic planning, policy-making, and infrastructure development practice, their capacity to do so needs to be enriched and strengthened with knowledge about NbS and skills to work with such type of solutions. State institutions should also have access to specialists (researchers, educators, practitioners, etc.) in the fields of climate change mitigation and adaptation, ecosystem-based measures and approaches to climate change, and NbS. The supply of these informational and human capacities can be found to a certain degree in local environmental organisations. Additionally, foreign development agencies, donors, and international organisations can bring relevant experts into the country and finance their professional work on NbS here. Hence, the way forward for governance structures to accept and support NbS in their planning and decision-and-policy-making is for CSOs, development agencies, donors, and international organisations to offer informational, consultative, and financial assistance to state institutions with regard to NbS implementation. At the same time, public authorities should be receptive to such supportive interventions and even to encourage these through the creation of opportunities for collaboration among local communities, CSOs, development agencies, donors, international organisations, and, of course, themselves.

Collaborative Arrangements

Neither professional networks, which could stimulate the implementation of NbS in Moldova, nor public participation in this direction have been observed in the country. Environment-and-climate-related matters are commonly tackled by environmental organisations and relevant state authorities with the support of international donors on a project-based level.

Certainly, there are informal communities focused on environment-and-sustainability-relevant topics. These could potentially be leveraged for raising awareness about NbS and for gaining public support for implementing the solutions. However, for now, the above-mentioned communities are used mostly for sharing events and reporting on project updates and achievements by CSOs.

Besides state actors, environmental organisations, foreign development agencies, and international donors, public should also have its place and role in collaborative planning and action on NbS. Specifically, civic participation should not be limited only to approaches like informing people about development projects initiated by public authorities or asking citizens to vote for an infrastructure development initiative they prefer to have. Instead, collaboration with civil society should go beyond these basic yet still necessary things. Ideally, citizens should have opportunities to take part in actual decision-making processes regarding infrastructure development initiatives in their cities and regions. Participatory workshops and online forums, which representatives of local communities could attend and where they could express their opinions can be part of such opportunities. Furthermore, for NbS to be part of the development options for discussion, planning, and validation with the public, the opportunities should be coupled with educational and awareness-raising activities on the benefits and value of NbS for diverse types of stakeholders: residents, property owners, small business owners, and others.

Learning.

There is a number of educational initiatives and capacity development programmes that environmental organisations in Moldova backed by funding from international donors offer to target beneficiaries of these organisations, who range from pupils in schools and university students to local communities and other CSOs. Even though these courses, trainings, workshops, etc. present mostly technical and technological solutions to environment-and-climate-related challenges in the country, the educational initiatives have the capacity and potential to include NbS as well. To some degree, ecosystem services and nature-oriented approaches can already be found in capacity development programmes of several environmental organisations in Moldova, such as EcoVisio, Eco-Tiras, MEGA Generation, and other. Talking about formal education on environmental and sustainability topics in public schools and universities, it is rather limited in its scale and scope. Often such education does not include the updated information and specific topics that one can find in capacity development programmes done by the CSO sector. Hence, integrating NbS into school and university curricula on environmental subjects promises to be a longer and more challenging process than in the case of non-formal environmental education. And academic research on NbS is even farther behind, since there seem to be no research project, which focuses specifically on such type of solutions, done in Moldova so far.

From all the suggestions and recommendations presented above, it is now evident that raising awareness about NbS followed by education and capacity building on this topic are essential for the solutions to take their roots into legislation, policy-making, strategic planning, and infrastructure development in Moldova. These activities can be capitalized on existing educational projects and capacity building programmes, which local CSOs have already initiated and have even been running for quite some time. Furthermore, NbS-like initiatives, which several environmental organisations have already been running, can serve as informative and inspiring demonstration projects and good case practices within education and training on such solutions. Still, information, knowledge, and practical examples on NbS from cities and countries, where these solutions are already in place, are also necessary for valuable and effective education and capacity building. Therefore, international collaboration in these activities, technology transfer, and joint scientific and educational projects should be pursued by state authorities, academia, CSOs, and development agencies in Moldova.

Resources

Judging by the above, we can say that informational and knowledge resources on NbS and on topics relevant for implementation of these solutions in the country are currently limited. Nevertheless, one is able to acquire such resources relatively easily from European and international organisations, donors, and development agencies that have already begun promoting NbS and ecosystem-based approaches as effective and cost-efficient measures for climate change mitigation, adaptation, and disaster resilience building in Moldova. International agencies have also started including the concept of ecosystem services and NbS in their advisory and consultative support, which is offered to local governmental entities and other beneficiaries of these agencies.

Furthermore, European and international donors bring one more resource, which is crucial for enabling NbS, into the country. This is external financial support in the form of grant programmes and preferential loans for economic, social, and environmental development of Moldova. In recent years, the thematic directions of this financial assistance have been actively shifting towards the green economy transition, sustainable development, and climate change mitigation and adaptation. This trend offers promising opportunity for incorporating NbS into green-and-sustainable activities and measures, which could be financed by the above-mentioned grants and loans.

At the same time, international organisations and foreign development agencies can furnish technical support to the experimentation with NbS and the implementation of these solutions via the advisory and consultative assistance. This is due to the fact that the agencies are able to tap into the experiences in NbS application and green infrastructure development of their countries and/or to bring in consultants from these countries, who would then be able to provide professional technical support in the area of climate change mitigation, adaptation, and climate resilience building via NbS.

Nevertheless, public authorities and CSOs in Moldova should not wait for all the above-mentioned support to be offered to them. Instead, they should be proactive in exploring opportunities for international technical and financial assistance on NbS and ecosystem-based climate adaptation measures themselves. However, for this to happen, local actors need to be aware of the economic, social, and environmental benefits and value of NbS, as well as the potential of the solutions to address the climate change issue. This requires awareness-raising, educational, and capacity-building activities on NbS to take place in the country, as it has already been pointed out earlier.

Place-based Factors

Overall, urban residents in Moldova perceive green spaces, such as parks and urban forests, as mostly artificially created and maintained places, which have a sole purpose of providing recreational and sport amenities. There is insufficient knowledge and understanding among the public of the multitude of other social, economic, and environmental benefits that the properly designed and implemented green infrastructure has to offer. Therefore, once again, awareness-raising and educational activities are needed. These activities should cover civil society as one of their key beneficiaries.

At the same time, while urbanisation and intensified development of private residential areas in Moldovan cities pose a threat to natural ecosystems in urban areas, these trends also represent opportunities for integrating NbS into new projects of residential complexes. With proper regulation and legislation supporting NbS in place, solutions such as green roofs and walls, green corridors, rain gardens, constructed wetlands, and other could become one of the essential elements to be considered in all urban designs and development projects. Furthermore, just like financial institutions in the country currently support renewable energy and energy efficiency initiatives

with their ‘green’ loans, in the same manner they could offer similar investments for the development and installation of NbS on private and business premises.

CONCLUSION

Nature-based Solutions are considered to be one of the most efficient and cost-effective ways to approach climate change mitigation and adaptation and to build climate resilience. These solutions also offer a plethora of complementary environmental, economic, and social benefits, which traditional grey infrastructure is typically unable to provide. For these reasons, it is worth exploring NbS and experimenting with such solutions to enhance adaptation and resilience of a country against the intensifying climate change and natural disasters provoked by this global phenomenon.

In this article, we have presented the NbS readiness assessment and the analytical tool to conduct this assessment – the Nature-based Innovation Systems framework. Then we have demonstrated the application of the assessment through the NbIS framework on the example of the Republic of Moldova and its attempts to strengthen its climate resilience.

The assessment has shown that Moldova had already made several small yet important steps towards welcoming NbS into its environment-and-climate-focused national strategies, action plans, policies, and regulations. This prompted NbS and ecosystem-based climate adaptation measures to be included into concept notes and proposals for future environment-and-climate-themed projects to be implemented in Moldova. Besides that, there were already cases of developing and setting up green infrastructure installations similar to NbS in several regions and locations of the country.

Nevertheless, there is still a long way to go before NbS become fully understood, duly appreciated, socially accepted, and strategically implemented in Moldova. For this to start happening, the national strategies, policies, and regulations should have a much more thorough and concrete description of NbS and of the ways to implement these solutions. This action should be coupled with raising awareness about NbS and the benefits they bring to economy, society, and nature, as well as with education and capacity building on this topic for all relevant economic agents: governmental authorities, non-governmental organisations, private businesses, and civil society. Collaboration among these stakeholders is also important for mobilizing resources and efforts and then directing these towards experimentation with NbS and further implementation of such solutions. Finally yet importantly, continued technical, consultative, and/or financial support from international organisations, donors, and foreign development agencies is essential for stimulating and maintaining progress in enabling and scaling up these solutions in Moldova.

Still, one should also consider that NbS are not a silver bullet able to deal with the climate change issue and its effects only by themselves. In a number of cases, when climate-change-induced natural disasters become too frequent and/or severe, green infrastructure may need to be combined with the grey one to increase protection of people and properties against these devastating events. Furthermore, adaptation to climate change should be coupled with active mitigation measures, namely reduction of greenhouse gas emissions in the energy, industrial, transportation, and other sectors of Moldovan economy.

In sum, the NbS readiness assessment for Moldova has indicated that there is now a window of opportunity for NbS to make place in strategies, policies, and actions of the country, which focus on the contribution of the latter to mitigating climate change, on strengthening the adaptation potential of Moldova to climate effects, and on building the country’s climate resilience. Therefore, in order not to lose momentum, decision-and-policy makers together with all other relevant stakeholders should begin learning about NbS and making these solutions an important part of the national climate-resilience-building efforts. For, as experience of countries working

with NbS shows, it is much more beneficial, effective, and cost-efficient to work together with nature rather than against it, especially when it comes to climate change and natural disasters.

REFERENCES

1. Agora (2018). *Opt ani de la cele mai mari inundații din istoria Republicii Moldova*. Retrieved from https://agora.md/stiri/47391/opt-ani-de-la-cele-mai-mari-inundatii-din-istoria-republicii-moldova
2. Bostan, T. (2023). *“Zone Umede Construite” 2008-2011: Experiențele ApaSan în comunitățile rurale din Moldova* [Presentation]. EU4Environment Regional Workshop on NbS, 6 July 2023. Retrieved from https://eu4waterdata.eu/images/pdf/library/REG_NBS_Workshop_10_Tudor_Bostan_07062023.pdf
3. Climate Change Knowledge Portal (2021). *Moldova: Historical Natural Hazards*. The World Bank Group. Retrieved from https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/moldova/vulnerability
4. European Commission (2023). *Research and Innovation: Nature-based Solutions*. Retrieved from https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en
5. Government of the Republic of Moldova (2020). *Updated Nationally Determined Contribution of the Republic of Moldova*. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/MD_Updated_NDC_final_version_EN.pdf
6. Government of the Republic of Moldova (2023). *The National Climate Change Adaptation Programme until 2030*. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NAP_Moldova_2024.pdf
7. Green Climate Fund (2023). *Concept Note: Climate Change Adaptation: Nature-based Solutions in Semi-Arid Ecosystems to Increase Rural Resilience in Moldova*. Retrieved from https://www.greenclimate.fund/document/climate-change-adaptation-nature-based-solutions-semi-arid-ecosystems-increase-rural
8. Iscenco, A. (2022). *Socio-economic Value of Nature-based Solutions and Their Ecosystem Services in Ukraine. Report within the project INSURE: movIng Nature baSed climate solutions into Ukraine’s Reform agEnda* (Report). Kyiv, Ukraine: WWF-Ukraine. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32020.68483
9. Jagt, A.P.N. van der, Raven, R., Dorst, H., Runhaar, H. (2020). Nature-based Innovation Systems. *Environmental Innovation and Societal Transitions, 35*, 202 – 216. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.09.005
10. IUCN (2020). *Global Standard for Nature-based Solutions. A User-friendly Framework for the Verification, Design and Scaling up of NbS. First Edition*. Gland, Switzerland: IUCN. Retrieved from https://portals.iucn.org/library/node/49070
11. IUCN Members Assembly (2016). Resolution 69 on Defining Nature-based Solutions (WCC-2016-Res-069). *IUCN Resolutions, Recommendations and Other Decisions 6–10 September 2016*. World Conservation Congress Honolulu, Hawai‘i, USA. Retrieved from https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf
12. Marsters, L., Collins, N., Wanjohi-Opil, H.N., and Anderson, J. (2025). *In Sub-Saharan Africa, Nature-Based Solutions Take Root*. World Resources Institute. Retrieved from https://www.wri.org/insights/nature-based-climate-solutions-sub-saharan-africa
13. Mccormick, K. (Ed.) (2020). *Cities, Nature and Innovation: New Directions*. Lund University. Retrieved from https://lup.lub.lu.se/search/files/75255308/Urban_Nature_Compendium.pdf

14. Mccormick, K., and Kiss, B. (2019). *Taking Action for Urban Nature: Innovation Pathways Directory*. Lund University. Retrieved from https://portal.research.lu.se/en/publications/taking-action-for-urban-nature-innovation-pathways-directory
15. Ministerul Mediului al Republicii Moldova (2024). *Guvernul a aprobat proiectul de lege privind acțiunile climatice*. Retrieved from https://www.mediu.gov.md/ro/content/4729
16. National Geographic Society (2024). *Urban Heat Island*. Retrieved from https://education.nationalgeographic.org/resource/urban-heat-island
17. NATURVATION (2022a). *About: The NATURVATION project*. Retrieved from https://naturvation.eu/about.html
18. NATURVATION (2022b). *Results of Exploring Nature-based Solutions*. Retrieved from https://naturvation-navigator.com/levels/bronze/explore
19. Parlamentul Republicii Moldova (2024). *Proiecte de acte legislative: Proiectul de lege privind acțiunile climatice*. Retrieved from https://www.parlament.md/ProcesulLegislativ/Proiectedeactenormative/tabid/61/LegislativId/6899/language/ro-RO/Default.aspx
20. Serviciul Hidrometeorologic de Stat (2024). *Buletin agrometeorologic 2024*. Retrieved from http://www.meteo.md/index.php/meteo/caracterizari-ale-vremii/luna-precedent
21. UNDP (2023). *Moldova has a National Climate Change Adaptation Programme, developed with the support of UNDP*. Retrieved from https://www.undp.org/moldova/press-releases/moldova-has-national-climate-change-adaptation-programme-developed-support-undp
22. World Bank (2021). *A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience*. Washington, D.C. World Bank Group. Retrieved from https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36507
23. WWF (2024). *NDCsWeWant Checklist: Moldova Analysis*. Retrieved from https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/ndcs_we_want_checklist___moldova.pdf

EVALUATING CARBON TAX INTEGRATION IN UZBEKISTAN’S SUSTAINABILITY STRATEGY USING A CGE MODELING APPROACH

Shamsiyev Fazliddin Erkin ugli
Institute of Budget and Tax Research

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda O‘zbekistonda CO_2 emissiyalarini 10 foizga qisqartirishning iqtisodiy va tarmoqlararo ta’sirini baholash uchun GAMSda tatbiq etilgan statik CGE modeli qo‘llanilgan. Mamlakatning 2018-yilgi “Input-Output” jadvali asosida o‘tkazilgan simulyatsiya shuni ko‘rsatadiki, mo‘tadil emissiya-qisqartirish siyosati umumiy makroiqtisodiy o‘zgaruvchilarda, xususan, YaIM va iste’molda kichik pasayishga olib keladi. Eng sezilarli qisqarish kommunal xizmatlar sohasida kuzatildi, bu esa o‘z navbatida kommunal xizmatlar importining oshishiga sabab bo‘ldi. Aksincha, qishloq xo‘jaligi va transport sohalarida biroz o‘sish kuzatildi. Xulosalar shuni ko‘rsatadiki, uglerod solig‘i kabi emissiyani qisqartirish siyosatini O‘zbekiston uchun kichik iqtisodiy yo‘qotishlar bilan amalga oshirish mumkin, bu esa uni bosqichma-bosqich joriy etishni qo‘llab-quvvatlaydi.

Kalit so‘zlar: uglerod solig‘i, CGE modeli (hisoblanadigan umumiy muvozanat modeli), CO_2 chiqindilarini kamaytirish, iqtisodiy ta’sir, kommunal xizmatlar sektori, Umumiy algebraik modellashtirish tizimi (GAMS), barqaror rivojlanish strategiyasi.

Annotation. This study utilized a static Computable General Equilibrium (CGE) model implemented in GAMS to evaluate the economic and sectoral impacts of a 10% reduction in CO_2 emissions in Uzbekistan. The simulation, based on the country's 2018 Input-Output table, indicates that a moderate emission-reduction policy leads to a slight decline in overall macroeconomic variables, specifically GDP and total consumption. The most significant contraction was observed in the Utility sector, which consequently caused an increase in utility imports. Conversely, slight growth was observed in the Agriculture and Transport sectors. The conclusions suggest that an emission-reduction policy, such as a carbon tax, can be implemented in Uzbekistan with minimal economic losses, thereby supporting a gradual, phased introduction.

Keywords: Carbon tax, CGE Model, CO_2 emissions reduction, Economic impact, Utility Sector, General Algebraic Modeling System (GAMS), Sustainability strategy.

Аннотация. В данном исследовании использовалась статическая модель общего равновесия (CGE), реализованная в GAMS, для оценки экономических и отраслевых последствий сокращения выбросов CO_2 в Узбекистане на 10%. Моделирование, основанное на таблице «Затраты-Выпуск» страны за 2018 год, показывает, что умеренная политика сокращения выбросов приводит к небольшому снижению общих макроэкономических показателей, в частности ВВП и общего потребления. Наиболее значительное сокращение наблюдалось в секторе коммунальных услуг, что, как следствие, привело к увеличению импорта коммунальных услуг. Напротив, был отмечен небольшой рост в секторах сельского хозяйства и транспорта. Выводы позволяют предположить, что политика сокращения выбросов, такая как налог на выбросы углерода, может быть реализована в Узбекистане с незначительными экономическими потерями, что поддерживает ее постепенное, поэтапное внедрение.

Ключевые слова: углеродный налог, CGE-модель (модель вычислимого общего равновесия), сокращение выбросов CO_2, экономическое воздействие, сектор коммунальных услуг, Общая алгебраическая система моделирования (GAMS), стратегия устойчивого развития.

INTRODUCTION.

Climate change has become one of the most pressing challenges of the 21st century, with wide-ranging impacts on ecosystems, public health, and economic stability. Governments around the world are increasingly recognizing the need to adopt sustainable development strategies and reduce greenhouse gas (GHG) emissions, particularly carbon dioxide (CO_2), which is the dominant contributor to global warming. One of the most effective approaches to achieving these goals is through the use of economic instruments such as carbon pricing, which includes emissions trading schemes and carbon taxes.

Among these, the carbon tax is widely considered a straightforward and cost-effective tool for internalizing the environmental costs of carbon emissions. It provides economic incentives for polluters to reduce emissions, adopt cleaner technologies, and shift toward more sustainable production and consumption patterns. While many developed countries have already adopted carbon taxes with varying degrees of success, the implementation of such tools in developing and transition economies remains limited and under-researched.

Recognizing the growing environmental and economic threats, Uzbekistan has taken policy steps to transition toward a low-carbon economy. As part of its updated commitments under the Paris Agreement, Uzbekistan pledged to reduce GHG emissions per unit of GDP by 50% by 2035 compared to 2010 levels—an ambitious target that surpasses its earlier 10% reduction goal under the first Nationally Determined Contribution.

In support of this commitment, the “Strategy on the Transition to a Green Economy for 2019–2030” outlines key objectives, including generating 25% of electricity from renewable

sources by 2030 (PQ-4477, 2019). The government has also issued several Presidential Decrees to strengthen its policy infrastructure. Decree PQ-4422 (2019) provides financial incentives for households to install renewable energy systems, while Decree PF-5863 (2019) targets emissions reductions across critical sectors such as energy, transportation, heating, and construction. Measures include adopting energy-efficient technologies, promoting electric and gas vehicles, and setting emission standards for the power sector.

Despite increased global interest in carbon pricing, empirical evidence from developing and transition economies—especially in Central Asia—remains limited, and Uzbekistan still lacks a comprehensive carbon taxation framework. This study addresses this gap by providing one of the first CGE-based assessments of carbon taxation for Uzbekistan. Using a computable general equilibrium (CGE) model, the thesis evaluates the potential effects of introducing a carbon tax on key macroeconomic outcomes, including GDP, production, trade, and household welfare.

The paper is structured into five chapters. **Introduction part** outlines the research background and significance, emphasizing Uzbekistan’s climate vulnerabilities and national policy actions such as the NDCs and the Green Economy Strategy. **Chapter “Literature review”** highlights literature on carbon pricing and CGE modeling. **Chapter “Methodology”** describes methodological approach, presenting the GAMS-based static CGE model used to simulate a 10% CO_2 reduction, along with its data, structure, closure, and calibration. **Chapter “Results”** reports the simulation results, analyzing macroeconomic and sectoral outcomes for GDP, trade, production, and trade. Last **chapter** concludes the paper discussing the results in the context of Uzbekistan’s environmental and economic conditions and provides corresponding policy recommendations.

LITERATURE REVIEW

The energy sector continues to stand out as the primary source of global carbon dioxide (CO_2) emissions. According to Ritchie et al. (2022), the energy sector is responsible for approximately 73% of global CO_2 emissions, with electricity and heat generation alone accounting for a substantial share. Within this sector, fossil fuel combustion is widely recognized as the most polluting activity, producing vast quantities of CO_2 and other greenhouse gases. This assertion is supported by Turmunkh (2021), who underscores the central role of fossil fuels—especially coal, oil, and natural gas—in driving environmental degradation and climate change.

In the case of Uzbekistan, these global patterns are particularly relevant. The country’s energy system is heavily dependent on fossil fuels, especially natural gas, which is the dominant source of power generation. According to recent findings by Turakulov et al. (2024), Uzbekistan’s annual CO_2 emissions are largely attributable to the combustion of natural gas (81.7%), followed by coal (9%) and oil products (3.9%). These figures illustrate that Uzbekistan mirrors global trends in emission distribution, further reinforcing the urgency of reforming the energy sector and implementing economic tools to promote a low-carbon transition.

Compared to more complex mechanisms like emissions trading systems (ETS), carbon taxes offer a simpler, more predictable, and often more politically feasible path toward internalizing the external costs of carbon emissions (Corradini et al., 2018; Shi et al., 2019). Alkaabneh et al. (2021) further emphasize that carbon taxes not only reduce emissions but also enhance the overall quality of the environment and generate fiscal space for lowering other distortionary taxes. This dual benefit—environmental and economic—makes carbon taxation particularly appealing in countries that are looking to align their climate commitments with broader macroeconomic goals.

Bohringer and Müller (2014) provide empirical support for this view, demonstrating that if the revenue generated from a carbon tax is used to reduce taxes on labor or business income, it can yield a “double dividend.” In their simulation, such tax reform not only helps mitigate emissions but also leads to economic growth and short-term job creation. Vijay et al. (2020) build on this by

showing that carbon tax revenues can be used to protect vulnerable households, reduce income inequality, and promote inclusive green growth. Additionally, Jing et al. (2022) highlight that a hybrid policy approach combining carbon taxes with emissions trading schemes results in greater economic and environmental benefits compared to standalone instruments.

In Central Asia, Turmunkh (2021) extended the CGE modeling approach to analyze Kazakhstan's CO_2 reduction potential under different policy scenarios. His model evaluated three scenarios: Business-as-Usual (BAU), Current Measures (CM), and Enhanced Measures (CM2), which included policies such as doubling renewable energy generation by 2035 and introducing a carbon tax. The results suggested that carbon and energy tax reforms could significantly reduce emissions from energy consumption.

One of the earliest modeling efforts related to Uzbekistan is Muradova (2008), who developed a small open-economy CGE model to simulate the effects of general tax reforms. Although her work demonstrates the feasibility of CGE applications for Uzbekistan, it does not address carbon taxes or environmental sustainability. Similarly, Chepel (2021) used an input–output framework to estimate carbon footprints of Uzbek industries and propose emission-based taxation, yet did not incorporate a CGE approach.

Uzbekistan was also included in a regional CGE analysis by Davydova (2024), who applied the GTAP-E model to simulate carbon pricing scenarios across BRICS and EAEU countries. In her analysis, Uzbekistan (grouped with Turkmenistan) experienced a higher GDP loss under an international emissions trading scheme compared to a domestic carbon tax. Although Uzbekistan was modeled, the focus of the study was comparative and regional, and did not examine the country as an individual case.

Most existing studies either address general fiscal issues, rely on other quantitative methods, or embed Uzbekistan within broader regional simulations. This clear gap in the literature underscores the importance and originality of the present study, which uses CGE-based modeling tools to analyze the effects of a carbon tax and emission reduction policy specifically in Uzbekistan.

METHODOLOGY

This study uses a quantitative research methodology, utilizing a Computable General Equilibrium (CGE) model. The CGE model is a robust tool for analyzing the macroeconomic effects of policy changes across various sectors, making it particularly suitable for evaluating the economic and environmental implications of a carbon emission reduction policy.

The analysis is based on Uzbekistan's 2018 Input-Output (IO) table, which serves as a detailed representation of inter-industry relationships within the economy. This primary dataset is enriched with official released data on government revenue shares and sector-specific CO_2 emissions. The inclusion of emission data from key high-emission industries such as energy, manufacturing, and agriculture allows for a targeted analysis of their environmental impact and responsiveness to carbon tax policies.

The CGE model has different types of sub-models, so we use MPSGE modeling. In an MPSGE model, producers aim to maximize their profits within the limits of available technology, while consumers seek to maximize their welfare within their budget constraints. Prices adjust to ensure that markets for goods and factors reach equilibrium, typically meaning supply equal to demand in every market. (Rutherford, 2004)

MPSGE leverages the matrix language of GAMS for data preparation, allowing users to efficiently handle input parameters and datasets. One of the key features of MPSGE is its ability to offer a concise, non-algebraic representation of core economic relationships within a model. This structured approach simplifies the formulation process and reduces the likelihood of errors compared to traditional algebraic modeling techniques.

A significant advantage of MPSGE lies in its compact model structure, which ensures that key equations are systematically categorized. The model consists of three main types of equations.

Market clearance conditions.

In equilibrium, the quantity supplied of a commodity must be sufficient to meet or surpass the excess demand generated by consumers at prevailing prices and activity levels.

$$\sum_j y_j \frac{\partial \Pi_j(p)}{\partial p_i} + \sum_h \omega_{ih} \geq \sum_h d_{ih}(p, M_h)$$

Here, p = a non-negative n-dimensional vector of commodity prices, covering final goods, intermediate goods, and primary production factors, M = an h-dimensional vector of income levels, assigned to each household in the model, including government entities, y = a non-negative m-vector indicating activity levels for production sectors operating under constant returns to scale.

The first sum, based on Shephard's lemma, shows the net supply of good i from production sectors with constant returns to scale. The second sum represents the total initial endowment of good i owned by households. Meanwhile, the sum on the right side indicates the total final demand for good i by households, which depends on market prices p and household income levels M.

Income balance

At equilibrium, each agent's income must be equal to the value of their factor endowments.

$$M_h = \sum_i p_i \omega_{ih}$$

We use utility functions that ensure non-satiation, meaning Walras' law will always apply.

$$\sum_i p_i d_{ih} = M_h = \sum_i p_i \omega_{ih}$$

Zero-excess profit conditions

To maintain equilibrium, the first constraint ensures that producers do not earn excess profit. This requires that the value of outputs must not be less than the cost of inputs per unit of activity.

$$-\Pi_j(p) = C_j(p) - R_j(p) \geq 0$$

Here, $\Pi_j(p)$ is the unit profit function.

These three main equations above presented from paper of Rutherfold (1999) where detailed explanation of MPSGE model was provided.

The computational aspect of the study is conducted using the General Algebraic Modeling System (GAMS), a specialized software platform designed for modeling and solving complex economic systems. GAMS facilitates precise simulations, enabling the assessment of policy impacts under various scenarios and ensuring the robustness of the analytical outcomes.

The production process takes place in two main stages. In the first stage, labor and capital are brought together to produce what is known as a composite factor, often referred to as value added. The factory decides how much output (composite factor) to produce and how much labor and capital to use, based on their costs and the limitations of the technology available.

$$X_i = \frac{\alpha_i}{p_i^x} \sum_h p_h^f FF_h \qquad F_{h,j} = \frac{\beta_{h,j}}{p_h^f} p_j^z Z_j$$

Here, Xi - consumption of the i-th good for sectors, αi - share parameter in the utility function, $p^x{}_i$ - demand price of the i-th good, FF_h - endowments of the h-th factor for the household, $F_{h,j}$ - the h-th factor used by the j-th firm, $p^f{}_h$ - price of the h-th factor,

$\beta_{h,j}$ - share coefficient in the production function, p^z_j - supply price of the j-th good, Z_j - output of the j-th firm.

Once the composite factor is created, the process moves to the second stage. Here, the composite factor is combined with intermediate goods—materials or inputs used in the production process—to produce the final output, which is the gross domestic product. This stage follows a specific production function that determines how the composite factor and intermediates work together to create the total output of the economy.

We assume that the government levies a direct tax on household income at the tax rate τ^d, an ad valorem production tax (an indirect tax) on gross domestic output at the tax rate τ^z_j and an ad valorem import tariff on imports at the rate τ^m_i. At the same time, we assume that the government spends all tax revenues on their consumption, and that the government consumes each good in fixed proportions in total government expenditure:

$$T^d = \tau^d \sum_h p^f_h FF_h \qquad T^z_j = \tau^z_j p^z_j Z_j \qquad T^m_i = \tau^m_i p^m_i M_i$$

$$X^g_i = \frac{\mu_i}{p^q_i}\left(T^d + \sum_j T^z_j + \sum_j T^m_j\right)$$

Here, T_d - direct tax, T^z_j - production tax on the j-th good, T^m_i - import tariff on the i-th good, τ^d - direct tax rate, τ^z_j - production tax rate on the j-th good, τ^m_i - import tariff rate on the i-th good, M_i - imports of the i-th good, X^g_i - government consumption of the i-th good, p^m_i : price of the i-th imported good, p^q_i - price of the i-th composite good, μ_i - share of the i-th good in government expenditure.

Regarding international trade, we must distinguish between two types of price variables. One is prices in terms of the domestic currency p^e_i and p^m_i ; the other is prices in terms of the foreign currency p^{We}_i and p^{Wm}_i .

$$p^e_i = \varepsilon p^{We}_i \qquad p^m_i = \varepsilon p^{Wm}_i \qquad \sum_i p^{We}_i E_i + S^f = \sum_i p^{Wm}_i M_i$$

Here, p^{We}_i - export price in terms of foreign currency (exogenous), p^e_i - export price in terms of domestic currency, ε - foreign exchange rate (domestic currency/foreign currency), E_i - exports of the i-th good, p^{Wm}_i - import price in terms of foreign currency (exogenous), p^m_i - import price in terms of domestic currency, M_i: imports of the i-th good, S^f - current account deficit in terms of foreign currency.

It is assumed that the economy faces balance of payments constraints, which can be described with export and import prices in foreign currency terms.

In CGE models, we assume substitution between imports and domestic goods, and between exports and domestic goods in a pairwise manner. The assumption about imperfect substitution between imports and domestic goods is called Armington’s (1969) assumption.

The Armington assumption suggests that households and firms do not use imported goods directly but instead consume a mix of imports and domestic goods, called the Armington composite good. This mix is created by “virtual firms” that maximize profits by choosing the optimal combination of imported and domestic goods based on their prices.

The problem of optimization for the firm that produces the i-th Armington composite good can be formulated as follows:

$$Q_i = \gamma_i \left(\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i}\right)^{\frac{1}{\eta_i}}$$

The demand functions for imports and the domestic good are derived from the first-order conditions for optimality in the problem described above.

Here, $M_i = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i}\delta m_i p_i^q}{(1+\tau_i^m)\,p_i^m}\right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i$ $D_i = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i}\delta d_i p_i^q}{p_i^d}\right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i$ Q_i - the i-th Armington composite good, M_i - the i-th imported good, D_i - the i-th domestic good, $\tau^m{}_i$ - import tariff rate on the i-th good, $p^q{}_i$ - price of the i-th Armington composite good, $p^m{}_i$ - price of the i-th imported good in terms of domestic currency, $p^d{}_i$ - price of the i-th domestic good, γ_i: scaling coefficient in the Armington composite good production function, δm_i, δd_i - input share coefficients in the Armington composite good production function ($0 \leqslant \delta mi \leqslant 1$, $0 \leqslant \delta di \leqslant 1$, $\delta mi + \delta di = 1$), η_i: parameter defined by the elasticity of substitution.*(Equation above were taken from Hosoe et.al (2010)Textbook of computable general equilibrium modelling)*

Table 1 represents SAM table created for this analyze. The dataset reflects a balanced equilibrium, indicating that the base year accounts are internally consistent with the social accounting framework. The coefficients in the matrix represent payments from column accounts, such as production sectors, to row accounts. An account achieves balance when the sum of its rows equals the sum of its columns.

We divided the I-O table into five sectors to analyze the impact of a 10 percent reduction in CO2, namely Agriculture, Manufacturing, Utilities, Constraction and Transport.

The SAM includes two primary factors of production: Labor (LAB)- payments to labor across sectors and Capital (CAP)- payments to capital.

The SAM has a row labeled “CO2,” which represents CO2 emissions from each sector. This is critical for evaluating the environmental impact of economic activities and serves as the foundation for our analysis. The emissions data indicates that the Utilities (UTL) sector is the largest emitter, producing 87.1 million of CO2 followed by The Manufacturing (MNF) sector (34.1) and Agriculture (AGR) (31.9).The numerical values in black are extracted directly from this I-O table. The data for Gov-Lab (6422.7) and Gov-Cap (5610.7) represent annual individual tax revenues and corporate income taxes, respectively, and were sourced from the official website of the Ministry of Finance of Uzbekistan. Similarly, tariff data (1826.0) was obtained from the same official source. However, due to the unavailability of sector-specific import tariff data, the total tariffs were allocated across sectors based on their respective shares of total imports.

The data for investment in private consumption (INV-CP), government investment (INV-GOV), and export-related investment (INV-Export) serve as adjustment figures to ensure the balance of SAM table. These adjustments are necessary to reconcile discrepancies and ensure consistency within the SAM framework.

The CO2 emissions data presented in the table was sourced from the external database "Our World in Data," a reputable platform that provides comprehensive and detailed information on CO2 emissions for countries worldwide.

Table 1. SAM table of Uzbekistan based on I-O table 2018

	AGR	MNF	UTL	CONS	TRS	LAB	CAP	TAXI	CP	GOV	INV	EXPORT	IMPORT	TARIFF	OUTPUT
AGR	66897.3	21590.4	69.9	244.1	1891.6				87717.6	617.8	15338.3	7571.5	-5132.0	-54.7	196,752
MNF	11605.9	95413.5	5224.4	19963.3	26830.1				79093.6	221.7	101613.4	72380.5	-141944.0	-1513.8	268,889
UTL	813.2	6363.1	1518.7	309.6	3761.9				3305.4	86.4	6.9	1676.7	-715.8	-7.6	17,118
CONS	68.5	401.3	28.0	625.6	1523.6				0.0	0.0	49291.3	302.3	-1111.3	-11.9	51,117
TRS	2002.4	15076.2	1228.2	4564.5	21528.7				61324.8	60122.8	14454.8	26758.3	-22311.5	-238.0	184,511
LAB	9719.5	23983.0	2855.9	4249.4	54975.0										95,783
CAP	103750.7	91624.2	3995.3	17575.3	69449.2										286,395
TAXI	1246.7	12854.3	2085.9	3321.0	4033.7										23,542
HA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89360.2	280784.1								370,144
GOV	647.4	1582.6	112.3	264.5	517.2	6422.7	5610.7	23541.5							38,699
INV									138703.0	-22350.0		64352.0			180,705
INPUT	196,752	268,889	17,118	51,117	184,511	95,783	286,395	23,542	370,144	38,699	180,705	173,041	(171,215)	(1,826)	
CO2	31.9	34.1	87.1	11.4	15.5										

Note: Here all numbers are given in billion soums. CO2 emission data is in million tonnes.

This dataset offers a granular breakdown of carbon dioxide emissions across various sectors, enabling researchers to analyze environmental impacts at both macro and micro levels. The inclusion of CO2 data in the table facilitates an integrated assessment of economic activities and their associated environmental footprints, particularly in the context of Uzbekistan's inter-sectoral dynamics.

Producers in each sector are assumed to aim for profit maximization, utilizing a specific production process where intermediate goods—both locally produced and imported—are combined with essential factors of production: labor and capital. This combination generates the final output that contributes to the overall economy. The production function applied here is based on the Leontief model, which assumes fixed proportions between inputs. This means that any change in one input requires a proportional change in others to maintain efficient production.

On the household side, individuals aim to maximize their utility by utilizing their income, which is derived from providing labor and capital to production activities. This utility is modeled through a Cobb-Douglas-type utility function, where households allocate their income between different consumption goods to maximize their well-being. The income they earn comes from their participation in the labor market and their investment in capital, which in turn contributes to the production process.

Producers, acting as the driving force in each sector, purchase intermediate goods required for their production processes. These goods are either sourced locally or imported, depending on availability and cost-effectiveness. In addition to the cost of inputs, producers are also responsible for compensating labor and capital providers. This ensures that the labor force and capital owners are rewarded for their contributions to production.

Furthermore, producers are subject to various forms of taxation, which are important components of the economic system. These taxes include direct taxes, production tax (VAT) and import tariffs. These taxes are levied by the government to generate revenue. Producers, therefore, not only contribute to the economy through their production activities but also play a significant role in funding the government through these taxes.

In this study, a policy simulation scenario is designed to assess the economic and environmental impacts of a 10% reduction in CO_2 emissions in Uzbekistan. Based on the most recent statistical data, Uzbekistan’s total CO_2 emissions in 2023 remain higher than the 2010

baseline, indicating that the decoupling of emissions from economic growth has not yet been realized. Therefore, for the purpose of this study, a 10% emission reduction scenario is modeled using the GAMS framework, which allows for a more realistic and policy-relevant assessment of incremental carbon mitigation efforts in the short to medium term.

RESULTS

Table 2 shows simulation results of CO2 emission reduction policy based on our calculations. The results indicate that while GHG emissions decrease from 180.7 to 162.6, various macroeconomic variables, sectoral outputs, and trade indicators experience changes. The key findings are summarized below.

***Table 2*. Simulation results**

Groups	Variables	Base	Alternative	Change (%)
CO2 emission	CO2	180.7	162.6	-10
Macro variables	Consumption	231,440.9	231,017.2	-0.183
	Government consumption	59,785.3	59,792.9	0.013
	Export	108,163.3	107,698.8	-0.429
	Import	174,355.2	173,885.7	-0.269
	GDP	405,739.0	405,328.3	-0.101
	Investment	180,704.7	180,705.0	0.0002
Consumption of sectors	CP.AGR	87,658.8	87,826.4	0.191
	CP.MNF	79,130.0	78,873.1	-0.325
	CP.UTL	3,306.2	2,874.1	-13.071
	CP.TRS	61,345.8	61,443.7	0.16
Output of Sectors	Y.AGR	196,867.4	197,285.0	0.212
	Y.MNF	267,520.2	266,408.2	-0.416
	Y.UTL	17,112.8	15,430.2	-9.833
	Y.CONS	51,094.0	51,057.4	-0.071
	Y.TRS	182,986.8	183,564.1	0.315
Export	EX.AGR	7,557.2	7,646.1	1.177
	EX.MNF	72,110.2	71,753.0	-0.495
	EX.UTL	1,680.8	1,164.7	-30.707
	EX.CONS	302.4	302.1	-0.114
	EX.TRS	26,512.7	26,832.9	1.208
Import	IM.AGR	5,239.5	5,196.5	-0.819
	IM.MNF	144,712.3	144,311.3	-0.277
	IM.UTL	731.3	901.8	23.322
	IM.CONS	1,133.6	1,133.3	-0.029
	IM.TRS	22,538.5	22,342.8	-0.869

MACROECONOMIC VARIABLES

The reduction in CO2 emissions leads to a slight decline in GDP, which decreases by 0.101%, reflecting minor economic contraction. Total consumption also decreases by 0.183%,

indicating a small reduction in overall economic activity. Government consumption, however, remains stable, showing a negligible increase of 0.013%.

Exports and imports decline, with exports dropping by 0.429% and imports decreasing by 0.269%, suggesting lower trade activity. Investment remains almost unchanged with a marginal increase of 0.0002%, indicating that capital accumulation is not significantly affected by emission reductions.

SECTORAL CONSUMPTION AND OUTPUT.

Among different consumption sectors, the most significant decrease is observed in utility consumption (CP.UTL), which declines by 13.071%, highlighting the strong impact of emission reductions on energy use. Manufacturing sector consumption (CP.MNF) drops by 0.325%, whereas transport sector consumption (CP.TRS) sees a minor increase of 0.16%.

In terms of sectoral output, agriculture (Y.AGR) grows slightly by 0.212%, suggesting resilience in this sector. However, manufacturing output (Y.MNF) declines by 0.416%, and utility sector output (Y.UTL) drops significantly by 9.833%, indicating a substantial contraction in energy production. Transport sector output (Y.TRS) increases by 0.315%.

TRADE IMPACTS.

In exports, utility sector exports (EX.UTL) experience the largest decline, falling by 30.707%, reflecting the reduced energy output. Manufacturing exports (EX.MNF) drop by 0.495%, while agriculture exports (EX.AGR) increase slightly by 1.177%.

On the import side, utility imports (IM.UTL) rise significantly by 23.322%, suggesting a higher reliance on imported energy due to domestic production constraints. Manufacturing imports (IM.MNF) decline by 0.277%, and agriculture imports (IM.AGR) decrease by 0.819%.

Overall, the simulation results suggest that a 10% reduction in GHG emissions has a modest impact on Uzbekistan’s economy, with small declines in GDP, trade, and manufacturing output. However, the utility sector experiences a significant contraction, leading to higher energy imports. Meanwhile, agriculture and transport sectors show slight growth, indicating that some industries can adapt to lower emissions.

CONCLUSION AND POLICY RECOMMENDATIONS

This study used a static CGE model implemented in GAMS to simulate the economic and sectoral impacts of a 10% reduction in CO_2 emissions for Uzbekistan. The results demonstrate that such an emissions-reduction policy can be pursued with relatively modest economic losses — a small decline in GDP and consumption — while achieving a meaningful drop in greenhouse gas emissions. At the same time, the contraction is concentrated largely in the energy (utility) sector, whereas agriculture and transport sectors show slight growth, suggesting possible structural adjustment and economic resilience.

Compared to similar CGE-based studies in other countries, our findings align with the general pattern of limited macroeconomic damage under carbon-pricing or tax regimes. For example, in a dynamic CGE analysis for China, a carbon tax led to GDP losses of less than 0.8%, even for relatively high tax rates. (Zou et.al.,2015) More recently, simulation for a developing country context (Vietnam) showed that carbon tax could reduce emissions albeit with larger GDP losses (1.2–2.7%) depending on assumptions and tax level. (Akkemik et.al., 2024)

In this light, the mild economic impact observed in our Uzbekistan case suggests that — under the assumptions of our model — carbon taxation or an emission-reduction policy may be economically feasible for a transition economy, especially if designed carefully.

However, this study has limitations. The model is static and built on a one-year Social Accounting Matrix (SAM) table, which means it does not account for dynamic effects such as capital accumulation, technological change, behavioral adaptation, or long-term structural shifts. This restricts the analysis to a “one-off” shock scenario rather than a real-world transition path.

Given these limitations, future research should extend the analysis using a more comprehensive, dynamic modeling framework. In particular, applying a global or multi-region CGE database such as GTAP would allow modeling of intertemporal effects, trade linkages, capital flows, and technological change under carbon tax regimes.

POLICY RECOMMENDATIONS

Based on the CGE simulation outcomes, the following policy recommendations can guide Uzbekistan’s transition toward sustainable development while minimizing economic disruption:

- Gradual implementation of carbon taxation**.** The relatively small macroeconomic impacts suggest that a modest carbon tax could be introduced without causing significant GDP contraction. Policymakers should consider phased or sector-specific taxation, starting with high-emission sectors such as utilities and gradually expanding coverage.

- Energy sector reform and support. The utility sector experiences the largest contraction under emissions reduction, highlighting the need for investment in energy efficiency, renewable energy, and cleaner production technologies. Targeted subsidies, incentives for renewable adoption, or support for energy transition can mitigate adverse impacts and reduce reliance on imported energy.

REFERENCES

1. Hosoe, N., Gasawa, K., & Hashimoto, H. (2010). Textbook of computable general equilibrium modelling: Programming and simulations. Palgrave Macmillan
2. Böhringer, C., & Müller, A. (2014). Environmental tax reforms in Switzerland: A computable general equilibrium impact analysis. Swiss Journal of Economics and Statistics, 150(1), 1–21. https://doi.org/10.1007/bf03399400
3. Corradini, M., Costantini, V., Markandya, A., Paglialunga, E., & Sforna, G. (2018). A dynamic assessment of instrument interaction and timing alternatives in the EU low-carbon policy mix design. Energy Policy, 120, 73–84. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.068
4. Ritchie, H. (2022). Emissions by sector. Our World in Data. Retrieved December 26, 2024, from https://ourworldindata.org/emissions-by-sector
5. Jing, S., & Zhao, C. H. (2022). Carbon trading or carbon tax? A computable general equilibrium–based study of carbon emission reduction policy in China. Frontiers in Energy Research
6. Shi, Q., Ren, H., Cai, W., & Gao, J. (2019). How to set the proper level of carbon tax in the context of Chinese construction sector? A CGE analysis. Journal of Cleaner Production, 240, 117955. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117955
7. Turmunkh, B. E. (2022). Economic and environmental analysis of Kazakhstan’s carbon dioxide emission reduction based on a computable general equilibrium model. German International Journal of Modern Science, 7
8. Rutherford, T. (2020). Solving MPSGE models using GEMPACK.
9. Rutherford, T. (1999). Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax.
10. Alkaabneh, F. M., Lee, J., Gómez, M. I., & Gao, H. O. (2021). A systems approach to carbon policy for fruit supply chains: Carbon tax, technology innovation, or land sparing? Science of the Total Environment, 767, 144–147. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144211
11. Chepel, A. (2021). Analysis of carbon footprint in Uzbekistan’s industries and implications for emission-based taxation. Journal of Environmental Management and Economics, 29(2), 117–132.
12. Davydova, A. (2024). Carbon taxation vs. emissions trading: A GTAP-E CGE model analysis for BRICS and EAEU countries. Climate Policy and Economics, 46(1), 54–70.

13. Muradova, M. (2008). A CGE Model and policy making for Uzbekistan: notes and examples. GTAP Technical Paper.
https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=2670
14. Zou, L., Xue, J., Fox, A., Meng, B., & Shibata, T. (2015). *The emission reduction effect and economic impact of an energy tax vs. a carbon tax in China: A dynamic CGE model analysis*. Institute of Developing Economies Discussion Paper No. 487
15. Akkemik, K., Borges, J. T., & Dang, P. T. (2024). *Assessing carbon tax using a CGE model with firm heterogeneity: An application to Vietnam*. Journal of Environmental Management, 365, 121585.
16. D.Pulatov, U. Qulliyev. O‘zbekistonda yashil budjetlashtirish, energiya samaradorligi va issiqxona gazlari emissiyasi. https://yashil-iqtisodiyot-taraqqiyot.uz/journal/index.php/GED/issue/view/14

CLUSTER PLATFORM FOR THE PROMOTION OF GREEN TECHNOLOGIES IN THE VOLGA-DON INTERRIVAL REGION OF SOUTHERN RUSSIA

Medvedeva Lyudmila Nikolaevna [1,2], Bondarik Irina Genrikhovna [3]
[1] VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov”, Volgograd, Russian Federation
[2] Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation
[3] Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov", Moscow, Russian Federation

Abstract. This publication presents a summary of scientific research on agriculture development in the dry-steppe zone. Further intensification of agricultural production is associated with the creation of organizational and legal forms *of integration orientation* – vegetable, plant, and horticultural clusters. Green clusters are a relatively new phenomenon in the Russian economy, but great promise, as their activities involve the environmentally friendly technologies. Currently, a green horticultural cluster with value chains is developing in the Volga-Don interfluve of southern Russia, based on a networked agricultural landscape of intensive industrial horticulture. *The aim of the study* was to investigate the factors that contribute to the formation of agricultural clusters, including green ones, in the Volga-Don interfluve zone. The *study focused on* agricultural clusters in the Volga-Don interfluve zone. *The study's hypothesis* is that green agricultural clusters are points of intensification for agricultural production in southern Russia. *Conclusions*. Research has shown that the interfluve is a promising platform for developing agricultural clusters based on intensifying entrepreneurial activity and ensuring the sustainability of irrigated agricultural landscapes. The development of green agricultural clusters in the field of industrial horticulture with a planned output per unit of green space area requires a multifactorial approach. Economic and mathematical modeling allowed us to determine the range of positive values for green horticultural cluster functioning, and the development of a standard model highlighted not only the strengths sides that ensure the intensification of horticulture but also the weaknesses that indicate insufficient funding and necessary logistical support. The development of green agricultural clusters at the regional level will facilitate the implementation of food security policy, the export orientation of agricultural production, and the achievement of sustainable development goals .

Key words: green economy, agriculture, cluster, green technologies, Volga-Don interfluve, modeling, green horticultural cluster.

Аннотация. В данной публикации представлено обобщение научных исследований, посвящённых развитию сельского хозяйства в сухостепной зоне. Дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства связана с формированием организационно-правовых форм интеграционной направленности — овощных, растениеводческих и садоводческих кластеров. «Зелёные» кластеры являются относительно новым явлением в экономике России, однако обладают значительным потенциалом, поскольку их деятельность основана на использовании экологически чистых технологий. В настоящее время в междуречье Волги и Дона на юге России формируется «зелёный» садоводческий кластер с цепочками создания стоимости, основанный на сетевом аграрном ландшафте интенсивного промышленного садоводства.

Целью исследования являлось выявление факторов, способствующих формированию сельскохозяйственных кластеров, в том числе «зелёных», в зоне Волго-Донского междуречья. Исследование было сосредоточено на сельскохозяйственных кластерах Волго-Донского междуречья. Гипотеза исследования заключается в том, что «зелёные» аграрные кластеры являются точками интенсификации сельскохозяйственного производства на юге России.

Результаты исследования показали, что Волго-Донское междуречье является перспективной платформой для развития сельскохозяйственных кластеров на основе интенсификации предпринимательской деятельности и обеспечения устойчивости орошаемых агроландшафтов. Развитие «зелёных» аграрных кластеров в сфере промышленного садоводства с планируемым выходом продукции на единицу площади зелёных насаждений требует многофакторного подхода. Экономико-математическое моделирование позволило определить диапазон положительных значений функционирования «зелёного» садоводческого кластера, а разработка типовой модели выявила не только сильные стороны, обеспечивающие интенсификацию садоводства, но и слабые стороны, указывающие на недостаточное финансирование и необходимость логистической поддержки. Развитие «зелёных» аграрных кластеров на региональном уровне будет способствовать реализации политики продовольственной безопасности, экспортной ориентации сельскохозяйственного производства и достижению целей устойчивого развития.

Ключевые слова: зелёная экономика, сельское хозяйство, кластер, зелёные технологии, Волго-Донское междуречье, моделирование, зелёный садоводческий кластер.

Annotatsiya. Ushbu nashr qurg‘oqchil-dasht zonasida qishloq xo‘jaligini rivojlantirishga oid ilmiy tadqiqotlar natijalarini umumlashtiradi. Qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini yanada intensivlashtirish integratsiyaga yo‘naltirilgan tashkiliy-huquqiy shakllarni — sabzavotchilik, o‘simlikchilik va bog‘dorchilik klasterlarini yaratish bilan bog‘liq. “Yashil” klasterlar Rossiya iqtisodiyotida nisbatan yangi hodisa bo‘lsa-da, ularning faoliyati ekologik toza texnologiyalarni qo‘llashga asoslanganligi sababli katta istiqbolga ega. Hozirgi vaqtda Rossiyaning janubidagi Volga–Don oralig‘ida intensiv sanoat bog‘dorchiligiga asoslangan tarmoqlashtirilgan agro-landshaft negizida qiymat zanjirlariga ega “yashil” bog‘dorchilik klasteri shakllanmoqda.

Tadqiqotning maqsadi Volga–Don oralig‘i hududida, jumladan “yashil” klasterlarning shakllanishiga ta’sir etuvchi omillarni aniqlashdan iborat. Tadqiqot Volga–Don oralig‘idagi qishloq xo‘jaligi klasterlariga qaratilgan. Tadqiqot gipotezasiga ko‘ra, “yashil” qishloq xo‘jaligi klasterlari Rossiya janubida qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini intensivlashtirishning tayanch nuqtalari hisoblanadi.

Tadqiqot natijalari Volga–Don oralig‘i hududi tadbirkorlik faoliyatini intensivlashtirish va sug‘oriladigan agro-landshaftlarning barqarorligini ta’minlash asosida qishloq xo‘jaligi klasterlarini rivojlantirish uchun istiqbolli platforma ekanligini ko‘rsatdi. Sanoat bog‘dorchiligi sohasida yashil maydon birligiga rejalashtirilgan hosildorlikka ega “yashil” qishloq xo‘jaligi klasterlarini rivojlantirish ko‘p omilli yondashuvni talab etadi. Iqtisodiy-matematik modellashtirish “yashil” bog‘dorchilik klasterlarining faoliyat yuritishi uchun ijobiy qiymatlar diapazonini aniqlash imkonini berdi, tipik modelni ishlab chiqish esa bog‘dorchilikni intensivlashtirishni ta’minlovchi kuchli jihatlar bilan bir qatorda, moliyalashtirishning yetarli emasligi va zarur logistika ta’minotiga ehtiyoj mavjudligini ko‘rsatuvchi zaif tomonlarni ham aniqladi. Hududiy darajada “yashil” qishloq xo‘jaligi klasterlarini rivojlantirish oziq-ovqat xavfsizligi siyosatini amalga oshirishga, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari eksportga yo‘naltirilganligini oshirishga hamda barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: yashil iqtisodiyot, qishloq xo‘jaligi, klaster, yashil texnologiyalar, Volga–Don oralig‘i, modellashtirish, yashil bog‘dorchilik klasteri.

INTRODUCTION

This publication is a collection of scientific research on the agriculture development in the South of Russia, partly located in the steppe natural zone, which has its geographical distribution in other "parts of the world". The modern model of sustainable agricultural landscapes is based on the principle of rational use with a stable balance of relations between the natural and the environment modified by the influence of labor tools [2,15]. In the new century, the Russian Academy of Sciences defined the ecological approach as the main for adaptive-landscape farming systems’ development, irrigation technologies and labor tools [7, 9]. In the established requirements context, breeding research has been actively conducted to select valuable traits for agricultural crops, primarily those associated with drought resistance; "smart" equipment and green technologies are being developed [4].

For many centuries, agricultural activity in the Volga-Don interfluve (hereinafter referred to as VDI) in southern Russia has been based on the priority of grain production. Scientific schools have zoned the territory based on heat and humidity, and proposed technologies for cultivating agricultural crops with programmed yields. Academician I. Kruzhilin, whom dedicated his life to the irrigated agriculture development in the southern steppes of Russia, substantiated the theory of a sustainable and highly productive agricultural landscape; he defined the agricultural landscape as "a territory under human activity within a natural zone characterized by a unique water regime..." [6]. The determining factor in the organization of agricultural production in the Volga-Don interfluve is the specialization of agricultural farms and their subsequent integration into clusters with aggregators represented by regional authorities or large agricultural holdings. It has been confirmed in global science and practice that agricultural clusters, which generate synergistic effects from the interaction of diverse farms, contribute to the revitalization of regional economies [9, 10]. It is difficult to disagree with this assertion, the role of "green agricultural clusters" in this process, designed to promote crop-saving technologies and conserve material resources, remains highly controversial. However, this is not the case everywhere. In most cases, green technologies in agriculture increase costs and reduce production profitability. According to the Stockholm Environment Institute, food products account for 24% of the ecological footprint of carbon dioxide emissions, indicating the high energy costs of their production [5, 13]. The following authors devoted their works to research on green economy and agricultural clusters: F. Cook (2015), S. Shetun, R. Nyos (2019), S. Tyaglov, A. Sheveleva (2022), L. Shakhovskaya (2023), L. Medvedeva (2024).

A cluster is generally understood as a spatial form that unites productive forces, production factors and relations that develop during functioning process of integrated structures. The first clusters appeared in the 1950s in Western Europe; their goal was to develop priority sectors of the economy while simultaneously reducing environmental impacts [5, 9, 11]. Over time, clusters began to specialize in territorial-ecological and spatial-industry areas, and they included commercial and marketing organizations, scientific and educational institutions, reputable scientists, and prominent politicians, enhancing their competitive status. In the EU, the green clusters development was based on approved standards and government support measures. In the 2000s, the EU published the "Green Book of Cluster Initiatives" and adopted the "European Green Strategy", opened “The European Cluster Observatory”, which provided online consulting services. Industry clusters began to implement programs aimed at using "green and blue bonds." The UK has taken a leading position in cluster development, forming an integrated environmental cluster that unites over 300 companies and research institutes. Germany, with its focus on high technology, and Austria, with its "Green Tech Valley" cluster, are among the leaders in green cluster development. [11, 14].

In Russia, the green clusters development has been facilitated by government programs in the areas of environmental, social and economic growth. The most well-known clusters are : Consorcium "Greens clusters of Russia" (Tatarstan), inter-industry association "Green Moscow" [5].

Currently, in the Volga-Don interfluve of the South of Russia, on the backdrop of the intensification of agricultural production, the organizational and legal forms *of integration orientation* – vegetable, plant, and horticultural clusters – is underway. A green horticultural cluster with value chains is being formed on the basis of a networked agricultural landscape of intensive industrial horticulture [7]. *The aim of the study* is to investigate the conditions for the creation of agricultural clusters, including green ones, in the Volga-Don interfluve zone. The objectives included: studying the conditions for the creation and development of agricultural clusters, and constructing a mathematical model of a green agricultural cluster. *The objects of the study include* the Volga-Don interfluve and agricultural clusters. *The study hypothesis* is that green agricultural clusters are intensification points of agricultural production in the South of Russia.

MATERIALS AND METHODS

Methodological basis of the study included researches of Russian Academy of Science: academicians N. Dubinka, I. Kruzhilin, V. Shevchenko, V. Shchedrin; and scientists from the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, a branch of the A.N. Kostyakov Federal Scientific Center of Plant Protection and Metrology (hereinafter referred to as VNIIOZ). The methods of study included multivariate and cluster analysis, and economic and mathematical modeling. The object of the study was the Volga-Don interfluve with agricultural clusters, and the subject of the study was the relationships that arise in the processes of cluster functioning. The interfluve is one of the most complex regions in terms of natural conditions, with an arid climate and high levels of solar insolation. The soil cover is represented by light chestnut soils with varying degrees of solonetzic content and varying degrees of availability of nutrients for plants (low nitrogen, medium mobile phosphorus, high exchangeable potassium) [4, 8]. The interfluve area has abudant water resources, with approximately 200 rivers flowing through it, belonging to the Black and Caspian Sea basins. Large volumes of water are concentrated in the Tsimlyansk and Volgograd reservoirs, which, due to climate change and excessive water withdrawal for domestic purposes, are subject to eutrophication . The total area of the interfluve – 22.6 thousand km², of which agricultural land accounts for 1,228,676 hectares (Figure 1).

Agricultural lands belonging to the VDM zone	Actually used agricultural land in the VDM zone	Reclaimed lands in the VDM zone	In fact, the lands in the VDM zone are being irrigated
1,228,676	1,196,857	34 104	26,435

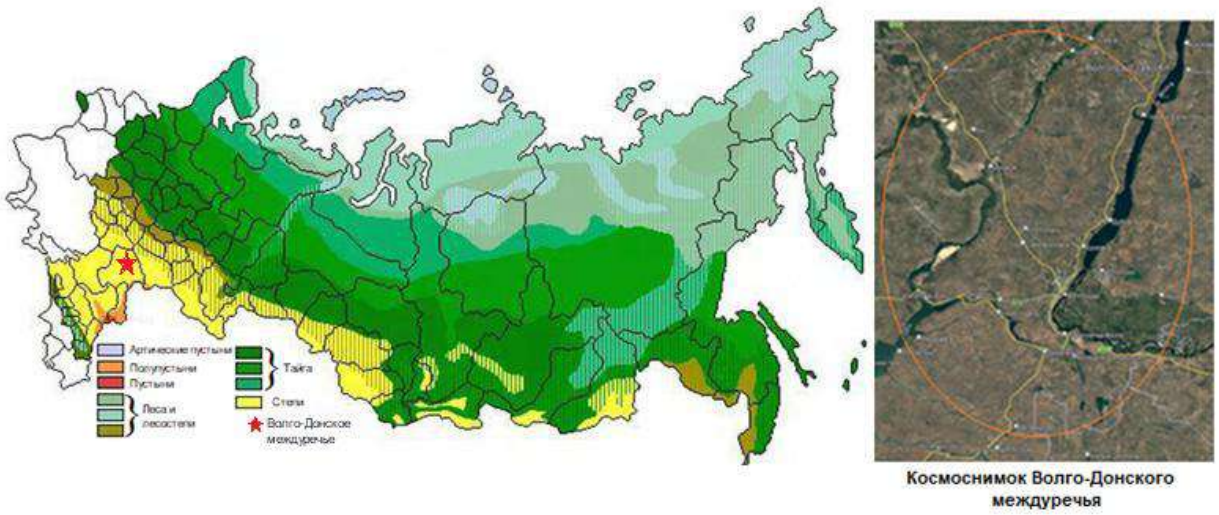


Figure 1 – The Volga-Don interfluve zone on the map of Russia, satellite image of Volgograd region, Russia.

To conduct a factor analysis of agricultural development in the VDM zone, the following VNIIOZ databases were used: “Assessment of the state of soils of the Volga-Don interfluve”, “Irrigation norms of the Volga-Don interfluve”, “Scale of sustainability of agrolandscapes of the Volga-Don interfluve”, “Climatic indicators of the Volga-Don interfluve”, “State of natural water in the water intake zones of the Volga-Don basin”, etc. The used analytical monitoring system made it possible to assess the development of agriculture in the Volga-Don interfluve zone (Table 1).

Table 1 – SWOT analysis of the state of agricultural activity in the Volga-Don interfluve zone, Russia

Indicator	*Name - Strengths*
1.	Sufficient land resources
2.	Natural and climatic conditions for the organization of production
3	Practices for Ensuring Sustainable Development of Irrigated Landscapes
4.	Developed transport and logistics infrastructure
5.	High degree of specialization of agricultural production
N…	
$\boldsymbol{W = 0,96; \chi^2_{\text{расч}} = 39,01}$	
Indicator	*Name - Weaknesses*
1.	Constantly increasing deteriation of production assets
2.	Withdrawal of part of agricultural land from circulation
3.	Insufficient development of the PPP mechanism
4.	Relatively developed processing industry
5.	The continuous outflow of population from rural areas
N…	
$\boldsymbol{W = 0,59; \chi^2_{\text{расч}} = 21,13}$	

Indicator	*Name - capabilities*
1.	Improving the competitive status of agricultural producers
2.	Favorable natural conditions for business
3.	Availability of unused lands and natural reservoirs
4.	Development of agricultural clusters – vertically integrated production
5.	Increasing state support for farmers
N…	
$\boldsymbol{W = 0,65; \chi^2_{\text{расч}} = 26,51}$	
Indicator	*Name - threats*
1.	Climate change, droughts, animal epidemics
2.	High level of deterioration of the drainage infrastructure
3.	Insufficient feed base for livestock farming
4.	Geopolitical issues (sanctions)
5.	Insufficient level of investment in fixed assets
N…	
$\boldsymbol{W = 0,61; \chi^2_{\text{расч}} = 13,35}$	

The predicted efficiency of irrigated lands in the interfluve is quite high; according to research by the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (VNIIOZ), the yield of grain corn with irrigation reaches 8.3 t/ha (without irrigation – 1.8 t/ha) [6.8.15].



Figure 2 – Irrigated fields of VNIIOZ in the Volga-Don interfluve zone

A SWOT analysis showed that *“strengths”* – 39.01, “ *opportunities”* – 26.51 reflect the significant potential of the Volga-Don interfluve for the development of irrigated agriculture and the introduction of new reclaimed lands into circulation. In the interfluve, with *the integration focus of business entities,* industry clusters are actively forming: vegetable growing, plant growing, horticultural and berry and green clusters of industrial horticulture with the consolidating core of OOO NPG "Gardens of Pridonya" [3,7]. When assessing the factors of cluster development, it is important to determine their weight in the total volume of produced goods (Table 2).

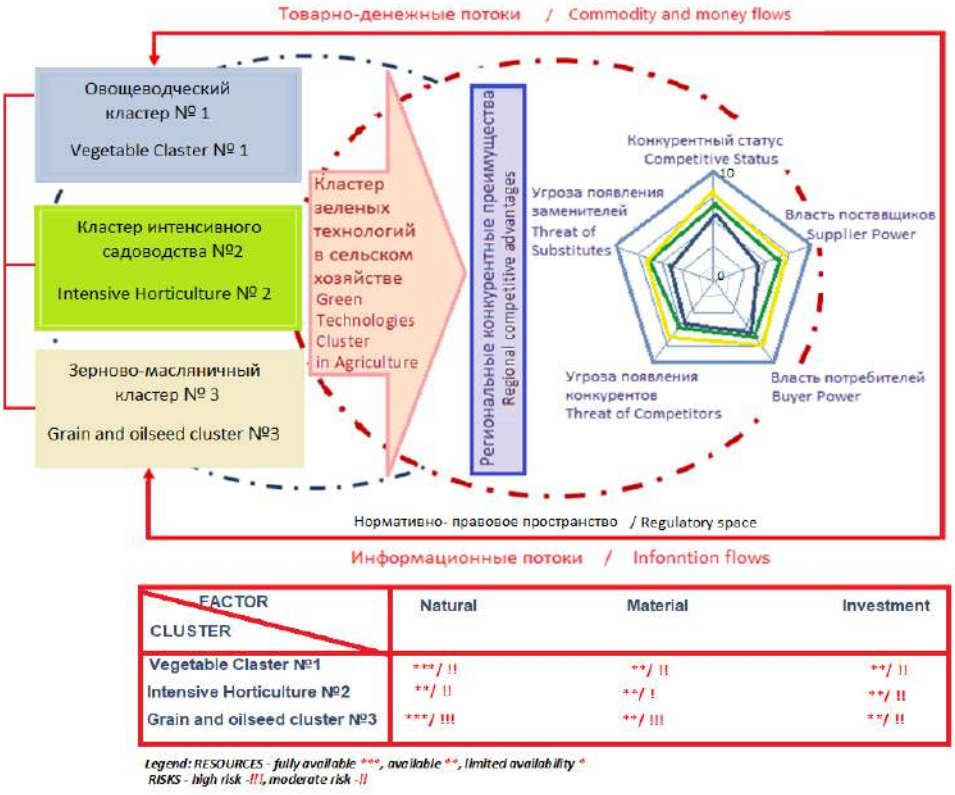
Name	*Consumers*	*End consumer*	*Market*
Industry clusters	Intermediate deliveries	Final deliveries	Market segment
Cost categories	Market value of intermediate supplies	Market value of final supplies	Total sales - profit

Table 2 – Matrix of mapping industry clusters by manufactured product.

The list of requirements for the aggregator and participants in the cluster process includes the following: a website with information about the cluster; information about the product (service) with quality and safety standards; information about the organizational structure and management culture of the cluster participants.

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

A conceptual approach to the formation of cluster policy in the Volga-Don interfluve made it possible to determine the main flows and competitive status of agricultural clusters (Figure 3).



FACTOR / CLUSTER	Natural	Material	Investment
Vegetable Claster №1	***/ !!	**/ !!	**/ !!
Intensive Horticulture №2	**/ !!	**/ !	**/ !!
Grain and oilseed cluster №3	***/ !!!	**/ !!!	**/ !!

*Legend: RESOURCES - fully available ***, available **, limited availability **
RISKS - high risk -!!!, moderate risk -!!*

Figure 3 – Conceptual approach to the formation of cluster policy in the Volga-Don interfluve

As the diagram shows, the most rapidly developing cluster is the grain cluster, which carries a high risk profile. The identification of the green cluster within the horticultural sector is also important. According with expert estimates, 70% of Russia's orchards are extensive, 20% are on medium-sized and semi-dwarf rootstocks, and 10% are intensive orchards on dwarf rootstocks [3, 12]. The clear advantages of intensive orchards include earlier fruiting and ease of maintenance. According to the Fruit and Vegetable Union of Russia, domestic apple orcharding should completely replace imports by 2030. Industrial horticulture located in the Volga-Don interfluve zone is developing at a fairly rapid pace: by 2030, it is planned to produce 85 thousand tons of fruits and berries with an average yield of 17.4 tons/ha, providing an area of fruit plantings of 7.1 thousand hectares, including 5 thousand hectares of orchards in fruiting age. The cluster leader is “National Food Group Sady Pridonya LLC”, which has been operating in the market since 1997, has 3.7 thousand hectares of intensive orchards. The green horticultural cluster is responsible for 7.1 thousand hectares of land, an established transport and production infrastructure, and, as a result, the production of 80 thousand tons of fruit per year [7, 12]. To forecast **the further development of the green cluster, a multiparameter task was used with the following indicators: investment**

and production volumes, obtained profitability. The discounted balance of counterparty financial flows was used as a cluster performance criterion. The key indicators used to calculate green cluster efficiency were:

y_k – volume of production for *the k* -th type of fruit-berry products, thousand tons;

m_k – the number of acquired fixed production assets for the production of *the k* -th type of fruit-berry products, units;

q_k – forecast demand for fruit- berry products *of the k* -th type in value terms, rubles;

V_k – design productivity of fixed production assets for *the k* -th type;

T_k – service period of fixed production assets *of the k* -th type, years;

P_k – cost of one unit of fruit-berry products of *the k* -th type, rub.;

T – validity period, year;

c_k – average annual cost of fixed production assets *of the k* -th type of fruit-berry products, rub.;

$x_k = c_k m_k \ (k = 1, \dots, n)$– investments in fixed production assets *of the k* -th type, rubles;

$x_{n+k} = P_k m_k y_k \ (k = 1, \dots, n)$– revenue from the sale of products of *the k* -th type, rubles;

$\Rightarrow y_k = \frac{x_{n+k}}{P_k m_k} = \frac{c_k x_{n+k}}{P_k x_k} \ (k = 1, \dots, n)$– output of *the k* -th type of product, t ;

$R = \sum_{k=1}^{n} P_k m_k y_k$ –total revenue from sales of all types of products;

$F = \beta R$– wage fund, defined as a given percentage β of Rproduct sales;

$X = \sum_{k=1}^{n} x_k$ – investments in fixed assets;

$Am = T \sum_{k=1}^{n} \frac{c_k m_k}{T_k}$ – the amount of depreciation charges for the entire planning period T,for all types of fixed assets, rubles;

z – total material costs, determined as a specified percentage of the total costs of the cluster’s counterparties, rubles;

$\delta_k = \frac{P_k V_k}{c_k}$– relative efficiency indicator for *the k* -th type of fixed production assets;

$$\gamma_k = \alpha_3 \frac{T}{T_k} - 1;$$

$$\sigma_k = \alpha_3 \frac{T}{T_k} = \gamma_k + 1;$$

$$\theta_k = T/T_k;$$

$$\gamma = (1 - \alpha_3)(1 - \beta)(k = 1, \dots, n).$$

Profits received by green cluster participants:

$$W = (1 - \alpha_3)\big(R - (A_m + F(1 + \alpha_4) + X + z)\big), \quad (1)$$

where, $\alpha_3$is the rate of the single agricultural tax; $\alpha_4$is the rate of deductions from the payroll fund,

$$W = (1 - \alpha_3)[-\sum_{k=1}^{n} \theta_k x_k + (1 - \beta) \sum_{k=1}^{n} x_{n+k}]. \quad (2)$$

Cluster's own funds: $D_S = A_m + W$or, taking into account the entered designations:

$$D_S = \sum_{k=1}^{n} \gamma_k x_k + \gamma \sum_{k=1}^{n} x_{n+k} \quad (3)$$

For a mathematical model creation of the green cluster, the following restrictions were introduced:

– $0 \le P_k m_k y_k \le q_k$– the sales volume of fruit-berry products *of the k* -th type does not exceed the demand for it;

– $0 \le y_k(t) \le q_k$, – output of fruit-berry products *k* -th type does not exceed the performance of the OPF .

The criterion for the efficiency of a green cluster is the net present value J , which reflects the added value:

$$J = -\bar{I} - I + \frac{W+A_m}{1+r}, \qquad (4)$$

Where, r is the discount rate.

The efficiency of investments was calculated using the formula:

$$D_S = \sum_{k=1}^{n} \gamma_k x_k + \gamma \sum_{k=1}^{n} x_{n+k} \qquad (5)$$

Provided that $D_S \geq 0$, the green agricultural cluster can be considered as a perfectly solvent. For different periods of the Volga-Don interfluve green horticultural cluster's development, the calculated efficiency index D_S ranged from 0.22 to 0.68, indicating its relative efficiency at the outset. The forecast values for the ADL / LC strategic analysis matrix allowed the green cluster to be classified as "Favorable Development" (2025) and projected to be "Mature from a Dominant Position" by 2040 (Figure 4).

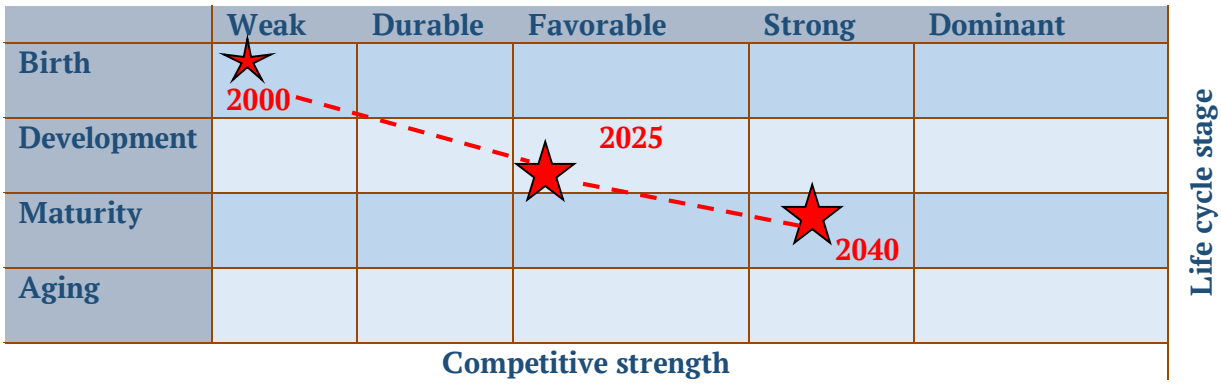


Figure 4 – Vector of development of the green horticultural cluster of the Volga-Don interfluve

According to expert estimates from the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd), crop yields under the protection of green forest plantations increase by 15-30 %. Possessing high ecological properties, improvement green forest plantations (hereinafter – *IGFP*) ensure the stability of the grain cluster of the interfluve. Using a system of cognitive models, the *IGFP* ratio in the total area of Volga-Don interfluve agricultural land was determined. In contrast to intuitive expert estimates, which establish patterns of agricultural development at the quantitative level, this assessment made it possible to predict an increase in the area of forest green plantations to 18,534 hectares and justify attracting investment about 1.5 billion rubles. Using the ASC analysis of the “EIDOS” platform, the total value of the gross output of grain cluster participants has been calculated (Figure 5, Table 3) [1, 8].

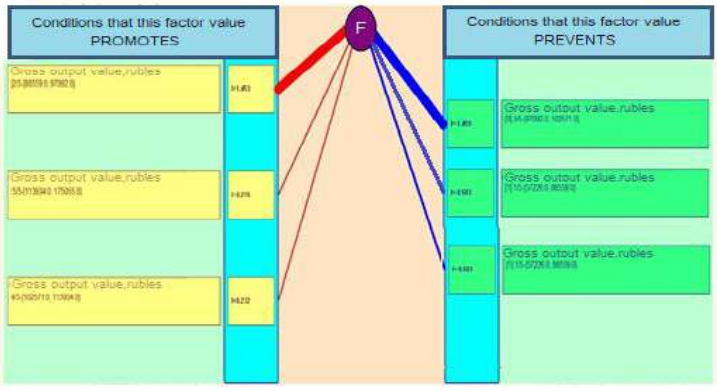


Figure 5 – Diagram of the share of smallholdings in the area of agricultural land (from 2.1 to 3.1%)

Table 3 – Factor share in the cost of production for the grain cluster of the Volga-Don interfluve

No.	Name	Significance of the factor from the total value, %
1	Irrigated land, ha	26.09
2	Tractors per 1000 hectares of arable land, units	21.80
3	State support per 1 ha, rubles	20.90
4	*IGFP* ratio of total agricultural area, %	12.06
5	Application of mineral fertilizers per 1 ha, active ingredient	15, 05
6	Application of organic fertilizers per 1 ha, t	14.10

Under a realistic scenario, the ratio of land occupied by *IGFP* in the Volga-Don interfluve zone should be increased to 3.1%; under an optimistic scenario, to 4.2%. A cluster policy based on the PPP mechanism allowed us to develop a standard model of a green agricultural cluster (Figure 6), identifying a range of positive values for sectoral agricultural clusters, while noting the insufficient development of supporting factors such as logistics support and innovative implementation.

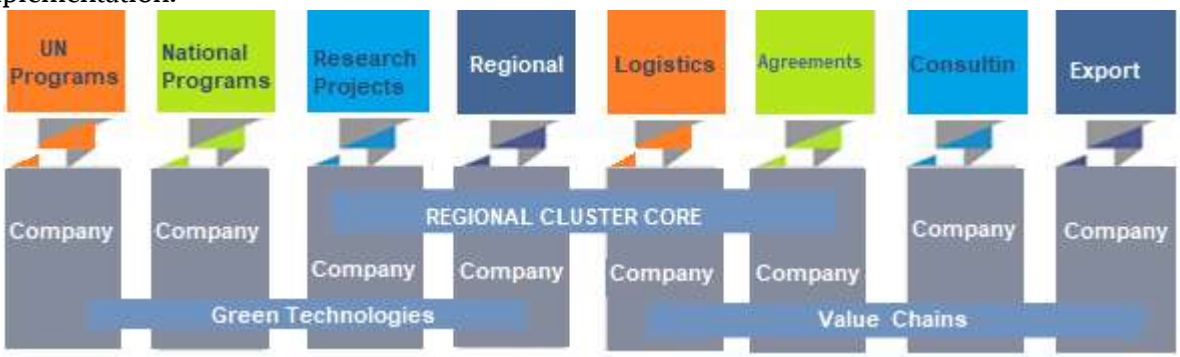


Figure 6 – Model of a green agricultural cluster for a region

Foresight solutions have been elaborated for different stages of agricultural clusters development of the Volga-Don interfluve for the period up to 2040 : *decline stage* : optimization of existing resources, transition to resource-saving technologies; *stagnation stage* : creation of optimal conditions aimed at preserving business, transition to resource-saving technologies, search for investments; *optimization stage* : application of adaptive-landscape farming, rational crop rotations, innovative agrobiological and agrotechnical measures, attracting investments; *development stage* : introduction of new irrigated lands into circulation, productivity increase, use of different types of irrigation, resource-saving technologies, renewable energy sources, and artificial intelligence [7,14].

CONCLUSIONS

A conceptual approach allowed to identify the Volga-Don interfluve as highly promising for the development of agricultural clusters, with an environmental stress coefficient of ⩾ 0.65, programmed output of finished products based on an increase in irrigated land area, and the attraction of public-private investment. Increasing the irrigated land area to 81,708 hectares with a production potential per hectare of 7,000 k.e. will require over 2.8 billion rubles, while increasing the area of improvement green forest plantations to 3.1% of the total land area in the interfluve will require 1.5 billion rubles. Scientific approaches to agricultural development justify the further formation of green industry regional clusters, which will fill markets with organic products and

ensure sustainable rural development. The Volga-Don interfluve is one of the promising areas for green cluster development, which in turn will require improved government support mechanisms.

BIBLIOGRAPHY

1. Achokh Yu. R. Directions for increasing the economic efficiency of using protective forest plantations in a “green” agricultural economy // Bulletin of Adyghe State University. Series: Economics. 2022. No. 3. P. 15-23.
2. Belousov V. M. Clusters as a basis for ensuring sustainable development of the agricultural sector of the economy // Theory and practice of world science. 2021. No. 11. P. 2-5.
3. Vyugin S. M., Vyugina G. V. Development of horticulture as an agricultural cluster in the Smolensk region // Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex. Bryansk, 2024. Part III. Pp. 33-37.
4. Gorokhova I. N., Pankova E. I. Methodological approaches to assessing the state of irrigated lands in the dry steppe zone of the Volgograd region using space images // Ecosystems: Ecology and Dynamics. 2023. No. 1. P. 5 - 37.
5. Green economy as a basis for the formation of innovative clusters in the regions of Russia / Ed . edited by L. Shakhovsky M.: OOO " Rusains ". 2024. 228 p.
6. Kruzhilin I. P. Irrigation – a guarantee of sustainable agriculture in arid zones of Russia // Bulletin of the Russian Agricultural Academy, 2000. No. 5. P. 17-21.
7. Medvedeva L. N. Green agricultural cluster of the Volga-Don interfluve // Economics of Agriculture of Russia. 2024. No. 11. P. 38-45.
8. Melikhov V. V. Land reclamation: strategy for the future // Irrigated agriculture, 2019. No. 3. P. 6-7.
9. Mahmadizoda F.B., Mahmadizoda S.B. Formation and development of territorial clusters in the agricultural sector of the region // Conference proceedings. Dushanbe. 2024. P. 339-352.
10. Popadyuk V. A. Application of the principles of the "green" economy in the development of clusters // Rostov on /D, 2023. P. 164-167.
11. Tyaglov S.G. , Sheveleva A.V. Formation of green clusters: experience of European countries and the Russian Federation // Modern Europe. 2022. No. 2. P. 100-16.
12. Shchedrin V. N., Medvedeva L. N. Intensification of apple orchards in the Volga-Don interfluve // News of the Lower Volga Agrarian University Complex. 2023. No. 4. P. 13-28.
13. Antwi D. Cluster Economies, Productivity and Technical Efficiency: A Narrative Review // Global Scientific. 2020. No. 8. P. 1102-1117.
14. Ecological clusters as a toolof improving the environmental safety in developing countries / E. Popkova , L. Shakhovskaya , S. Abramov , A. Natsubidze // Environment. Development and Sustainability. 2015. V.8 . P. 100.
15. Roiss O. , Medvedeva L. Innovation in agriculture – An actor in the development of a green economy // AIP Conference Proceedings . 2022. V. 2650. 030019.

TECHNOLOGY FOR PROCESSING OIL AND GAS CHEMICAL WASTES FOR THE SYNTHESIS OF AMPHOLYTIC SORBENTS WITHIN THE FRAMEWORK OF A GREEN ECONOMY

T.V. Drabkova, N.M. Abdutalipova, M.A. Eshmukhamedov, R.R. Isanova
Tashkent State Technical University

Annotatsiya. Maqolada uglevodorod xom ashyosi pirolizining og‘ir qatronli qoldiqlarni yuqori samarali politsiklik aromatik uglevodorodlarga (PAU), birinchi navbatda to‘rt halqali kondensatsiyalangan tizimlar (tetratsen va uning gomologlari) va ularning alkil hosilalariga aylantirishning resurs tejamkor texnologiyasi taqdim etilgan. Chiqarilgan PAUlar yangi avlod amfolit ion almashinuvchi polimerlar sintezida funktsional monomer sifatida qo‘llaniladi, bu polimerlar texnologik va chiqindi suvlarni «yashil» vodorod ishlab chiqarish uchun oldindan elektroliz bilan ultra chuqur tozalash uchun mo‘ljallangan. Texnologiya qattiq chiqindilar chiqindisini deyarli nolga tenglashtiradi, uglerod izini kamaytiradi, import reagentlarni mahalliy ikkilamchi xom ashyo bilan almashtirish imkonini beradi. Taklif etilgan yondashuv tsiklik va yashil iqtisodiyot tamoyillariga to‘liq mos keladi, qurg‘oqchil mintaqalarning ekologik muammolarini hal qiladi hamda suv tayyorlash va vodorod energetikasi sohasida texnologik suverenitetga erishish uchun asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: yashil iqtisodiyot, tsiklik iqtisodiyot, neftgaz kimyo chiqindilari, politsiklik aromatik uglevodorodlar, tetratsen, vakuum fraktsiyali distillatsiya, amfolit ion almashinuvchilar, suvni oldindan elektroliz bilan tozalash, yashil vodorod, resurs tejamkorlik, barqaror rivojlanish, texnologik suverenitet

Аннотация. В статье представлена ресурсоэффективная технология превращения тяжёлых смолистых остатков пиролиза углеводородного сырья в высокодоходные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в первую очередь четырёхкольцевые конденсированные системы и их алкилпроизводные. Извлечённые ПАУ используются как функциональные мономеры для получения амфолитных ионообменных полимеров нового поколения, предназначенных для предэлектролизной доочистки технологических и сточных вод. Технология обеспечивает практически нулевые выбросы твёрдых отходов, снижает углеродный след производства и позволяет заменить импортные реагенты отечественным сырьём вторичного происхождения. Предложенный подход соответствует принципам циркулярной и зелёной экономики, способствует решению экологических проблем аридных регионов и создаёт предпосылки для технологического суверенитета в области водоподготовки

Ключевые слова: зелёная экономика, циркулярная переработка, нефтегазохимические отходы, полициклические ароматические углеводороды, вакуумная фракционированная дистилляция, амфолитные ионообменники, предэлектролизная очистка воды, ресурсосбережение, устойчивое развитие.

Abstract. The article presents a resource-efficient technology for converting heavy resinous pyrolysis residues of hydrocarbon feedstock into high-value polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), primarily four-ring condensed systems (tetracene and its homologs) and their alkyl derivatives. The extracted PAHs serve as functional monomers for the synthesis of next-generation ampholytic ion-exchange polymers designed for pre-electrolysis ultra-deep purification of process and wastewater in “green” hydrogen production. The technology achieves virtually zero solid waste emissions, reduces the production carbon footprint, and enables the replacement of imported reagents with domestic secondary raw materials. The proposed approach fully aligns with the principles of circular and green economy, contributes to solving environmental challenges in arid regions, and lays the foundation for technological sovereignty in water treatment and hydrogen energy sectors.

Keywords: green economy, circular economy, oil and gas chemical waste, polycyclic aromatic hydrocarbons, tetracene, vacuum fractional distillation, ampholytic ion exchangers, pre-electrolysis water purification, green hydrogen, resource efficiency, sustainable development, technological sovereignty

INTRODUCTION

The contemporary economy is increasingly shifting toward a circular model in which the waste of one production process serves as feedstock for another. In the oil-and-gas chemical sector of Uzbekistan,

particularly at the Ustyurt Gas-to-Chemicals Complex (JV LLC «Uz-Kor Gas Chemical»), tens of thousands of tonnes of heavy resinous residues are generated annually from high-temperature cracking and pyrolysis operations [1, 2]. These highly viscous, high-molecular-weight products, commonly referred to as “tar product” or “pyrolysis pitch”, have traditionally been regarded as burdensome waste requiring costly neutralization or utilization as low-grade fuel [3]. Detailed compositional analysis, however, reveals that they contain a high concentration of valuable polycyclic aromatic structures that can be isolated in high yield through appropriate technological processing and subsequently employed in the synthesis of advanced functional materials [8].

The issue is of particular relevance in regions characterized by water scarcity and heightened environmental vulnerability, such as the Republic of Karakalpakstan. Contamination of water sources with heavy-metal ions, organic toxicants, and hardness salts poses significant barriers to the development of high-technology industries, most notably hydrogen energy production based on water electrolysis. Efficient and durable operation of any electrolyser type (alkaline, proton-exchange membrane (PEM), or anion-exchange membrane (AEM)) critically depends on ultra-deep purification of feed water. Even trace concentrations of ions (Ca^{2+}, Mg^{2+}, heavy metals, silicates) irreversibly poison catalytic electrodes and membranes, resulting in catastrophic loss of efficiency and rapid equipment failure [4, 5]. Conventional ion-exchange or reverse-osmosis techniques frequently fail to achieve the required purification level in a single pass.

In this context, ampholytic ion-exchange sorbents capable of simultaneously and selectively removing both cations and anions over a wide pH range represent the optimal technological solution for the pre-electrolysis water-treatment stage [4]. However, industrial-scale production of such sorbents in the region remains limited due to dependence on imported raw materials for their synthesis.

Thus, the proposed technology simultaneously addresses three interrelated objectives of the green economy:

- Elimination of environmentally hazardous oil-and-gas chemical wastes;
- Establishment of a closed-loop utilization system for carbon-containing secondary resources;
- Creation of domestic production capacity for high-performance ampholytic sorbents required by a strategically critical sector — hydrogen energy.



Fig. 1. Appearance of the tar product (pyrolysis pitch)

Methodology for the Isolation and Crystallization of Tetracene and Its Homologs from the Tar Product. The starting material consisted of heavy resinous residues (tar product) obtained from the pyrolysis of gas condensate at JV LLC «Uz-Kor Gas Chemical» [1, 2]. The feedstock is a black, brittle solid with a softening point of 60–75 °C. Prior to processing, the material was ground to a uniform particle size of 1.0 mm.

Isolation of the target compounds was performed by multi-stage vacuum fractional distillation following previously optimized protocols [9]. The process was conducted on a laboratory-scale rectification unit at a residual pressure of 15–20 kPa. To ensure high selectivity in separating the complex polyaromatic mixture and to prevent thermal degradation of high-molecular-weight compounds, a controlled heating regime was applied with a temperature ramp rate of 4–6 °C/min. Precise collection of fractions within

defined boiling-point ranges enabled sequential separation of low-boiling and middle-distillate fractions from the high-boiling residue:

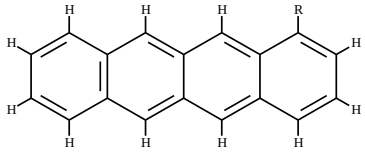
Fraction I – 50–270 °C (naphthalene, light PAHs, heterocycles);

Fraction II – 270–320 °C (fluorene, phenanthrene, heterocycles);

Fraction III – 320–360 °C (anthracene and its homologs, traces of tetracene);

Fraction IV (target) – 360–>400 °C (tetracene ($C_{18}H_{12}$) and its methyl-/ethyl-substituted homologs).

The target fraction, enriched in condensed four-ring aromatic systems, was collected over the temperature range ⩾360 °C to >400 °C. To obtain the crystalline compounds in solid form, the resulting high-boiling fraction was subjected to slow crystallization at −5 °C for 48 hours. The precipitated crystals were separated from the mother liquor by vacuum filtration. The use of vacuum significantly reduced the operating temperatures of the process, thereby minimizing the risk of cracking, whereas prolonged crystallization promoted the formation of well-defined crystals of elevated purity.



R = -CH_3, -CH_3CH_2.

RESULTS AND DISCUSSION.

Under the optimized vacuum-distillation regime, the yield of the target fraction enriched in four-ring PAHs and their alkyl homologs reached 9.0 wt.% relative to the initial resinous residue. After recrystallization, the yield of pure crystalline products was 7.2 wt.%, which significantly exceeds the content of analogous compounds in conventional coal-tar pitches and renders the process economically attractive (Table 1).

Table 1. Fractional composition of the tar product obtained by vacuum distillation (initial charge mass 7000 g)

Fraction	Main components	Temperature range, °C	Mass, g	Yield, wt.%
I	Naphthalene, light PAHs, heterocycles	50–270	1750	25,0
II	Fluorene, phenanthrene, heterocycles	270–320	1050	15,0
III	Anthracene and homologs, traces of tetracene	320–360	700	10,0
IV (target)	Tetracene, methyl-/ethyl-tetracenes	360–400	630 (distillate); 503 (crystals)	9,0 (distillate); 7,2 (crystals)
Bottom residue	Pentacyclic and higher PAHs, asphaltenes, resins	>400	2800	40,0
Losses	Evaporation, adhesion	50–400	70	1,0
Total	Pentacyclic and higher PAHs, asphaltenes, resins	50–>400	7000	100,0

The light fractions (I and II) can be returned to the plant’s fuel balance or utilized as petrochemical feedstock [6]. Fraction III, which is rich in anthracene, represents a promising raw material for the synthesis of ion-exchange materials [10]. The bottom residue (heavy PAHs and asphaltenes) is suitable for the production of road bitumen or technical carbon black. Thus, the developed scheme achieves practically 100 % waste-free processing of the tar product.

Prospects for the Application of the Target Fraction in the Synthesis of Ampholytic Sorbents for Pre-Electrolysis Water Purification. The isolated tetracene-enriched fraction constitutes a strategic feedstock for the development of next-generation functional materials. Tetracene and its homologs, owing to their rigid polyaromatic core, provide an ideal backbone for constructing highly stable polymeric matrices. These structures enable the directed incorporation of both cation- and anion-exchange functional groups, yielding advanced ampholytic sorbents [4, 10, 11].

Such materials are critically required for pre-electrolysis water treatment. Modern “green” hydrogen production imposes extremely stringent water-quality specifications, with permissible impurity ion concentrations generally not exceeding 0.01 mg/dm^3. Conventional sorbents frequently fail to deliver the necessary selectivity and depth of purification, particularly with respect to electrolyser “poison” ions such as calcium, magnesium, silicon, and heavy metals.

Tetracene-based ampholytic sorbents effectively address these challenges. Their principal advantages are:

High simultaneous exchange capacity: ability to bind both cations and anions in a single filtration stage, thereby simplifying the overall process scheme;

Exceptional selectivity: the rigid aromatic matrix permits fine-tuning of the sorbent for preferential removal of specific ions that are most detrimental to electrolyser membranes and catalysts;

Outstanding stability: the high chemical and thermal resistance of the polyaromatic backbone ensures prolonged service life under aggressive operating conditions.

Preliminary investigations demonstrate that ampholytic sorbents synthesized from the recovered PAHs exhibit a total exchange capacity of up to 5.6 meq/g — 25–40 % higher than that of commercial analogues. When incorporated into pre-electrolysis purification schemes, these materials reliably reduce impurity ion concentrations to levels fully compliant with hydrogen-energy standards.



Fig. 2. Laboratory vacuum fractional distillation unit

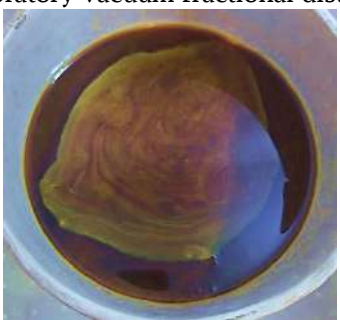


Fig. 3. Crystallization of the target tetracene fraction

The economic benefits of the technology arise from savings on waste disposal, revenue generated from the sale of all by-products (light fractions and bottom residue), and, most significantly, a drastic reduction (35–45 %) in the production cost of high-performance sorbents compared with imported equivalents. From an environmental perspective, the process prevents the annual release of thousands of tonnes of carcinogenic PAHs contained in unutilized pyrolysis resins, reduces landfill burden, and lowers greenhouse-gas emissions that would otherwise result from waste incineration.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The developed technological cycle conclusively demonstrates the feasibility of transforming hazardous oil-and-gas chemical wastes into valuable secondary raw materials for manufacturing advanced ampholytic sorbents. The resulting materials fully satisfy the rigorous requirements of pre-electrolysis water treatment and have the potential to become a cornerstone technology for the advancement of hydrogen energy, electroplating, and deep purification of industrial effluents in the region.

The technology is ready for industrial scale-up using standard equipment. To facilitate its implementation, the following actions are recommended:

- Incorporate the proposed scheme into regional “green economy” programs;
- Establish a pilot-scale facility for process optimization and production of trial sorbent batches;
- Develop regulatory incentives promoting the use of secondary PAHs as feedstock for functional chemistry.

Successful realization of the project will not only resolve a pressing local environmental problem but will also establish a new high-technology economic sector, contributing substantially to sustainable development and resource independence.

REFERENCES

1. Official website of Uz-Kor Gas Chemical JV LLC. Available at: http://www.uz-kor.com (accessed: 01.12.2025) (in Russ.).
2. Ahmadaliev M.A., Sharofiddinov I.I. (2021). Study of the formation of heavy tarry products during pyrolysis of Ustyurt gas condensate hydrocarbon feedstock. *Universum*: Technical Sciences, 5(86), 20–24 (in Russ.). https://doi.org/10.32743/UniTech.2021.86.5.11722
3. Isakulova M.Sh. (2022). Chemical composition and application of tar product formed during pyrolysis of hydrocarbons. Economy and Society, 9(100), 367–370 (in Russ.).
4. Pat. 20250666 IAP. Method for producing aminocarboxylic ampholyte based on tar product. Appl. 03.10.2025 (in Russ.).
5. Drabkova T.V., Turabdzhanov S.M. (2025). Development of an ion-exchange unit for energy-efficient wastewater treatment. Alternative Energy and Ecology (ISJAEE), 8(437), 167–188 (in Russ.). https://doi.org/10.15518/isjaee.2025.08.167-188
6. Kosareva M.A., Stakheev S.G., Tretyakova N.A. (2022). Basic technologies for processing oil and gas raw materials: textbook. Yekaterinburg: Ural Federal University Publishing House, Editorial and Publishing Department of the IPC UrFU, 116 p. (in Russ.).
7. Pretsch E., Bühlmann P., Affolter C. (2000).Structure Determination of Organic Compounds: Tables of Spectral Data (4th ed.). Berlin: Springer, 440 p.
8. Kodirov O.Sh., Mirzakulov Kh.Ch., Berdiev Kh.U., Sharipova V.V. (2018). Study of the chemical composition of pyrolysis production pyrocarbonate. *Universum*: Technical Sciences, 9(54), 59–64 (in Russ.). URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6383
9. Kenjaev A.K., Nurmonov S.E., Kodirov O.Sh. (2021). Determination of the composition of the pyrolysis product "pyrolysis oil". *Composite Materials*, (2), 15–17 (in Uz.).
10. Kenjaev A.K., Nurmonov S.E., Kodirov O.Sh. (2022). Synthesis of sulfocationites on the basis of secondary products. *Development of Science and Technologies*, (5), 100–110 (in Uz.).
11. Kenjaev A.K., Nurmonov S.E., Khakberdiev Sh.M. (2022). Synthesis and properties of polymethylene naphthalene sulfonic acid based on a secondary hydrocarbon pyrolysis product. *Universum*: Chemistry and Biology, 7(97), (2), 31–37 (in Russ.). https://7universum.com/ru/nature/archive/item/13871

GREEN ECONOMY AND GREEN TECHNOLOGY EVOLUTION: A BIBLILOMETRIC ANALYSIS OF DEVELOPMENT TRAJECTORIES AND GLOBAL PRACTICES

Tongqian Zou[1,2], Ke Pan[2]
[1]Silk Road International University of Tourism and Cultural Heritage, Samarkand, Uzbekistan; 140104, 17, University Boulevard,
[2] School of Tourism Sciences, Beijing International Studies University, Beijing, China; China Academy of Culture and Tourism Industry, Beijing International Studies University, Beijing, China, kepan5116@gmail.com

Abstract. Despite burgeoning scholarly attention to green technologies and the green economy, few studies have systematically mapped the evolution of green technology research or examined how technological innovation aligns with green economy principles across diverse global contexts. This paper addresses this gap by synthesizing bibliometric analysis with regional case studies. Using CiteSpace and VOSviewer, we analyzed 3,083 publications from the Web of Science Core Collection (1995–2025) to trace the field's developmental trajectory, geographic distribution, and thematic clusters. The analysis identifies three distinct phases—nascent, growth, and exponential—reflecting an intensifying global commitment to sustainability. China, the United States, and India collectively account for approximately 70% of scholarly output, while keyword clustering pinpoints hydrogen energy, sustainable energy policy, and biotechnology as pivotal research domains. Complementing these quantitative findings, case studies from Uzbekistan, Curitiba (Brazil), and China demonstrate that successful green transitions require context-specific policy-technology integration, sustained commitment, and cross-sectoral coordination. Theoretically, this study advances the understanding that effective green transitions depend on socio-technical system alignment, context-driven strategies, and the creation of dual economic-ecological value. By bridging green economy frameworks with technological innovation, this work offers actionable insights for policymakers to accelerate sustainable development.

Keywords: green technology; green economy; bibliometric analysis; sustainable development; policy-technology integration

Аннотация. Несмотря на растущий научный интерес к зелёным технологиям и зелёной экономике, лишь немногие исследования систематически отслеживали эволюцию научных работ в области зелёных технологий или изучали соответствие технологических инноваций принципам зелёной экономики в различных глобальных контекстах. Настоящая статья восполняет данный пробел посредством синтеза библиометрического анализа и региональных тематических исследований. С использованием программного обеспечения CiteSpace и VOSviewer нами было проанализировано 3 083 публикации из базы данных Web of Science Core Collection (1995–2025) с целью определения траектории развития данной области, её географического распределения и тематических кластеров. Анализ выявил три отчётливые фазы развития — начальную, фазу роста и экспоненциальную, — отражающие усиливающуюся глобальную приверженность принципам устойчивого развития. На долю Китая, Соединённых Штатов Америки и Индии в совокупности приходится около 70% научных публикаций, при этом кластеризация ключевых слов определяет водородную энергетику, политику в области устойчивой энергетики и биотехнологии в качестве ключевых исследовательских направлений. В дополнение к количественным результатам, тематические исследования на примере Узбекистана, Куритибы (Бразилия) и Китая демонстрируют, что успешный переход к зелёной экономике требует контекстно-

ориентированной интеграции политики и технологий, последовательной приверженности поставленным целям и межотраслевой координации. С теоретической точки зрения, данное исследование углубляет понимание того, что эффективный переход к зелёной экономике зависит от согласованности социотехнических систем, контекстно-обусловленных стратегий и создания двойной — экономической и экологической — ценности. Связывая концептуальные основы зелёной экономики с технологическими инновациями, настоящая работа предлагает практические рекомендации для лиц, принимающих политические решения, в целях ускорения устойчивого развития.

Ключевые слова: зелёные технологии; зелёная экономика; библиометрический анализ; устойчивое развитие; интеграция политики и технологий

Annotatsiya. Yashil texnologiyalar va yashil iqtisodiyotga ilmiy e'tiborning tobora ortib borayotganiga qaramay, yashil texnologiyalar sohasidagi tadqiqotlar evolyutsiyasini tizimli ravishda xaritalagan yoki texnologik innovatsiyalarning turli global kontekstlarda yashil iqtisodiyot tamoyillari bilan qanday uyg'unlashuvini o'rgangan tadqiqotlar kam uchraydi. Ushbu maqola bibliometrik tahlilni mintaqaviy holat tadqiqotlari bilan sintezlash orqali mazkur bo'shliqni to'ldiradi. CiteSpace va VOSviewer dasturiy ta'minotidan foydalangan holda, biz Web of Science Core Collection ma'lumotlar bazasidan (1995–2025) 3 083 ta nashrni tahlil qilib, ushbu sohaning rivojlanish yo'nalishi, geografik taqsimoti va tematik klasterlarini aniqlashga harakat qildik. Tahlil natijasida uchta aniq bosqich — dastlabki, o'sish va eksponensial bosqichlar aniqlandi, bu esa barqaror rivojlanishga bo'lgan global sadoqatning kuchayib borayotganini aks ettiradi. Xitoy, Amerika Qo'shma Shtatlari va Hindiston birgalikda ilmiy nashrlarning taxminan 70 foizini tashkil etadi, kalit so'zlar klasterizatsiyasi esa vodorod energetikasi, barqaror energetika siyosati va biotexnologiyalarni asosiy tadqiqot yo'nalishlari sifatida belgilaydi. Ushbu miqdoriy natijalarni to'ldiruvchi O'zbekiston, Kuritiba (Braziliya) va Xitoy misollaridagi holat tadqiqotlari shuni ko'rsatadiki, muvaffaqiyatli yashil o'tish kontekstga mos siyosat-texnologiya integratsiyasini, izchil sadoqatni va tarmoqlararo muvofiqlashtirish talab qiladi. Nazariy jihatdan, ushbu tadqiqot samarali yashil o'tishning ijtimoiy-texnik tizimlar uyg'unligi, kontekstga asoslangan strategiyalar va iqtisodiy-ekologik ikki tomonlama qiymat yaratishga bog'liqligini tushunishni rivojlantiradi. Yashil iqtisodiyot konseptual asoslarini texnologik innovatsiyalar bilan bog'lagan holda, ushbu ish siyosatchilar uchun barqaror rivojlanishni tezlashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar taqdim etadi.

Kalit so'zlar: yashil texnologiyalar; yashil iqtisodiyot; bibliometrik tahlil; barqaror rivojlanish; siyosat-texnologiya integratsiyasi

INTRODUCTION

The anthropogenic climate crisis and accelerating biodiversity loss demand urgent transformation of socioeconomic systems toward sustainability (IPCC, 2023). The development of green technologies—innovations designed to minimize environmental impact while maximizing resource efficiency—has emerged as a core pathway for addressing environmental challenges and advancing ecological sustainability (Sadeq et al., 2024). These technologies encompass renewable energy systems, clean production processes, waste minimization techniques, and resource recovery methods that collectively enable economic activity within planetary boundaries.

The concept of green economy, officially introduced by the United Nations Environment Programme (UNEP) through its 2011 Green Economy Initiative, provides a comprehensive framework for achieving sustainable development via economic transformation (UNEP, 2011; Ospanova et al., 2022). Sustainable development represents the ultimate goal of balancing environmental protection, economic growth, and social equity, while the green economy serves as the vehicle to attain this goal. It does so by linking economic activities with developmental levels

and operationalizing these ambitions through the prioritization of green technology R&D, the promotion of technology diffusion, and the establishment of supportive policy mechanisms.

Despite burgeoning scholarly attention to green technologies and the green economy, a systematic understanding of green technology research trajectories, geographic contributions, and technological convergence patterns remains incomplete, particularly regarding their alignment with green economy principles. This knowledge gap impedes strategic prioritization of research investments and the design of targeted policy interventions for green technology deployment. Moreover, while numerous isolated case studies document successful green technology implementations, a comprehensive synthesis of cross-regional insights and transferable lessons for technology applications aligned with green economy principles remains elusive.

This study addresses these gaps by conducting a comprehensive bibliometric analysis of green technology research trajectories while synthesizing global implementation experiences. The research objectives are threefold: (1) to map the evolution, geographic distribution, and thematic clusters of green technology research from 1995-2025; (2) to elucidate the development logic of green economy and identify how green technologies serve as core instruments for achieving green economy objectives; and (3) to extract transferable lessons from regional case studies demonstrating successful green economy policy-technology integration across diverse ecological and socioeconomic contexts.

RESEARCH METHODOLOGY AND BIBLIOMETRIC ANALYSIS

2.1 Data Sources and Methodology

This study employs a mixed-methods approach combining bibliometric analysis with qualitative case study synthesis. For the bibliometric component, this study aims to construct a scientific knowledge map of green technology development through a systematic review of international research literature. The data were sourced from the Web of Science (WoS) Core Collection, using "Green Technology" and "evolution" as topic search terms, with the time span set from January 1995 to May 2025. To ensure both comprehensiveness and accuracy, non-academic materials such as newspaper articles, documents without identified authors, and duplicate records were excluded. The final sample comprised 3,083 publications authored by 14,650 researchers from 3,469 institutions across 102 countries, published in 1,008 journals, with 204,800 cited references.

Two bibliometric tools were employed for analysis. CiteSpace was utilized to conduct temporal network analysis, burst detection, and keyword clustering, while VOSviewer facilitated the visualization of co-authorship networks, co-citation patterns, and conceptual structures. Through these visualization techniques, this research seeks to reveal the historical evolution trajectory, structural relationships within the research field, and core thematic content of green technology. Additionally, an alignment analysis between research hotspots and green economy principles was conducted to assess technological contributions to green economy objectives.

Table 1 Summary of data source and selection

Category	Specific Standard Requirements
Research database	Web of Science core collection
Citation indexes	SSCI、SCIE
Searching period	1995 to 2025
Searching	(TS=“Green Technology” and “Evolution”)
Document types	“Articles” or “Reviews”
Content filtering	Removal of irrelevant research
Data extraction	Export with complete records and cited references in plain text format
Sample size	3083

2.2 Publication Trends Analysis

According to the annual distribution chart of literature on the progress of green technology research, the period from 1995 to 2025 demonstrates an overall upward trend in related scholarly output, which can broadly be divided into three distinct phases: The temporal analysis reveals three distinct phases in green technology research evolution. The nascent phase (1995-2002) was characterized by sporadic publications averaging fewer than 5 articles annually, reflecting limited academic attention during the early post-UNFCCC period when green technology remained economically uncompetitive with fossil fuels (United Nations, 1992). The growth phase (2003-2018) witnessed a linear increase in publications, with annual output rising from 5 to 73 articles. This growth was propelled by multiple factors: climate awareness following the Kyoto Protocol, emerging corporate sustainability frameworks such as ESG investing and the UN Sustainable Development Goals, and dramatic cost reductions in renewable energy technologies—solar PV costs declined by approximately 90% between 2010 and 2023 (United Nations, 1998; United Nations, 2015; IRENA, 2024). The exponential phase (2019-2025) demonstrates remarkable acceleration, with publications surging from 107 in 2019 to 702 in 2024. This surge was catalyzed by climate emergency declarations, major green investment commitments such as the European Green Deal, growing energy security concerns, and heightened awareness of air pollution's public health impacts (European Commission, 2019; Vilcassim & Thurston, 2023; IRENA, 2025). The decline to 422 publications in 2025 reflects incomplete year data rather than diminishing scholarly interest.

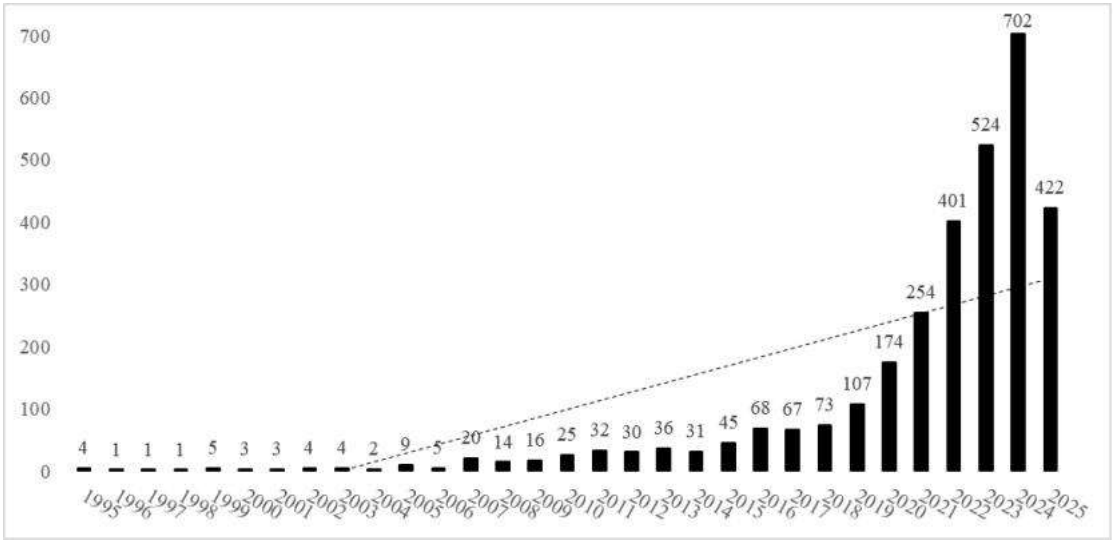


Figure 1. Annual distribution of literature in WoS (1995.01-2025.5)

2.3 Geographic Distribution and Scientific Production

Geographic analysis of research contributions reveals distinct regional patterns and collaborative networks. China, USA, and India emerge as the top three contributors, collectively accounting for approximately 70% of global green technology publications. China's dominance is particularly pronounced, with 1576 publications representing 51% of total output, reflecting the nation's strategic prioritization of green development and massive investments in renewable energy infrastructure (Zhang et al., 2021). The United States contributes 323 publications, maintaining strong research capacity across diverse technological domains including carbon capture, biomass conversion, and smart grid systems. India's 257 publications concentrate on solar photovoltaics, waste management, and water treatment technologies, aligning with national development priorities (Durga et al., 2022). South Korea (4th, 150 publications) and Australia (5th,

144 publications) complete the top five, demonstrating robust research ecosystems despite smaller population bases. The co-authorship network analysis reveals five distinct collaborative clusters. Cluster 1 (green) represents the largest transatlantic network, linking North America (USA, Canada) with Europe (Germany, Denmark, Sweden, Poland, Spain, Italy), and extending to Brazil. Cluster 2 (blue) constitutes an Asian research network centered on China—the most prolific contributor as indicated by the largest node size—with strong collaborative ties to India, Malaysia, Iran, and Saudi Arabia. Cluster 3 (orange) highlights Australia as a significant research hub in the Southern Hemisphere, demonstrating robust cross-cluster linkages with China and Malaysia. The dense interconnections among European nations within Cluster 1 underscore the region's highly integrated research ecosystem, while China's extensive collaborations across all three clusters highlight its pivotal role in bridging regional networks and facilitating global knowledge exchange in green technology research.

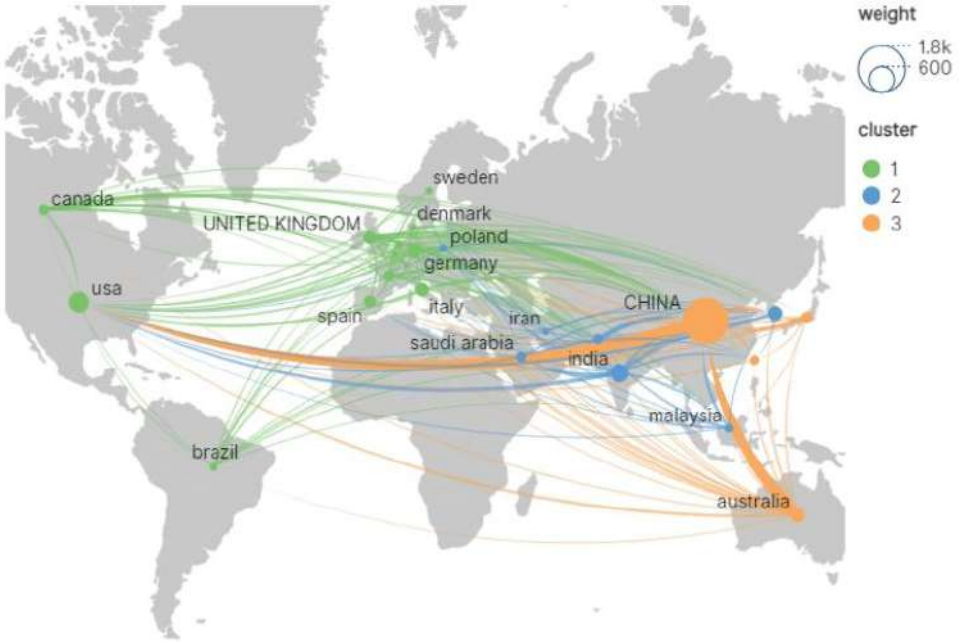


Figure 2. National co-authorship

2.4 Research Hotspots and Thematic Evolution

Keyword clustering analysis using CiteSpace identified 12 major research themes (Figure 3). The clustering demonstrates high reliability, with a modularity Q of 0.8716 and a mean silhouette of 0.9027—well above the thresholds of 0.3 and 0.7 that indicate significant structural distinctiveness and internal consistency (Newman, 2006; Rousseeuw, 1987).

Based on thematic proximity and research focus, these twelve clusters can be synthesized into five broader categories. The Hydrogen Energy cluster (#0, #2, #6, #7, #11) represents the dominant research domain, encompassing water splitting, hydrogen evolution reaction (HER), oxygen evolution reaction (OER), green hydrogen, and hydrogen production—all centered on hydrogen-based clean energy technologies. The Biotechnology cluster (#1, #3) integrates green fluorescent protein and directed evolution research within bioengineering domains. The Sustainable Energy Policy cluster (#5, #8) addresses green innovation and renewable energy integration from governance and diffusion perspectives. The Manufacturing Technology cluster (#4) focuses on additive manufacturing for sustainable production. Finally, the Research Methods cluster (#9, #10) encompasses bibliometric analysis and agent-based modeling methodologies.

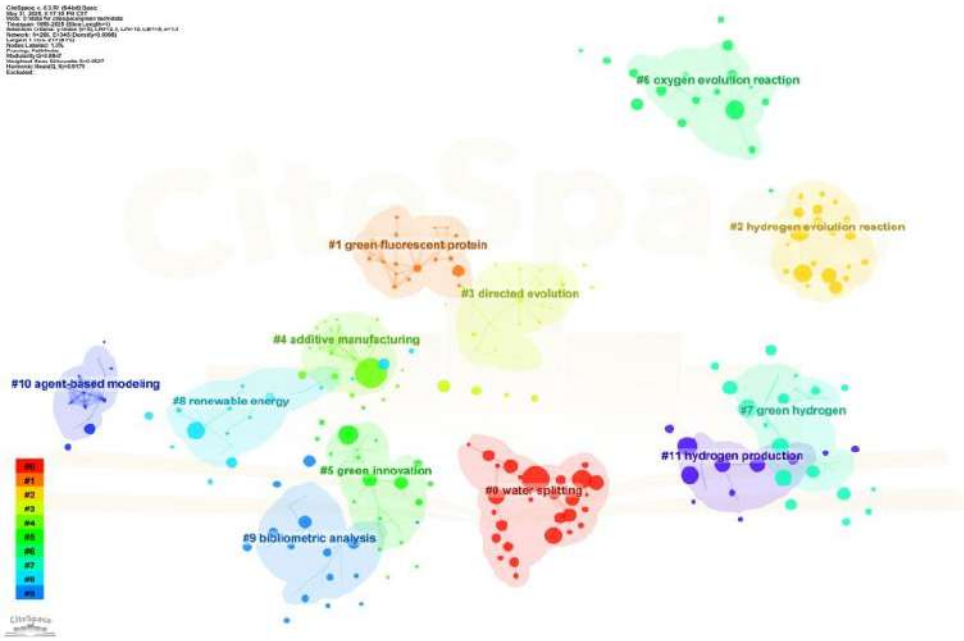


Figure 3. Keyword clustering

Citation burst analysis identified 14 keywords exhibiting the strongest temporal dynamics (Figure 4). The early-emerging phase (1999-2005) was dominated by biotechnology-related terms, with "evolution" exhibiting the highest burst strength (33.59, 2003-2018), followed by "directed evolution" (15.88) and "green fluorescent protein" (12.67), reflecting the foundational influence of molecular biology on green technology research. The intermediate phase (2007-2014) witnessed diversification into applied domains, including "green chemistry," "escherichia coli," "expression," "model," and "genome," indicating expanded applications in bioengineering and computational approaches. The recent phase (2015-2022) demonstrates a notable shift toward policy-oriented and electrochemical research, with "policy" (6.39), "strategy" (5.01), and "oxygen reduction reaction" (4.67) emerging as key bursts. This temporal progression suggests the field's evolution from fundamental biotechnology research toward integrated policy-technology systems analysis aligned with green economy implementation requirements (Markard et al., 2012).

2.5 Research Hotspots and Thematic Evolution

VOSviewer keyword co-occurrence network analysis reveals three primary research domains in green technology research. The Electrocatalysis and Nanomaterials domain (green cluster) centers on hydrogen evolution reaction, oxygen evolution reaction, electrocatalysts, and advanced nanomaterials including nanosheets, nanoparticles, and graphene. The high connectivity among terms such as "efficient," "highly efficient," and "water splitting" reflects the field's pursuit of enhanced catalytic performance for clean hydrogen production. The Hydrogen Production Systems domain (blue cluster) encompasses hydrogen production mechanisms, water electrolysis, green hydrogen, and stability studies, with photocatalysis and graphitic carbon nitride representing emerging photochemical approaches. This cluster bridges fundamental chemistry with practical hydrogen generation technologies. The Sustainable Development and Policy domain (red cluster) integrates energy, technology, sustainability, renewable energy, and policy-related terms, with notable attention to regional contexts (China) and environmental outcomes (CO_2 emissions, economic growth).

Top 14 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	1995 - 2025
green fluorescent protein	1999	12.67	1999	2017	
acid	1999	3.7	1999	2018	
directed evolution	2000	15.88	2000	2017	
evolution	1998	33.59	2003	2018	
technology	2005	6.05	2005	2017	
green chemistry	2007	4.56	2007	2016	
escherichia coli	2007	3.96	2007	2015	
expression	2009	6	2009	2015	
model	2012	5.06	2012	2017	
genome	2014	3.89	2014	2018	
fabrication	2015	6.58	2015	2019	
policy	2016	6.39	2016	2021	
strategy	2016	5.01	2016	2021	
oxygen reduction reaction	2018	4.67	2018	2022	

Figure 4. Keywords with the strongest citation bursts

The interconnection between "model," "impact," and "management" suggests growing emphasis on systematic assessment of green technology deployment. Together, these three domains illustrate the multidisciplinary nature of green technology research, spanning from fundamental materials science to policy implementation—collectively providing the technological and governance foundations essential for green economy transitions.

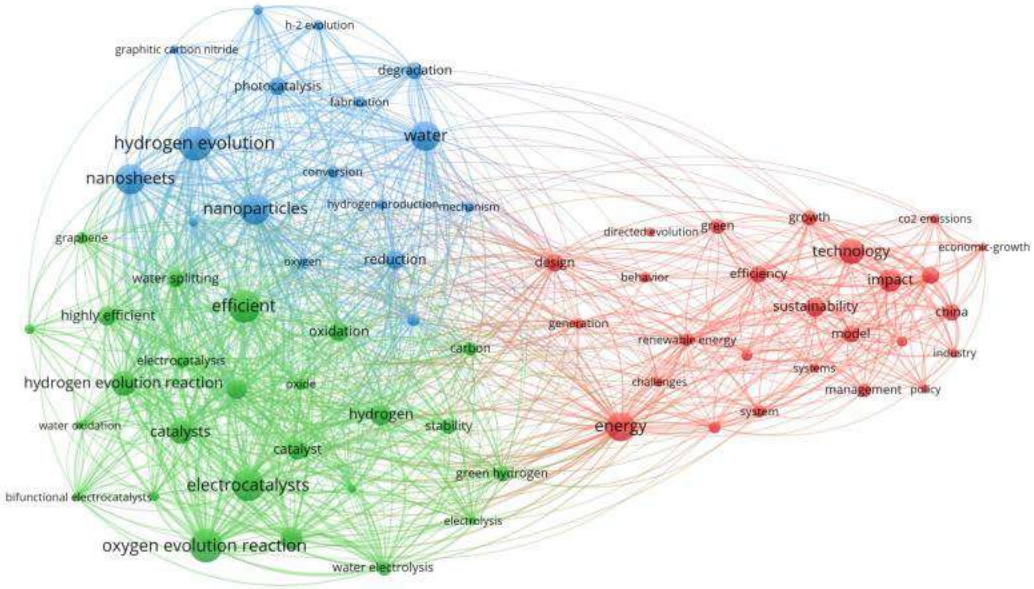


Figure 5. Co-occurrence of keywords

GREEN ECONOMY AND GREEN TECHNOLOGY NEXUS

3.1 Green Economy Principles and Technology Support

The development logic of green economy operates through five interconnected principles, each requiring specific green technology support for implementation (Green Economy Coalition, 2019). The Wellbeing Principle prioritizes human prosperity by focusing on human, social,

physical, and natural capital beyond mere financial wealth (Raworth, 2018). Green technologies—including clean energy systems that reduce air pollution-related health impacts, sustainable water treatment, and smart healthcare infrastructure—directly enhance human wellbeing by improving environmental quality and public service delivery. The Justice Principle promotes equity within and between generations, emphasizing inclusive opportunities and empowerment of marginalized groups (McCauley & Heffron, 2018). Green technology training programs, inclusive technology access mechanisms, and equitable benefit-sharing frameworks operationalize intergenerational and intragenerational justice in green transitions. The Planetary Boundaries Principle requires economic activities to respect critical Earth system thresholds—including climate stability, biosphere integrity, and biogeochemical flows. Circular economy technologies, carbon capture systems, and sustainable resource management practices ensure economic activities remain within ecological limits (Steffen et al., 2015). The Efficiency and Sufficiency Principle advocates for sustainable production and consumption through resource productivity improvements and low-carbon, circular economic models. Green manufacturing technologies, including additive manufacturing and precision engineering, enable significant improvements in material efficiency while reducing environmental footprints. The Good Governance Principle emphasizes integrated, accountable, and resilient institutional frameworks that enable adaptive management and stakeholder participation (Ostrom, 2009). Environmental monitoring platforms, green technology standards, and digital governance systems serve as critical instruments for implementing green economy objectives.

3.2 Interaction Mechanism Between Green Economy and Green Technology

The relationship between green economy and green technology is characterized by reciprocal reinforcement. From the green economy to green technology, policy frameworks and financial mechanisms create enabling conditions for sustainable technological development. Environmental regulations, carbon pricing, and deployment policies such as feed-in tariffs generate market signals that direct R&D investment toward clean technologies (Rodrik, 2014). Green finance instruments—including green bonds and green credit—provide dedicated funding that alleviates financing constraints for high-risk, long-cycle green innovation projects (Lin et al., 2022). Additionally, growing consumer demand for sustainable products creates market pull effects that incentivize corporate green innovation. From green technology to the green economy, technological innovations provide practical instruments for achieving green economy objectives. Renewable energy technologies enable the transition from fossil fuel dependence to decarbonized energy systems. Circular economy technologies—including advanced recycling systems and industrial symbiosis networks—facilitate resource loop closure and waste minimization (Heshmati, 2017). Green technologies also contribute to economic restructuring and employment creation. Research indicates that clean energy investments generally create more jobs per dollar invested than fossil fuel alternatives (Garrett-Peltier, 2017). Furthermore, sustainable technological change extends beyond technical solutions to encompass systemic transformations involving new value chains, institutional reforms, and business model innovations (Söderholm, 2020). This bidirectional relationship creates reinforcing dynamics where policy-driven technology development expands the feasible space for more ambitious sustainability objectives.

3.3 Challenges in Green Economy-Green Technology Synergy

Despite substantial progress, integrating green economy frameworks with green technology deployment faces persistent barriers. Technology adaptation remains challenging: green hydrogen production costs USD 3–6 per kilogram—three to six times higher than grey hydrogen—limiting accessibility for developing countries (IRENA, 2024). Policy-technology coordination gaps persist, as carbon pricing mechanisms often fail to adequately incentivize emerging technologies such as energy storage. The global technology divide is stark: between 1990 and 2015,

approximately 80% of low-carbon technology inventions originated in high-income countries, while low-income countries represented merely 0.01% of total low-carbon technology exports (Pigato et al., 2020). Financing gaps compound these disparities—developing countries (excluding China) require approximately USD 2.4 trillion annually by 2030 for climate action, yet current international flows remain grossly inadequate (Songwe et al., 2022). Finally, data and measurement complexity hinders progress: the proliferation of multiple ESG reporting frameworks—including GRI, SASB, ISSB, and CSRD—creates inconsistencies that impede investment decisions and policy evaluation (IFRS Foundation, 2023).

3.4 Toward Green Economy-Guided Technology Innovation

The 2025–2030 outlook indicates transformative trends where green economy objectives will increasingly shape green technology innovation. Circular economy technologies are advancing rapidly, with AI-driven sustainability solutions projected to grow at approximately 20–28% CAGR, enabling predictive analytics for resource optimization and circular supply chain management (BloombergNEF, 2025). Chemical recycling breakthroughs and industrial symbiosis platforms are emerging as key enablers of circularity objectives. Decentralized energy systems are accelerating deployment. Solar PV will account for nearly 80% of the 4,600 GW global renewable capacity additions expected by 2030, with renewables projected to surpass coal as the largest electricity source by end-2025 (IEA, 2025). Energy storage costs have declined dramatically, with turnkey battery systems reaching USD 85/kWh in China and global battery pack prices falling to USD 115/kWh—a 20% year-on-year decline (BloombergNEF, 2024). These cost reductions are enabling mass adoption of distributed storage and peer-to-peer energy trading platforms. Policy-technology integration is tightening. The EU's Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR), effective February 2025, mandates that all packaging be recyclable by 2030, with minimum recycled content thresholds of 30–65% for plastic packaging (European Commission, 2025). Such regulatory frameworks are creating stronger market signals for green technology adoption and circular design innovation.

KEY GREEN TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS

4.1 Renewable Energy Technologies and Energy Storage

Renewable energy technologies constitute the foundational infrastructure for green economy transformation, enabling energy system decarbonization while ensuring reliable supply. Solar photovoltaic (PV) technology has achieved remarkable cost reductions, with the global weighted average levelized cost of electricity (LCOE) declining by 90% from USD 0.460/kWh in 2010 to USD 0.044/kWh in 2023 (IRENA, 2024). Perovskite-silicon tandem cells have achieved laboratory efficiencies exceeding 34.85%, surpassing the single-junction Shockley-Queisser limit (LONGi, 2025). These advances have driven rapid deployment, making solar PV 56% cheaper than fossil fuel alternatives in 2023 (IRENA, 2024). Wind power technologies have similarly matured, with the global weighted average LCOE for onshore wind falling to USD 0.033/kWh in 2023, a 3% year-on-year decline (IRENA, 2024). Global wind power installed capacity exceeded 1 TW in 2023 (IRENA, 2025). Energy storage technologies address renewable intermittency challenges through diverse mechanisms. Lithium-ion battery pack prices dropped 20% in 2024 to a record low of USD 115/kWh, the steepest annual decline since 2017, driven by manufacturing overcapacity, economies of scale, and increased adoption of lithium iron phosphate (LFP) batteries (BloombergNEF, 2024). Lithium-ion batteries are projected to become the most competitive option in most application areas by 2030 (Schmidt et al., 2019). For long-duration storage, pumped hydro storage provides approximately 90% of global grid-scale storage capacity, while emerging technologies such as compressed air energy storage (CAES) and flow batteries offer scalability for

seasonal storage requirements. These technological advances are essential for achieving the green economy's objective of reliable, decarbonized electricity systems.

4.2 Hydrogen Technologies and Electrolytic Systems

Green hydrogen production through water electrolysis represents a critical pathway for deep decarbonization of hard-to-abate sectors including heavy industry, long-haul transportation, and chemical manufacturing—sectors where direct electrification is technically or economically challenging. Proton exchange membrane (PEM) electrolyzers offer rapid response capabilities suitable for coupling with intermittent renewables, achieving current densities of 1–2 A/cm² at 1.8–2.0 V and system efficiencies of 60–70% (LHV) (Mayyas et al., 2019; U.S. Department of Energy, 2024). Alkaline electrolyzers provide cost advantages through lower capital expenses, with system costs ranging from USD 750–1,500/kW for Western manufacturers and USD 300–500/kW for Chinese systems (International Energy Agency, 2025; Lichner, 2024), along with established manufacturing infrastructure, though with slower dynamic response limiting renewable integration flexibility. Solid oxide electrolyzers (SOEC) achieve the highest efficiencies (80–90% LHV) by utilizing waste heat for endothermic reactions, though requiring elevated operating temperatures (700–900°C) and facing durability challenges with current lifetimes of 20,000–40,000 hours (Hauch et al., 2020; Mueller et al., 2024). Recent advances in electrocatalyst development focus on reducing overpotential and enhancing long-term stability through nanostructured materials, including transition metal phosphides, sulfides, and nitrides. Notably, earth-abundant catalyst formulations based on nickel-iron, cobalt-iron, and molybdenum compounds approach noble metal performance in alkaline conditions while significantly reducing material costs (Araújo et al., 2024; Zhang et al., 2025). The expansion of green hydrogen production is expected to play an increasingly significant role in decarbonizing hard-to-abate industrial sectors, with low-emissions hydrogen production projected to grow from less than 1% of total hydrogen supply today to approximately 4% by 2030 (International Energy Agency, 2024).

4.3 Circular Economy Technologies and Resource Recovery

Circular economy technologies reconfigure material flows by eliminating waste concepts through systematic reuse, recycling, and regeneration strategies, directly operationalizing the green economy's resource efficiency and planetary boundaries principles. Advanced sorting technologies utilizing AI-enabled optical sensors, near-infrared spectroscopy, and robotic systems achieve accuracy rates ranging from 95% to 99% in multi-material streams, enabling high-purity recycling of complex products including electronics and automotive components (Fang et al., 2023; Lubongo et al., 2024). Chemical recycling processes break down plastic polymers to monomers or oligomers through pyrolysis, gasification, or solvolysis, enabling multiple recycling cycles without significant quality degradation for materials otherwise unsuitable for mechanical recycling due to contamination or degradation (Vollmer et al., 2020; Maisels et al., 2022). Urban mining—systematic recovery of valuable materials from end-of-life products—addresses critical material supply challenges essential for green technology deployment. Electronic waste contains concentrations of precious metals (gold, silver, platinum) 40 to 50 times higher than natural ores, along with strategic materials such as rare earth elements essential for permanent magnets in renewable energy systems and electric vehicle technologies (Baldé et al., 2024; Rao et al., 2020). The metal content of printed circuit boards is typically ten to one hundred times higher than that of conventionally mined ores (Rao et al., 2020). Hydrometallurgical and biotechnological processes, including bioleaching, extract these materials with lower energy intensity and reduced environmental impact compared to primary mining, offering a cost-effective and eco-friendly

alternative to traditional pyrometallurgical methods (Baniasadi et al., 2019; Işıldar et al., 2019). Biomass waste valorization transforms agricultural residues, food waste, and forestry byproducts into biofuels, biochemicals, and bio-based materials, creating closed-loop systems that enhance resource circularity while providing renewable feedstocks for industrial processes.

REGIONAL GREEN DEVELOPMENT PRACTICES: POLICY-TECHNOLOGY INTEGRATION

5.1 Uzbekistan: Renewable Energy Technology Deployment Strategy

Uzbekistan's green economy transition exemplifies pathways for resource-dependent Central Asian economies seeking sustainable development. The Strategy for Transition of the Republic of Uzbekistan to a Green Economy for 2019-2030 establishes comprehensive policy frameworks for renewable energy deployment (IEA, 2025). Key deployment initiatives target 25–27 GW renewable capacity by 2030, increasing the renewable energy share from approximately 14% to 40% (OECD, 2025). The policy framework employs power purchase agreements providing 25-year revenue certainty for investors, streamlined permitting, and grid modernization (IEA, 2022). The World Bank's Innovative Carbon Resource Application for Energy Transition Project (iCRAFT), launched in 2023, provides results-based climate finance supporting energy subsidy reforms and carbon market access (World Bank, 2024a). Additionally, World Bank Group financing supports over 1.5 GW of solar and wind capacity through technical assistance and payment guarantees (World Bank, 2024b). Significant potential exists for improvement in energy intensity, which remains approximately twice the global average due to aging infrastructure (IEA, 2022). Priority interventions include smart irrigation technologies addressing agriculture's 90% share of freshwater withdrawals (UNDP, 2021), industrial efficiency measures, and distributed solar for rural electrification.

5.2 Curitiba, Brazil: Urban Green Technology Integration Model

Curitiba's transformation into a model sustainable city demonstrates the effectiveness of integrated urban planning combining transportation systems and waste management innovation. The Bus Rapid Transit (BRT) system, implemented in 1974, represents pioneering green transportation technology deployment (Lindau et al., 2010). The system's technological innovations—dedicated bus lanes, tube stations facilitating rapid passenger flow, integrated payment systems, and articulated high-capacity buses—reduce private vehicle dependency while providing equitable mobility access. At its 2014 peak, the system served approximately 2.4 million passengers daily across the metropolitan region (Daher, 2024). The BRT model's efficiency and replicability have led to adoption in nearly 200 cities globally (ITDP, 2025). Curitiba's waste management demonstrates innovative social programs rather than advanced automation. The Green Exchange (Câmbio Verde) program, launched in the 1990s, rewards residents for recyclable waste with bus tokens and fresh produce at over 100 exchange sites citywide (Rabinovitch, 1992). Sorting is performed by approximately 35 cooperative groups working in partnership with municipal government. While popular sources cite 70% recycling rates, academic analysis indicates the actual recycling rate is approximately 22–23%, with the city targeting 85% (Devendran et al., 2023). Success factors include environmental education integrated into school curricula since 1989 and citizen engagement through incentive-based programs.

5.3 China: Desert Photovoltaic Technology Cluster

China's Kubuqi Desert project represents successful integration of renewable energy technology with land restoration, transforming approximately 6,000 km² of degraded land since 1988 through innovative photovoltaic-based approaches (Xinhua, 2017). The project demonstrates how green technology deployment can achieve multiple objectives simultaneously: renewable energy generation, ecosystem restoration, and poverty alleviation. The project's technological

innovation centers on photovoltaic desert control systems that generate renewable energy while modifying microclimates to support vegetation growth. Research indicates that photovoltaic panels increase average soil moisture by 11–15% through shading effects that reduce evaporative losses (Yue et al., 2021). Panel structures provide windbreaks reducing sand movement and enabling vegetation establishment beneath arrays. The Kubuqi Desert Northern Ordos New Energy Base, with planned capacity exceeding 10 GW including 8 GW solar, will deliver approximately 40 billion kWh annually to Beijing-Tianjin-Hebei region (Xinhua, 2025). The integrated model supports economic diversification through livestock grazing, facility agriculture, and desert tourism. According to UNCCD reports, the project has lifted over 100,000 local residents from poverty while creating cumulative ecological value estimated at CNY 50 billion (Xinhua, 2017). Forest coverage increased from 0.8% to 15.7%, and vegetation coverage from 16.2% to 53%. The Taklamakan Desert green belt, completed in November 2024, implements a 3,046-kilometer ecological barrier utilizing straw checkerboard sand stabilization, water-saving drip irrigation systems, and drought-adapted species including desert poplar, saxaul, and red willow (CGTN, 2024). As part of China's Three-North Shelterbelt Program launched in 1978, over 30 million hectares have been afforested, demonstrating scalability of integrated green technology systems for combating desertification (Reuters, 2024).

DISCUSSION

This study conducted a bibliometric analysis of green technology research from 1995 to 2025, combined with regional case study synthesis, to examine the evolution, geographic distribution, and thematic development of green technology and its alignment with green economy principles. Beyond mapping research trajectories, the analysis reveals a fundamental insight: the transition to a green economy is not merely a technological substitution but a socio-technical reconfiguration, wherein policy stability and public engagement are as critical as technological efficiency itself. This finding suggests that successful green transitions demand context-specific integration of hardware innovations with institutional "software."

The bibliometric evidence reveals a significant paradigm shift over the thirty-year research trajectory. The keyword evolution from biotechnology-dominated research (1999–2005) toward policy-oriented terms (2015–2022) demonstrates that scholarly attention has progressively shifted from isolated efficiency improvements to system-level integration challenges. This transition reflects a maturing understanding that green technology deployment requires not only technical optimization—such as improving photovoltaic conversion rates—but also addressing grid integration, policy compatibility, and social acceptance. The emergence of the hydrogen economy as the dominant research cluster further corroborates this shift, as hydrogen technologies inherently require cross-sectoral coordination spanning production, storage, transportation, and end-use applications.

The three-phase developmental trajectory (nascent, growth, exponential) identified in this study carries important strategic implications for differentiated national approaches. The analysis suggests a phased adoption strategy: emerging economies should prioritize "leapfrog" adoption of mature technologies from the exponential phase (such as solar photovoltaics, which have experienced 90% cost reductions since 2010), thereby avoiding the carbon-intensive infrastructure lock-in that characterized the nascent-phase development paths of industrialized nations (Goldemberg, 1998; Amankwah-Amoah, 2015). This leapfrogging potential is particularly significant given that renewable energy technologies have achieved cost competitiveness with fossil fuel alternatives in many contexts, enabling developing countries to bypass fossil fuel dependency entirely while achieving energy access objectives (IRENA, 2024).

The cross-regional case analysis reveals the critical importance of context-dependency in green transition strategies. The synthesis demonstrates that no universal green solution exists;

rather, successful implementation requires adaptation to local conditions. High-density urban environments (as exemplified by Curitiba) demand low-cost, organizationally intensive social innovations, such as bus rapid transit systems that prioritize behavioral change over technological complexity. Resource-dependent economies (as demonstrated by Uzbekistan) require top-down policy design supplemented by financial instruments, including power purchase agreements and payment guarantees, to address investment risk barriers. Ecologically fragile regions (as shown in China's Kubuqi Desert project) necessitate integrated ecological-energy models that generate economic returns while simultaneously restoring ecosystem services. This context-dependency finding implies that policymakers must move beyond "best practice transfer" toward "context-specific adaptation" when designing green technology deployment strategies.

The viability of green technology ultimately depends on achieving a "dual-value proposition": generating economic returns while restoring ecological services. The Kubuqi model demonstrates that sustainable scalability is achieved only when ecological restoration is internalized into the economic business model. The project's success in lifting approximately 102,000 residents out of poverty while increasing vegetation coverage from 16.2% to 53% illustrates that green technology investments can address both development and environmental objectives simultaneously. This finding challenges the conventional perception of a trade-off between economic growth and environmental protection, suggesting instead that properly designed green technology systems can create positive feedback loops wherein economic viability reinforces ecological improvement.

Looking toward the 2025–2030 horizon, the exponential growth trajectory observed in recent years is projected to continue, albeit with a significant sectoral shift. As the power sector approaches mature decarbonization pathways through solar, wind, and storage technologies, research and deployment focus will inevitably shift toward hard-to-abate sectors, including heavy industry (steel, cement, chemicals), long-haul transportation, and aviation (IEA, 2024; IRENA, 2024). This anticipated shift aligns with the prominence of hydrogen economy research identified in the keyword clustering analysis, as green hydrogen represents one of the few viable decarbonization pathways for energy-intensive sectors that cannot be directly electrified. The continued maturation of electrolyzer technologies and declining renewable electricity costs will progressively improve the economic competitiveness of green hydrogen, potentially accelerating its adoption across industrial applications.

CONCLUSION

This study, through a bibliometric analysis of three decades of research and a synthesis of diverse regional cases, advances theoretical understanding by demonstrating that the developmental logic connecting green economy frameworks with technological innovation hinges on several critical insights. These insights collectively reveal that successful transitions necessitate: (1) socio-technical system integration rather than isolated technological interventions; (2) context-specific strategies aligned with developmental phases and local conditions; and (3) dual economic-ecological value creation to ensure sustainable scalability. These findings provide actionable guidance for policymakers: successful green transitions require not merely technology deployment, but deliberate cultivation of the institutional, financial, and social infrastructure that enables technologies to achieve their transformative potential.

Several limitations warrant acknowledgment and suggest directions for future inquiry. The exclusive reliance on Web of Science data may underrepresent research from regional databases and non-English sources, while the case study selection, though geographically diverse, cannot comprehensively represent all implementation contexts. The rapidly evolving nature of green technology also means that findings reflect a temporal snapshot subject to change as emerging

innovations reshape the landscape. Future research should therefore pursue longitudinal studies to strengthen causal inference regarding policy-technology interactions, incorporate broader geographic representation, particularly from underrepresented regions, and investigate transformative technologies such as artificial intelligence and advanced energy storage systems. Research examining social equity dimensions of green technology transitions would further enrich understanding of this multifaceted field. Ultimately, this study demonstrates that the accelerating convergence of green economy principles and green technology innovation offers both analytical frameworks and practical pathways essential for navigating the urgent global transition toward environmentally sustainable and economically viable development.

REFERENCES

1. IPCC. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 35–115). Intergovernmental Panel on Climate Change. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
2. Sadeq, A. M., Homod, R. Z., Hussein, A. K., Togun, H., Mahmoodi, A., Isleem, H. F., ... & Moghaddam, A. H. (2024). Hydrogen energy systems: Technologies, trends, and future prospects. *Science of The Total Environment*, *939*, *173622*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173622
3. UNEP (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. United Nations Environment Programme. https://wedocs.unep.org/rest/api/core/bitstreams/b7d87581-4f53-4e85-83e3-4bb87f49f6ad/content
4. Ospanova, A., Popovychenko, I. P., & Chuprina, E. (2022). Green economy–Vector of sustainable development. *Problemy Ekorozwoju*, *17(1)*. https://doi.org/10.35784/pe.2022.1.16
5. United Nations. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. UNFCCC. https://unfccc.int/process-and-meetings/united-nations-framework-convention-on-climate-change
6. United Nations. (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. UNFCCC. https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf
7. United Nations. (2015). *Paris Agreement*. UN. https://sdgs.un.org/frameworks/parisagreement
8. International Renewable Energy Agency. (2024). *Renewable power generation costs in 2023*. IRENA. https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023
9. European Commission. (2019). *The European Green Deal*. European Commission. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
10. International Renewable Energy Agency. (2025). *Renewable power generation costs in 2024*. IRENA. https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024
11. Vilcassim, R., & Thurston, G. D. (2023). Gaps and future directions in research on health effects of air pollution. *EBioMedicine*, 93. https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104668
12. Zhang, D., Mohsin, M., Rasheed, A. K., Chang, Y., & Taghizadeh-Hesary, F. (2021). Public spending and green economic growth in BRI region: mediating role of green finance. *Energy policy*, 153, 112256. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112256

13. Durga, S., Evans, M., Clarke, L., & Banerjee, R. (2022). Developing new pathways for energy and environmental decision-making in India: a review. *Environmental Research Letters*, 17(6), 063004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6f13
14. Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research policy*, 41(6), 955-967. https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013
15. Raworth, K. (2018). Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st century economist. *Chelsea Green Publishing*.
16. McCauley, D., & Heffron, R. (2018). Just transition: Integrating climate, energy and environmental justice. *Energy policy*, 119, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.014
17. Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *science*, 347(6223), 1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855
18. Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. https://doi.org/10.1126/science.1172133
19. Lin, T., Du, M., & Ren, S. (2022). How do green bonds affect green technology innovation? Firm evidence from China. *Green Finance*, 4(4), 492. https://doi.org/10.3934/GF.2022024
20. Rodrik, D. (2014). Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 469–491. https://doi.org/10.1093/oxrep/gru025
21. Heshmati, A. (2017). A review of the circular economy and its implementation. *International Journal of Green Economics*, 11(3-4), 251–288. https://doi.org/10.1504/IJGE.2017.089856
22. Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic modelling*, 61, 439-447. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.012
23. Söderholm, P. (2020). The green economy transition: the challenges of technological change for sustainability. *Sustainable Earth*, 3(1), 6. https://doi.org/10.1186/s42055-020-00029-y
24. IFRS Foundation. (2023). *ISSB issues inaugural global sustainability disclosure standards*. https://www.ifrs.org/news-and-events/news/2023/06/issb-issues-ifrs-s1-ifrs-s2/
25. International Renewable Energy Agency. (2024). *Green hydrogen auctions: A guide to design*. IRENA. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Green-hydrogen_auctions_guide_to_design_2024.pdf
26. Pigato, M., Black, S., Dussaux, D., Mao, Z., Rafaty, R., & Touboul, S. (2020). *Technology transfer and innovation for low-carbon development*. World Bank Publications. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1500-3
27. Songwe, V., Stern, N., & Bhattacharya, A. (2022). Finance for climate action: Scaling up investment for climate and development. *London: Grantham research institute on climate change and the environment, London school of economics and political science.* https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/finance-for-climate-action-scaling-up-investment-for-climate-and-development/
28. BloombergNEF. (2025, June 18). *Global Energy Storage Growth Upheld by New Markets*. BNEF. https://about.bnef.com/insights/clean-energy/global-energy-storage-growth-upheld-by-new-markets/
29. BloombergNEF. (2024, December 10). *Lithium-ion battery pack prices see largest drop since 2017, falling to $115 per kilowatt-hour*. https://about.bnef.com/insights/commodities/lithium-ion-battery-pack-prices-see-largest-drop-since-2017-falling-to-115-per-kilowatt-hour-bloombergnef/

30. European Commission. (2025). *Packaging Waste Regulation*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste/packaging-packaging-waste-regulation_en
31. International Energy Agency. (2025). *Renewables 2025: Analysis and forecast to 2030*. IEA. https://www.iea.org/reports/renewables-2025
32. Schmidt, O., Melchior, S., Hawkes, A., & Staffell, I. (2019). Projecting the future levelized cost of electricity storage technologies. *Joule*, 3(1), 81-100. https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.12.008
33. LONGi (2025, April 6). *LONGi Sets New World Efficiency Record for Silicon-Perovskite Tandem Solar Cells at 34.85%*. https://www.longi.com/en/news/silicon-perovskite-tandem-solar-cells-new-world-efficiency/
34. Hauch, A., Küngas, R., Blennow, P., Hansen, A. B., Hansen, J. B., Mathiesen, B. V., & Mogensen, M. B. (2020). Recent advances in solid oxide cell technology for electrolysis. *Science*, 370(6513), eaba6118. https://doi.org/10.1126/science.aba6118
35. International Energy Agency. (2025). Electrolysers. IEA. https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/electrolysers
36. Mayyas, A. T., Ruth, M. F., Pivovar, B. S., Bender, G., & Wipke, K. B. (2019). Manufacturing cost analysis for proton exchange membrane water electrolyzers (No. NREL/TP-6A20-72740). *National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO (United States)*. https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72740.pdf
37. Araújo, H., Šljukić, B., Gago, S., & Santos, D. M. (2024). The current state of transition metal-based electrocatalysts (oxides, alloys, POMs, and MOFs) for oxygen reduction, oxygen evolution, and hydrogen evolution reactions. *Frontiers in Energy Research*, 12, 1373522. https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1373522
38. Mueller, M., Klinsmann, M., Sauter, U., Njodzefon, J. C., & Weber, A. (2024). High temperature solid oxide electrolysis–technology and modeling. Chemie Ingenieur Technik, 96(1-2), 143-166. https://doi.org/10.1002/cite.202300137
39. U.S. Department of Energy. (2024). *Clean hydrogen production cost: PEM electrolyzer*. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/24005-clean-hydrogen-production-cost-pem-electrolyzer.pdf
40. Lichner, C. (2024, March 21). *Electrolyzer prices – What to expect*. pv magazine. https://www.pv-magazine.com/2024/03/21/electrolyzer-prices-what-to-expect/
41. Zhang, X., Wang, J., Zong, K., Chen, Z., Yang, X., Yang, L., ... & Chen, Z. (2025). *Recent advances in non-noble metal-based electrocatalysts for hybrid water electrolysis systems*. Carbon Energy, 7(3), e679. https://doi.org/10.1002/cey2.679
42. Fang, B., Yu, J., Chen, Z., Osman, A. I., Farghali, M., Ihara, I., ... & Yap, P. S. (2023). Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(4), 1959-1989. https://doi.org/10.1007/s10311-023-01604-3
43. Baldé, C. P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D’Angelo, E., Althaf, S., ... & Wagner, M. (2024). *Global e-waste monitor 2024*. https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/
44. Baniasadi, M., Vakilchap, F., Bahaloo-Horeh, N., Mousavi, S. M., & Farnaud, S. (2019). Advances in bioleaching as a sustainable method for metal recovery from e-waste: a review. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 76, 75-90. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.03.047

45. Rao, M. D., Singh, K. K., Morrison, C. A., & Love, J. B. (2020). Challenges and opportunities in the recovery of gold from electronic waste. RSC advances, 10(8), 4300-4309. https://doi.org/10.1039/C9RA07607G
46. Işıldar, A., van Hullebusch, E. D., Lenz, M., Du Laing, G., Marra, A., Cesaro, A., ... & Kuchta, K. (2019). Biotechnological strategies for the recovery of valuable and critical raw materials from waste electrical and electronic equipment (WEEE)–A review. *Journal of hazardous materials*, 362, 467-481. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.050
47. Maisels, A., Hiller, A., & Simon, F. G. (2022). Chemical recycling for plastic waste: Status and perspectives. *ChemBioEng Reviews*, 9(6), 541-555. https://doi.org/10.1002/cben.202200024
48. Vollmer, I., Jenks, M. J., Roelands, M. C., White, R. J., Van Harmelen, T., De Wild, P., ... & Weckhuysen, B. M. (2020). Beyond mechanical recycling: giving new life to plastic waste. *Angewandte Chemie International Edition*, 59(36), 15402-15423.https://doi.org/10.1002/anie.201915651
49. Lubongo, C., Bin Daej, M. A., & Alexandridis, P. (2024). Recent developments in technology for sorting plastic for recycling: The emergence of artificial intelligence and the rise of the robots. Recycling, 9(4), 59. https://doi.org/10.3390/recycling9040059
50. International Energy Agency. (2025). *Strategy for the Transition to a Green Economy for the 2019-2030 Period - Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PP-4477*. IEA. https://www.iea.org/policies/11979-strategy-for-the-transition-to-a-green-economy-for-the-2019-2030-period-resolution-of-the-president-of-the-republic-of-uzbekistan-no-pp-4477
51. International Energy Agency. (2022). *Uzbekistan 2022: Energy policy review*. IEA. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/10/uzbekistan-2022-energy-policy-review_b94a8e4a/be7a357c-en.pdf
52. OECD. (2025). *Roadmap for sustainable investment policy reforms in Uzbekistan*. OECD Investment Policy Reviews. https://www.oecd.org/en/publications/roadmap-for-sustainable-investment-policy-reforms-in-uzbekistan_20865f29-en.html
53. United Nations Development Programme. (2021, May 6). *How green development will support agriculture and water use in Uzbekistan*. UNDP Uzbekistan. https://www.undp.org/uzbekistan/press-releases/how-green-development-will-support-agriculture-and-water-use-uzbekistan
54. World Bank. (2024a, September 17). How carbon markets are helping support Uzbekistan's energy transition. https://www.worldbank.org/en/news/feature/2024/09/17/how-carbon-markets-are-helping-support-uzbekistans-energy-transition
55. World Bank. (2024b, December 23). Uzbekistan to launch a new solar plant with support from the World Bank Group. https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/12/23/uzbekistan-to-launch-a-new-solar-plant-with-support-from-the-world-bank-group
56. ITDP. (2025). *BRT planning guide*. Institute for Transportation and Development Policy. https://brtguide.itdp.org
57. Lindau, L. A., Hidalgo, D., & Facchini, D. (2010). *Curitiba, the cradle of bus rapid transit*. Built Environment (1978-), 274-282. https://doi.org/10.2148/benv.36.3.274
58. Devendran, A. A., Mainali, B., Khatiwada, D., Golzar, F., Mahapatra, K., & Toigo, C. H. (2023). Optimization of municipal waste streams in achieving urban circularity in the city of Curitiba, Brazil. Sustainability, 15(4), 3252. https://doi.org/10.3390/su15043252
59. Rabinovitch, J. (1992). Curitiba: towards sustainable urban development. Environment and Urbanization, 4(2), 62-73. https://doi.org/10.1177/095624789200400206

60. Daher, A.D.S. (2024, October 17). *Curitiba: 50 years of lessons from the world's first bus rapid transit*. Streetsblog. https://usa.streetsblog.org/2024/10/17/curitiba-50-years-of-lessons-from-the-worlds-first-bus-rapid-transit
61. Yue, S., Guo, M., Zou, P., Wu, W., & Zhou, X. (2021). Effects of photovoltaic panels on soil temperature and moisture in desert areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(14), 17506-17518. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11742-8
62. CGTN. (2024, November 29). China's largest desert fully encircled with green belt. https://news.cgtn.com/news/2024-11-29/China-s-largest-desert-fully-encircled-with-green-belt-1yUOL6uP8R2/p.html
63. Xinhua. (2017, September 12). *China Focus: China turns Kubuqi Desert from dust into wealth*. XINHUANET. http://www.xinhuanet.com/english/2017-09/12/c_136604370.htm
64. Xinhua. (2025, January 16). Solar power projects drive ecological restoration in north China's deserts. https://english.news.cn/20250116/f39a8169cb6747f0a65749466e5d87c4/c.html
65. Reuters. *China completes 3,000-km green belt around its biggest desert, state media says*. Reuters. https://www.reuters.com/world/china/china-completes-3000-km-green-belt-around-its-biggest-desert-state-media-says-2024-11-29/
66. Goldemberg, J. (1998). Leapfrog energy technologies. Energy policy, 26(10), 729-741. https://doi.org/10.1016/S0301-4215(98)00025-1
67. Amankwah-Amoah, J. (2015). Solar energy in sub-Saharan Africa: The challenges and opportunities of technological leapfrogging. Thunderbird International Business Review, 57(1), 15-31. https://doi.org/10.1002/tie.21677
68. International Energy Agency (2024). Global Hydrogen Review 2024. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024

SUV RESURSLARIDAN OQILONA FOYDALANISHDA SOLIQ MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Shuxrat Jumayev
Toshkent Davlat iqtisodiyot universiteti mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqolada suv resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlashda soliq mexanizmlarining o‘rni va ahamiyati tahlil qilingan. O‘zbekistonning suv resurslari bilan bog‘liq mavjud muammolar, xususan suv tanqisligi, suvdan samarasiz foydalanish va iqtisodiy rag‘batlarning yetarli emasligi kabi omillar yoritilgan. Suvdan foydalanishda iqtisodiy rag‘batlantirish va ekologik cheklovlarni uyg‘unlashtiruvchi samarali soliq mexanizmlari bo‘yicha takliflar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari suv resurslarini boshqarishda iqtisodiy instrument sifatida soliq mexanizmlarining samaradorligini oshirish, ekologik barqarorlikni mustahkamlash va suvdan oqilona foydalanishni ta’minlashga qaratilgan amaliy tavsiyalarni o‘z ichiga oladi.

Kalit so‘zlar: suv resurslari, soliq mexanizmlari, soliq stavkasi, soliq imtiyozi, rag‘batlantirish, ekologik cheklov, suv zaxiralari, resurs

Аннотация: В данной статье анализируется роль и значение налоговых механизмов в обеспечении рационального использования водных ресурсов. Освещены существующие проблемы, связанные с водными ресурсами Узбекистана, в частности, такие факторы, как нехватка воды, неэффективное использование воды и недостаточность экономических стимулов. Разработаны предложения по эффективным налоговым механизмам, сочетающим экономические стимулы и экологические ограничения в водопользовании. Результаты исследования включают практические рекомендации, направленные на повышение эффективности налоговых механизмов как экономического инструмента в

управлении водными ресурсами, укрепление экологической устойчивости и обеспечение рационального использования воды.

Ключевые слова: водные ресурсы, налоговые механизмы, налоговая ставка, налоговая льгота, стимулирование, экологическое ограничение, водные ресурсы, ресурс.

Abstract: This article analyzes the role and importance of tax mechanisms in ensuring the rational use of water resources. Existing problems related to Uzbekistan's water resources, in particular, such factors as water scarcity, inefficient water use, and insufficient economic incentives, are highlighted. Proposals have been developed for effective tax mechanisms that combine economic incentives and environmental restrictions in water use. The research results include practical recommendations aimed at increasing the effectiveness of tax mechanisms as an economic tool in water resource management, strengthening environmental sustainability, and ensuring rational water use.

Keywords: water resources, tax mechanisms, tax rate, tax benefit, incentive, environmental restriction, water resources, resource.

KIRISH

Bozor iqtisodiyoti sharoitida mamlakatlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi ko‘p jihatdan tabiiy resurslar, jumladan suv zaxiralari va ulardan foydalanish samaradorligiga bog‘liq. Shu sababli, O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan iqtisodiy siyosatda suv resurslarini tejamkor va ratsional boshqarish ustuvor yo‘nalish sifatida belgilangan. Suvning cheklangan va ko‘p hollarda qayta tiklanmaydigan resurs ekanligi jamiyat ehtiyojlarini qondirish uchun uni samarali boshqarish zarurligini belgilaydi.

Suv hayot manbai sifatida insoniyat taraqqiyotida doimo hal qiluvchi omil bo‘lib kelgan va hozirgi kunda ham barqaror rivojlanishning asosiy faktorlaridan biri hisoblanadi. O‘zbekistonning geoiqtisodiy joylashuvi - Markaziy Osiyo markazida joylashgan hudud sifatida - suv resurslarining mamlakat iqtisodiy taraqqiyotidagi ahamiyatini yanada oshiradi. Tarixiy manbalar ham hududda suvning xo‘jalik yuritishda ustuvor rol o‘ynaganini tasdiqlaydi.

Bugungi kunda ham qishloq xo‘jaligi - xususan paxta, g‘alla va asosiy oziq-ovqat mahsulotlari yetishtirish - to‘liq ravishda suv resurslariga bog‘liq bo‘lib, uning samarali boshqarilishi milliy iqtisodiyot barqarorligi uchun hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

ADABIYOTLAR SHARHI

Suv resurslaridan samarali foydalanish masalalari, jumladan hududning suv resurslari salohiyati, ulardan oqilona foydalanish imkoniyatlari, foydalanuvchilarning xususiyatlari va tizimning funksional tuzilishi hamda undagi muammolar taniqli rus iqtisodchi olimlari A.B.Avakyan, B.Smaxtin, B.G.Semenova tomonidan atroflicha o‘rganilgan.

O‘zbekistonlik iqtisodchi olimlar – A.Rasulev, S.Boymurodov, D.Qurbonov tomonidan ham suv resurslaridan samarali foydalanishning iqtisodiy asoslari va boshqaruv mexanizmlari bo‘yicha qator ilmiy ishlanmalar amalga oshirilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu maqolada qiyosiy tahlil, induksiya va deduksiya kabi baholash usullaridan foydalanildi. Qiyosiy tahlil usuli asosida mamlakatimizda suv resurslaridan samarali foydalanish bilan bog‘liq holda iste’mol qilingan suv hajmi, undan tushgan soliq tushumlari va ularning samaradorlik reytinglari bo‘yicha ma’lumotlar o‘rganildi va tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida ilmiy xulosalar ishlab chiqildi.

TAHLIL NATIJALARI

Suv inson hayoti uchun eng muhim tabiiy boyliklardan biri bo‘lib, chuchuk suv esa juda qimmatli va nisbatan kam uchraydigan resurs hisoblanadi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, jahon suv zaxiralarining umumiy hajmida chuchuk suvning ulushi 0,35 foizdan oshmaydi. Shu bilan birga,

sifatli ichimlik suvi zaxiralari yanada cheklangan bo‘lsa-da, unga bo‘lgan talab tez sur’atlarda ortib bormoqda va chuchuk suv global miqyosda kamyob resursga aylanib bormoqda.

BMT Bosh Assambleyasining 2016-yil 6-dekabrda qabul qilingan 71/2226-son rezolyutsiyasiga muvofiq, 2018-2028-yillar “Barqaror rivojlanish uchun suv” Xalqaro o‘n yilligi deb e’lon qilingan.

O‘zbekistonda aholi va iqtisodiyot tarmoqlarini barqaror suv bilan ta’minlash, sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash, suv xo‘jaligiga bozor tamoyillari va raqamli texnologiyalarni joriy etish, shuningdek yer va suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish maqsadida “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasi” qabul qilingan. Konsepsiyada 2030-yilga qadar ustuvor maqsad va ko‘rsatkichlarga erishish belgilangan.

Suv resurslaridan tejamkor va samarali foydalanish bo‘yicha amalga oshirilayotgan qat’iy chora-tadbirlarga qaramay, suvning keraksiz isrof qilinishi, ayniqsa qishloq xo‘jaligi korxonalari tomonidan noqonuniy iste’mol holatlari hanuz dolzarbligicha qolmoqda. Shu sababli, suvdan samarali foydalanishning asosiy shartlaridan biri - suvdan foydalanganlik uchun haq to‘lash mexanizmini qo‘llashdir. Bu orqali suvni muhofaza qilish, uni qayta ishlash va suv resurslaridan oqilona foydalanishni rag‘batlantirish imkoniyati yaratiladi.

O‘zbekistonda 1998-yilgacha suvdan foydalanuvchi korxonalar “suv uchun to‘lov” to‘lab kelgan. Suv resurslaridan samarali va tejamkor foydalanishni ta’minlash maqsadida, O‘zbekiston Respublikasining “Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida”gi qonuniga muvofiq, 1998-yildan boshlab suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq joriy etilgan.

Qayd etish lozimki, 1998-yildan 2019-yilgacha - yigirma yildan ortiq davr mobaynida - suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq faqat yirik sanoat korxonalari va ayrim xizmat ko‘rsatuvchilar tomonidan to‘lanib kelgan. 2018-yilda qabul qilingan “O‘zbekiston Respublikasining soliq siyosatini takomillashtirish konsepsiyasi”ga muvofiq, ushbu soliqni to‘lash doirasi kengaytirilib, barcha tadbirkorlik subyektlari, jumladan kichik biznes, xususiy tadbirkorlar va qishloq xo‘jaligi mahsulotlari yetishtiruvchilar ham soliq to‘lovchi sifatida belgilandi.

Hozirgi kunda O‘zbekistonda suvdan foydalanuvchi yoki suvni iste’mol qiluvchi barcha tadbirkorlik subyektlari, jumladan yakka tartibdagi tadbirkorlar va dehqon xo‘jaliklari suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq to‘lovchi sifatida e’tirof etiladi.

Quyidagi jadvaldan 2018-2024-yillarda suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq to‘lovchilar sonining dinamikasini kuzatish mumkin.

Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqni to‘lovchilar sonining o‘zgarishi to‘g‘risida MA’LUMOT

Yillar	Jami soliq to‘lovchilar soni	Shundan, suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqni to‘lovchilar soni	Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq to‘lovchilar jami soliq to‘lovchilarga nisbati
2018	377400	3443	0,9
2019	412500	56000	13,6
2020	448800	125600	27,9
2021	489400	132600	27,1
2022	541500	139200	25,7
2023	542500	147000	27,1
2024	671700	153500	22,8
2025 yil kutilayotgan	701500	161200	22,9

2018-2025-yillarda O‘zbekistonda suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq to‘lovchilar soni keskin o‘sishni ko‘rsatdi. 2018-yilda ushbu to‘lovchilar soni 3 443 kishi bo‘lgan bo‘lsa, 2025-yilda 161 200 kishiga yetkazish kutilmoqda, ya’ni 2018-yilga nisbatan qariyb 46,8 martaga ko‘payishi prognoz qilinmoqda.

Jami soliq to‘lovchilar soni ham bu davrda barqaror o‘sdi: 2018-yilda 377 400 kishini tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilda 701 500 kishiga yetkazish prognoz qilinmoqda.

Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqni to‘lovchilar sonining o‘sishi bilan bir qatorda ular tomonidan byudjetga to‘lanayotgan soliqlar tushumini ham tahlil qilamiz.

Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqning byudjet daromadlaridagi ulushi (mlrd.so‘mda)

Ko‘rsatkichlar	Yillar					
	2019	1920	2021	2022	2023	2024
Davlat byudjeti daromadlari	102627,0	132938,0	164799,4	201863,7	231721,3	270775,0
Shu jumladan resurs soliqlar	19772,0	21257,0	23036,4	23912,8	28079,5	29664,2
Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq	314,5	478,8	684,4	704,1	791,4	1172,8
Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqning jami byudjet daromadlaridagi ulushi (foizda)	0,31	0,36	0,42	0,35	0,34	0,43
Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqning resurs soliqlaridagi ulushi (foizda)	1,59	2,25	2,97	2,94	2,82	3,95

Yuqorida jadval ma’lumotlari asosida 2019 - 2024-yillarda suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqning davlat byudjetidagi ahamiyatini ko‘rib chiqamiz.

2019-2024-yillarda O‘zbekistonda suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq jami byudjet daromadlarida oz ulushga ega bo‘lib, biroq resurs soliqlari ichidagi ulushi sekin-asta o‘sish tendensiyasini ko‘rsatdi.

Jami davlat byudjeti daromadlari 2019-yilda 102 627,0 mlrd so‘mni tashkil etgan bo‘lsa, 2024-yilda 270 775,0 mlrd so‘mga yetgan.

Shu davrda resurs soliqlari 19 772,0 mlrd so‘mdan 29 664,2 mlrd so‘mga oshdi.

Suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliq 2019-yilda 314,5 mlrd so‘mni tashkil etgan bo‘lsa, 2024-yilda 1 172,8 mlrd so‘mga yetdi.

Suvdan foydalanganlik uchun soliqning jami byudjet daromadlaridagi ulushi nisbatan kichik bo‘lib, 2019-yilda 0,31 foizdan 2024-yilda 0,43 foizga o‘sdi. Biroq, resurs soliqlari ichidagi ulushi sezilarli ortib, 2019-yilda 1,59 foizdan 2024-yilda 3,95 foizga yetdi. Bu suv resurslaridan foydalanganlik uchun soliqning iqtisodiy ahamiyati va bu sohadagi soliq tushumlari o‘sishi qayd etilganini ko‘rsatadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Mazkur tahlil natijalari O‘zbekistonda suv resurslaridan samarali, oqilona va tejamkor foydalanishni rag‘batlantirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan islohotlar belgilangan strategik

maqsad va ustuvor yo‘nalishlarga to‘liq mos kelayotganini ko‘rsatadi. Suv ta’minoti va irrigatsiya tizimlarida zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, boshqaruv jarayonlarini raqamlashtirish va hisob-kitobning shaffofligini ta’minlash bo‘yicha amaliy choralar natijadorlikni oshirayotganini tahlillar tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 15-avgustdagi “O‘zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarish va irrigatsiya sektorini rivojlantirishning 2025–2028-yillarga mo‘ljallangan dasturini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori doirasida ko‘zda tutilgan vazifalarning to‘liq ijro etilishi suv-energetika xavfsizligini mustahkamlash, irrigatsiya tizimlarining samaradorligini oshirish, qishloq xo‘jaligining barqaror rivojlanishini ta’minlash hamda ekologik muvozanatni saqlash uchun alohida ahamiyat kasb etadi. Mazkur maqsadlarga erishish uchun quyidagi chora-tadbirlarni izchil amalga oshirish zarur:

- Suv resurslaridan tejamkor va samarali foydalanishda sohani to‘liq raqamlashtirishga ustuvor ahamiyat qaratish. Bu jarayon suvdan foydalanishning aniqligi, tezkor nazorat va boshqaruv qarorlarining sifatini sezilarli darajada oshiradi.
- Nasos stansiyalarida o‘rnatilgan “onlayn” monitoring tizimlari va “aqlli suv” texnologiyalaridan olinadigan ma’lumotlarni to‘plash va tahlil qilish uchun yagona axborot platformasini joriy etish. Bu ma’lumotlar asosida suv oqimlari, energiya sarfi, muammoli nuqtalar va texnik nosozliklar real vaqt rejimida aniqlanishi mumkin bo‘ladi.
- Suv xo‘jaligi vazirligi tarkibida yagona raqamlashtirish markazini tashkil etish. Ushbu markaz suv iste’moli, taqsimoti va hisobini yurituvchi barcha ma’lumotlarni yagona axborot tizimida shakllantiradi hamda tegishli vazirlik va idoralar axborot resurs markazlari bilan integratsiyani ta’minlaydi. Bu esa davlat organlari o‘rtasida ma’lumot almashinuvini soddalashtiradi va boshqaruv samaradorligini oshiradi.
- Qishloq xo‘jaligida suvni tejaydigan zamonaviy irrigatsiya texnologiyalarini qo‘llaydigan xo‘jaliklarga soliq imtiyozlarini kengaytirish. Bunday rag‘batlantiruvchi mexanizmlar suvdan oqilona foydalanishni iqtisodiy jihatdan ham manfaatli qiladi hamda tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish kabi texnologiyalarning ommalashishiga xizmat qiladi.

Yuqorida ko‘rsatilgan chora-tadbirlarning izchil amalga oshirilishi suv resurslaridan foydalanishning innovatsion modelini shakllantirib, irrigatsiya sektorini tizimli modernizatsiya qilishga, ekologik barqarorlikni ta’minlashga va suv xo‘jaligi boshqaruvining samaradorligini yuqori bosqichga ko‘tarishga xizmat qiladi. Shu bois, dasturda belgilangan vazifalarning sifatli ijrosi respublikaning suv xavfsizligi va qishloq xo‘jaligi barqaror rivojlanishining asosiy omillaridan biri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasining Soliq kodeksi. –T.: “Adolat”, 2020 y. 321-327 b. O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to‘plami 1-son.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020 - 2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-6024 son farmoni.

4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 15-avgustdagi O‘zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarish va irrigatsiya sektorini rivojlantirishning 2025 - 2028-yillarga mo‘ljallangan dasturini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-250-son qarori.

5. Авакян А. Б., Широков В. М. Комплексное использование и охрана водных ресурсов: Учеб. пособие.— Мн.: Университетское, 1990,— 240 с.

6. Смахтин В. Вода - источник жизни и важнейший фактор устойчивого развития. https://news.un.org/ru/interview/2020/03/1374842

7. Семенова Г. Н. Водный налог, как элемент системы налогообложения в Российской Федерации // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2022. № 3. С. 105–117.

8. Расулев Алишер Файзиевич, Воронин Сергей Александрович, Угай Дарья Сергеевна налогообложение использования водных ресурсов: проблемы и их решение // Экономика и финансы (Узбекистан). 2022. №3 (151). 30-37.

9. Boymurotov S. Suv resurlaridan foydalanishi tartibga solishda soliq mexanzmlarining o ‘rni //xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyalar. – 2025. – Т. 1. – №. 2. – С. 263-267.

10. Қурбанов Д.Р. Сув ресурсларидан самарали фойдаланишда солиқнинг ролини ошириш //«Иқтисодиёт ва таълим», илмий журнал,. –© Иқтисодиёт ва таълим, 2015. –Б. 110-114. ISSN 2010-6130.

11. Jumayev Sh. Tabiiy resurslarni soliqqa tortish amaliyotini takomillashtirish masalalari // “Yashil iqtisodiyotni rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmlarini takomillashtirish yo‘llari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. / “Ma’mun universiteti” NTM.- Xorazm: Khwarezm publication, 2025.-618 b. 223-225 betlar.

12. Jumayev Sh. Suv resurslarini soliqqa tortishni takomillashtirish masalalari // “Suv xo‘jaligini barqaror rivojlantirishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnikaviy anjumani maqolalar to‘plami. 24-25 - mart 2025-yil. Buxoro. 480-bet. 176-181 betlar.

13. Jumayev Sh. Yashil iqtisodiyotni ta’minlashda tabiiy resurslarni soliqqa tortishni takomillashtirish // “O‘zbekistonda yashil buxgalteriya hisobi: barqarorlik va moliyaviy hisobotning xalqaro standartlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallar to‘plami (2025-yil 3-4-aprel) – T.: Science and Innovation, 2025. 548-551 betlar.

EKOLOGIK MADANIYAT, TA’LIM, MA’RIFAT VA TURIZM

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОСВЕЩЕНИЕ И ТУРИЗМ

ENVIRONMENTAL CULTURE, EDUCATION, AWARENESS-RAISING AND TOURISM

XORAZM VOHASIDA AN’ANAVIY EKOLOGIK BILIMLAR ASOSIDA EKOTURIZM MODELINI SHAKLLANTIRISH

Egamberganova Matluba Jobborgonovna
UrIU. PhD, dotsent

Annotatsiya Mazkur maqolada Xorazm vohasi aholisining an’anaviy ekologik bilimlari asosida ekoturizmni rivojlantirishning ilmiy-amaliy asoslari yoritilgan. Xalqning tabiatga munosabati, suv, yer, daraxt va hayvonot olamiga oid qadimiy qarashlari zamonaviy ekoturizm konsepsiyasi bilan uyg‘unlikda tahlil qilingan. Tadqiqot asosida Xorazm vohasining ekologik va madaniy resurslariga tayangan holda ekoturizm modelini shakllantirish bo‘yicha ilmiy takliflar ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: ekologik madaniyat, an’anaviy ekologik bilimlar, ekoturizm, Xorazm vohasi, barqaror rivojlanish, etnologiya

Аннотация В данной статье освещены научно-практические основы развития экотуризма на основе традиционных экологических знаний населения Хорезмской долины. Рассмотрено отношение народа к природе, древние представления о воде, земле, растительном и животном мире в контексте современной концепции экотуризма. На основе исследования разработаны научные предложения по формированию модели экотуризма с опорой на экологические и культурные ресурсы Хорезмской долины.

Ключевые слова: экологическая культура, традиционные экологические знания, экотуризм, Хорезмская долина, устойчивое развитие, этнология

Abstract This article highlights the scientific and practical foundations for developing ecotourism based on the traditional ecological knowledge of the population of the Khorezm oasis. The study analyzes the people's relationship with nature, their ancient views on water, land, flora, and fauna in harmony with the modern ecotourism concept. Based on the research, scientific recommendations were developed for creating an ecotourism model relying on the ecological and cultural resources of the Khorezm oasis.

Keywords: ecological culture, traditional ecological knowledge, ecotourism, Khorezm oasis, sustainable development, ethnology

KIRISH

Xorazm vohasi Markaziy Osiyoning qadimiy madaniyat va ekologik bilim markazlaridan biri hisoblanadi. Asrlar davomida bu hudud aholisi tabiat bilan uyg‘un hayot kechirishga o‘rgangan, suv resurslarini tejash, sug‘orish tizimlarini samarali ishlatish, yer va o‘simliklarni muhofaza qilish bo‘yicha an’anaviy bilimlarni shakllantirgan. Global iqlim o‘zgarishlari va antropogen bosimlar sharoitida, ushbu an’anaviy bilimlar ekologik barqarorlikni ta’minlash va zamonaviy ekoturizmni rivojlantirishda muhim ilmiy manba sifatida e’tiborga molikdir.

Ekoturizm bugungi kunda nafaqat tabiatni saqlash, balki mahalliy jamoa farovonligini oshirish va madaniy merosni targ‘ib qilishning samarali vositasi sifatida tan olinmoqda. Shu bilan birga, Xorazm vohasi o‘zining tarixiy suv tizimlari, an’anaviy bog‘lar, organik dehqonchilik tajribasi va qishloq turizmi imkoniyatlari bilan ekoturizmni barqaror rivojlantirish uchun boy resurslarga ega.

Maqolaning maqsadi - Xorazm vohasi sharoitida an’anaviy ekologik bilimlar asosida barqaror ekoturizm modelini ishlab chiqish va uni amaliy jihatdan tadbiq etishning ilmiy-asoslarini aniqlash. Tadqiqot shu bilan birga mahalliy jamoaning iqtisodiy farovonligini oshirish, ekologik madaniyatni yuksaltirish va tabiiy resurslarni muhofaza qilishga qaratilgan strategiyalarni taklif qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Xorazm vohasidagi ekologik tajribalar va an’anaviy bilimlar so‘nggi o‘n yilliklarda etnologiya, antropologiya va turizm tadqiqotlarida markaziy mavzu bo‘lib xizmat qilmoqda. Yu. Bregel[1] Xorazm tarixida sug‘orish tizimlarining iqtisodiy va ijtimoiy ahamiyatini yoritgan bo‘lsa, K. Shoniyozov[2] o‘zbek etnogenezini ekologik madaniyat bilan bog‘lab tahlil qilgan. A. Ahmadaliyev[3] va H. Islomov[4] mahalliy ekologik amaliyot, pedagogik tajriba va folklor orqali ekologik tafakkurni o‘rganishgan.

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar esa[5] barqaror rivojlanish va ekoturizmni mahalliy resurslar bilan uyg‘unlashtirish masalalarini o‘rganadi. Shu bilan birga, SCOPUS va xalqaro jurnallarda e’lon qilingan maqolalar [6,7,8] Xorazm va boshqa hududlarda ekoturizm imkoniyatlarini tahlil qilgan.

Shuni ta’kidlash joizki, Xorazm vohasi misolida an’anaviy ekologik bilimlar asosida barqaror ekoturizm modelini ilmiy jihatdan ishlab chiqish masalasi hali keng yoritilmagan. Shu nuqtai nazardan, maqola ilmiy yangilik sifatida qadrlanadi va hududdagi ekologik va madaniy resurslarni integratsiyalashgan ekoturizm modeli orqali mahalliy jamoa farovonligini oshirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda Xorazm vohasida shakllangan an’anaviy ekologik bilimlar tizimi hamda ekoturizm amaliyoti o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni aniqlash maqsadida kompleks metodologik yondashuv qo‘llanildi. Jumladan, etnografik kuzatuv usuli orqali tadqiqot hududidagi qishloq manzillari, an’anaviy bog‘lar va sug‘orish inshootlarida ekologik faoliyat shakllari bevosita kuzatildi hamda suv resurslaridan oqilona foydalanish, yer va o‘simlik qoplamasini muhofaza qilishga oid mahalliy tajribalar tizimli ravishda qayd etildi.

Tarixiy-komparativ tahlil asosida Xorazm vohasining an’anaviy suv boshqaruvi va ekologik turizm tajribasi Surxondaryo hamda Buxoro hududlari bilan qiyosiy o‘rganildi. Bu yondashuv hududlar o‘rtasidagi ekologik madaniyat, resurslardan foydalanish modellari va turizm imkoniyatlaridagi farqlarni aniqlashga xizmat qildi.

Tadqiqotning empirik qismida statistik usullar yordamida mahalliy jamoaning turizm loyihalaridan olgan daromad ko‘rsatkichlari, ekologik resurslarni tiklashga yo‘naltirilayotgan moliyaviy mablag‘lar hajmi hamda barqarorlik indikatorlari miqdoriy jihatdan tahlil qilindi. Shuningdek, chuqurlashtirilgan intervyu va sotsiologik so‘rovnomalar orqali mahalliy aholi va turizm sohasi vakillarining ekologik bilimlar darajasi, ekoturizm faoliyatiga bo‘lgan munosabati hamda taklif etilayotgan innovatsion modelni amaliyotga joriy etish imkoniyatlari atroflicha o‘rganildi.

MUHOKAMA

Xorazm vohasi qadimdan tabiiy resurslarga e’tibor bilan munosabatda bo‘lish madaniyati shakllangan hududlardan biri sanaladi. Bu hududda ekologik bilimlar avvalo suv, yer, o‘simlik va hayvonot olamini asrash tamoyillariga tayangan holda rivojlangan. Suv resurslari hayot manbai sifatida muqaddaslashtirilgan, ariq va kanallarga ehtiyotkorlik bilan munosabatda bo‘lish, suvni isrof qilmaslik, uni ifloslantirmaslik xalq ongida ijtimoiy-axloqiy me’yor sifatida qaror topgan.[1,3] Daraxt ekish, bog‘-rog‘lar barpo etish va ularni asrab-avaylash esa nafaqat xo‘jalik ehtiyojlari, balki ma’naviy qadriyat sifatida ham yuksak baholangan.[4]

An’anaviy chorvachilik va yaylovlardan oqilona foydalanish tizimi ham Xorazm etnoekologik tafakkurining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Yaylovlarning mavsumiy aylanishi, suv manbalariga yaqin joylashtirilmasligi, hayvonot olamiga zarar yetkazmaslikka oid qoidalar avloddan-avlodga og‘zaki an’ana orqali yetkazib kelingan.[2] Ushbu bilimlar tizimi voha aholisi uchun tabiat bilan muvozanatli yashashning muqobil modeli sifatida xizmat qilgan.

Bugungi global ekologik muammolar - suv va havo resurslarining ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, biologik xilma-xillikning qisqarishi va cho‘llashish jarayonlarining kuchayishi - insoniyat oldida yangi mas’uliyatlarni yuzaga chiqarmoqda. Amaliyot shuni ko‘rsatmoqdaki, ushbu muammolarni faqat texnologik yoki iqtisodiy choralar bilan bartaraf etish yetarli emas. Ularni samarali hal qilishda an’anaviy ekologik qadriyatlar, madaniy meros va ma’naviy omillarni qayta tiklash muhim ahamiyat kasb etadi.[5]

Xorazm o‘zbeklarining qadimgi e’tiqod tizimida animistik qarashlar muhim o‘rin tutgan. Amudaryo, uning tarmoqlari, daraxtlar, muayyan tabiiy obyektlar muqaddas sanalgan. Xususan, “Suv onasi” (Suu Apa) haqidagi tasavvurlar suv manbalarini e’zozlash, ularni ifloslantirmaslik, isrof qilmaslik kabi ekologik normalarning shakllanishiga xizmat qilgan. Suv bilan bog‘liq marosimlar, jumladan, yomg‘ir so‘rash udumlari tabiat bilan o‘zaro murosa va muvozanat tamoyillarini mustahkamlab kelgan.[3]

Qadimiy dehqonchilik jamoalarida urug‘ qadashdan avval maxsus marosim va duo o‘qilishi yerga bo‘lgan hurmat ramzi sifatida namoyon bo‘lgan. Bu amaliyotlar tabiatga minnatdorlik bildirish, hosildorlikni e’zozlash va ekologik mas’uliyatni kuchaytirishga xizmat qilgan.[4] Ushbu jarayonlarda inson o‘zini tabiat hukmdori emas, balki uning ajralmas bir qismi sifatida anglagan.

Qadimgi “Avesto” manbalari Markaziy Osiyoda shakllangan dastlabki ekologik qarashlar tizimini o‘rganishda muhim tarixiy-huquqiy manba hisoblanadi. Unda tabiat unsurlariga, xususan yer, suv, o‘simlik va hayvonot dunyosiga bo‘lgan munosabat diniy-axloqiy qarashlar bilan uyg‘un holda yoritilgan bo‘lib, tabiiy muvozanatni saqlashga qaratilgan muayyan majburiyatlar va jazo mexanizmlari belgilangan.

Manbada yer qatlamini buzish, uni ifloslantirish yoki unumdorligini kamaytirishga olib keluvchi harakatlar og‘ir huquqiy javobgarlik sifatida baholangan. Bunday holatlarda aybdor shaxsga nisbatan 400 qamchi urish jazosi qo‘llanilgani qayd etiladi. O‘simlik qoplamini yo‘q qilish, ayniqsa xo‘jalik va madaniy ahamiyatga ega bo‘lgan turlarni nobud etish esa ekologik barqarorlikka qarshi qaratilgan xatti-harakat sifatida talqin qilinib, unga nisbatan moddiy va biologik kompensatsiya choralari joriy etilgan.

Xususan, yetkazilgan zararni qoplash maqsadida 10 000 barsus miqdorida tovon to‘lash, 1 000 dona xushbo‘y gul urug‘ini qayta ekish, shuningdek, ekotizim barqarorligi uchun muhim bo‘lgan 1 000 tok tomiri va 1 000 suv bilan bog‘liq biologik tur vakilligini tiklash majburiyati yuklatilgan. Ushbu normalar “Avesto”dagi ekologik qarashlar tizimi faqat ma’naviy-axloqiy me’yorlar majmui bo‘lib qolmasdan, balki tabiatni muhofaza qilishga qaratilgan aniq huquqiy tartibotlar majmuasini ham o‘z ichiga olganini ko‘rsatadi.[9]

Mazkur etnoekologik an’analar bugungi kunda zamonaviy ekoturizmni rivojlantirishda muhim nazariy va amaliy asos bo‘lib xizmat qilmoqda. Xorazm vohasida mahalliy ekologik bilimlar asosida barqaror ekoturizm modelini shakllantirish tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, madaniy merosni asrash va aholi daromadini oshirish imkonini beradi.

Taklif etilayotgan innovatsion ekoturizm modeli quyidagi asosiy yo‘nalishlarni qamrab oladi:

- an’anaviy sug‘orish tizimlari, tarixiy suv inshootlari, qishloq bog‘lari va tabiiy landshaftlar bo‘ylab ekoturistik marshrutlarni tashkil etish;
- mahalliy aholining gidlik, hunarmandchilik, qishloq turizmi xizmatlari orqali faol ishtirokini ta’minlash;
- ekoturizm daromadlarining muayyan qismini florani tiklash, fauna muhofazasi va ekologik loyihalarni qo‘llab-quvvatlashga yo‘naltirish;
- raqamli monitoring tizimlari asosida ekologik nazorat va sayyohlar uchun ekologik ma’rifatni rivojlantirish.

NATIJALAR

Prognozlarga ko‘ra, mahalliy jamoa ishtirokiga asoslangan ekoturizm loyihalari hudud iqtisodiyotida daromad hajmini 25–30 foizga oshirishi, suv va yer resurslarini tiklashga yo‘naltiriladigan moliyaviy mablag‘lar esa 15–20 foiz miqdorida shakllanishi mumkin.

Solishtirma tahlillar Xorazm vohasining Surxondaryo va Buxoro hududlariga nisbatan an’anaviy sug‘orish madaniyati, suv inshootlari merosi va etnoekologik bilimlar tizimi jihatidan yuqori ekoturistik salohiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.[6] Shu sababli Xorazm vohasida etnoekologik bilimlar asosida shakllantiriladigan ekoturizm modeli nafaqat hududiy barqaror rivojlanish, balki milliy ekologik xavfsizlikni ta’minlashda ham muhim strategik ahamiyat kasb etadi.

Xulosa qiladigan bo‘lsak, Xorazm vohasida shakllangan an’anaviy ekologik bilimlar bugungi kunda nafaqat tarixiy meros, balki zamonaviy ekoturizmni rivojlantirishning ilmiy asosini tashkil etadi. Maqolada taklif etilgan ekoturizm modeli barqaror rivojlanish, mahalliy jamoa farovonligi va ekologik barqarorlikni ta’minlaydi. Maqolada Xorazm vohasida an’anaviy ekologik bilimlar asosida barqaror ekoturizm modeli birinchi marta ilmiy jihatdan ishlab chiqildi, uni raqamli monitoring, ekologik ta’lim va mahalliy jamoa daromadlarini integratsiyalash orqali barqaror rivojlanishga yo‘naltirish taklif qilindi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Брегель, Ю. *История Хорезма*. Ташкент: Фан, 1996.
2. Shoniyozov, K. *O‘zbekiston etnogenezi*. Toshkent: “Akademiya”. 2010.
3. Ahmadaliyev, A. *O‘zbek xalqi an’analari*. Toshkent: “Sharq”. 2015.
4. Islomov, H. *O‘zbek xalq pedagogikasi*. Toshkent: “Universitet” nashriyoti. 2012.
5. O‘zbekiston Respublikasi *Ekologik siyosat konsepsiyasi*. Toshkent. 2023. https://lex.uz/docs/-6479134
6. Xojyozova, D. Sh. Xorazm vohasining tuproq-ekologik sharoiti va unga ta’sir qiluvchi omillar. *Journal of Science-Innovative Research in Uzbekistan. 2025.*
7. Karimova, D. H. Xorazm vohasida uchraydigan cho‘l o‘simliklari tuzilishining o‘ziga xosligi. *IKRO jurnali.2025.*
8. Abduraxmonova, Z. O‘zbekistonda ekologik turizmni rivojlantirish masalalari. *Yashil Iqtisodiyot va Taraqqiyot.2024.*
9. Очилова Б. Экология ва дунёқараш. Тошкент: Тафаккур нашриёти, 2013. Б.13.

REIMAGINING PROFESSIONAL IDENTITY AND SOCIAL MOBILITY: SOCIAL CAPITAL FORMATION AMONG YOUNG INNOVATORS IN TECH AND SUSTAINABILITY STARTUPS

Rafis Abazov
Institute for Green and Sustainable Development at Kazakh National Agrarian Research University

Abstract. *In a rapidly evolving labor market shaped by digitalization, educational paradigm shift, and startup culture, young professionals are increasingly redefining their career identities outside traditional employment pathways. This paper explores how youth participating in tech and sustainability-focused startups construct new forms of professional identity and upward mobility through the lens of Social Capital Theory. Drawing on mixed-method research—survey data and focus groups with early-career professionals in Kazakhstan—the study examines how weak ties (bridging capital) formed in startup ecosystems are converted into strong, durable connections (bonding capital) that support long-term career development.*

The findings reveal that startups serve not only as platforms for experimentation and skills acquisition but also as catalysts for building professional networks grounded in shared innovation values. These environments promote fluid hierarchies, digital peer learning, and performance-based visibility, enabling youth to bypass traditional gatekeepers. Startups mediated by EdTech and AI tools become critical sites for constructing reputational capital, especially for those outside elite institutions.

By illuminating how social capital is actively built in non-traditional career spaces, this study contributes to debates on the future of work, youth agency, and inclusive innovation ecosystems. The results carry implications for education policy, labor mobility frameworks, and sustainable development in emerging economies.

Keywords: social capital, startups, EdTech, professional identity, youth, career mobility, innovation ecosystems

Annotatsiya. *Raqamlashtirish, ta’lim paradigmasining o‘zgarishi va startap madaniyati bilan shakllangan tez o‘zgaruvchan mehnat bozorida yosh mutaxassislar an’anaviy ishga joylashish yo‘llaridan tashqarida o‘z* ***kasbiy o‘ziga xosligini*** *tobora ko‘proq qayta belgilamoqdalar. Ushbu maqola* ***Ijtimoiy Kapital Nazariyasi*** *prizmasi orqali texnologik va barqaror rivojlanishga yo‘naltirilgan startaplarda ishtirok etayotgan yoshlarning kasbiy o‘ziga xoslik va yuqoriga* ***ijtimoiy mobillikning*** *yangi shakllarini qanday qurayotganini tadqiq etadi. Qozog‘istondagi faoliyatining dastlabki bosqichidagi mutaxassislar bilan o‘tkazilgan aralash tadqiqot usullari – so‘rovnoma ma’lumotlari va fokus-guruhlarga tayanib, ish startap ekotizimlarida shakllangan* ***zaif aloqalar (bridging capital)*** *qanday qilib uzoq muddatli kasbiy rivojlanishni qo‘llab-quvvatlovchi kuchli, barqaror aloqalarga* ***(bonding capital)*** *aylanayotganini o‘rganadi.*

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, startaplar nafaqat tajriba o‘tkazish va ko‘nikmalar orttirish uchun platforma bo‘lib xizmat qiladi, balki umumiy innovatsion qadriyatlarga asoslangan ***kasbiy tarmoqlarni yaratishda katalizator*** *hamdir. Bu muhitlar moslashuvchan ierarxiyalarni, tengdoshlar orasida raqamli o‘rganishni va natijalarga asoslangan ko‘rinishni rag‘batlantiradi, bu esa yoshlarga an’anaviy «darvozabonlar» (gatekeepers)ni chetlab o‘tish imkonini beradi.* ***EdTech va Sun’iy Intellekt (AI)*** *vositalari bilan bog‘langan startaplar, ayniqsa, elit muassasalardan tashqarida bo‘lganlar uchun* ***obro‘ kapitalini shakllantirishda*** *juda muhim maydonlarga aylanadi.*

*Ijtimoiy kapital an’anaviy bo‘lmagan kasbiy makonlarda qanday faol qurilayotganini yoritish orqali, ushbu tadqiqot **mehnatning kelajagi**, **yoshlarning subyektligi** va **inklyuziv innovatsiya ekotizimlari** haqidagi munozaralarga hissa qo‘shadi. Natijalar rivojlanayotgan iqtisodiyotlarda ta’lim siyosati, mehnat mobilligi doiralari va barqaror rivojlanish uchun amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *ijtimoiy kapital, startaplar, EdTech, kasbiy o‘ziga xoslik, yoshlar, kasbiy mobillik, innovatsiya ekotizimlari.*

Аннотация. *В условиях быстро меняющегося рынка труда, формируемого цифровизацией, сменой образовательной парадигмы и культурой стартапов, молодые специалисты все чаще переопределяют свою карьерную идентичность вне традиционных путей трудоустройства. Данная статья исследует, как молодежь, участвующая в технологических стартапах и стартапах, ориентированных на устойчивое развитие, конструирует новые формы профессиональной идентичности и восходящей мобильности через призму Теории социального капитала. Опираясь на смешанный метод исследования — данные опросов и фокус-групп со специалистами на ранних этапах карьеры в Казахстане — работа изучает, как слабые связи (бриджинговый капитал), сформированные в стартап-экосистемах, конвертируются в сильные, устойчивые связи (бондинговый капитал), которые поддерживают долгосрочное карьерное развитие.*

Полученные результаты показывают, что стартапы служат не только платформами для экспериментов и приобретения навыков, но и катализаторами для создания профессиональных сетей, основанных на общих инновационных ценностях. Эти среды поощряют гибкие иерархии, цифровое обучение в среде равных и видимость, основанную на результатах, что позволяет молодежи обходить традиционных «привратников» (gatekeepers). Стартапы, опосредованные инструментами EdTech и ИИ, становятся критически важными площадками для конструирования репутационного капитала, особенно для тех, кто находится за пределами элитных учреждений.

Освещая, как социальный капитал активно строится в нетрадиционных карьерных пространствах, это исследование вносит вклад в дебаты о будущем труда, субъектности молодежи и инклюзивных инновационных экосистемах. Результаты имеют значение для образовательной политики, структур трудовой мобильности и устойчивого развития в развивающихся экономиках.

Ключевые слова: социальный капитал, стартапы, EdTech, профессиональная идентичность, молодежь, карьерная мобильность, инновационные экосистемы.

1. Introduction

In the early 21st century, labor markets around the world are experiencing a sea change. The rapid pace of technological innovation, shifting environmental imperatives, and the decentralization of employment structures have caused a fundamental shift in traditional pathways to career advancement and social mobility. Young professionals lie at the heart of this change, many of whom increasingly engage with new forms of work and innovation ecosystems, particularly through involvement in technology and sustainability-oriented startups. Such startups not only reshape industrial norms but also provide alternative sites for professional identity formation, skill acquisition, and network building. This is in line with Arthur and Rousseau (1996), Brynjolfsson and McAfee (2014), and ETF (2024).

Against this backdrop, this paper explores how young people involved with tech and sustainability startups forge new forms of professional identity and gain access to social mobility,

particularly when traditional labor market institutions are rigid, exclusionary, or in flux. Based on the theoretical framing of social capital by Bourdieu (1986), Coleman (1988), and Putnam (2000), this paper examines how bridging and bonding social capital are developed and mobilized within the ecosystems of startups. Such ecosystems, characterized by flat hierarchies, peer learning, and digital mediation, have created opportunities for young innovators to bypass conventional career gatekeepers and develop reputational capital based on competence and community validation.

Contemporary youth have to navigate the world where linear career trajectories gave way to fluid portfolio models of work. In this context, identity is increasingly shaped not by institutional affiliation or fixed job titles but through project-based collaboration, online visibility, and adaptive learning (Ibarra, 2003; Stephany & Teutloff, 2022). Particular to emerging economies, such as Kazakhstan in which this study is placed, startup ecosystems become an important arena wherein young people can test alternative routes to upward mobility, professional recognition, and economic participation (ETF, 2020). Access to these ecosystems, however, or even benefits they would promise, is neither uniform nor automatic. Instead, it is mediated by digital literacy, language proficiency, and the ability to forge meaningful connections in a fast-paced, innovation-driven environment (Uzzi, 1996; Granovetter, 1973; Enbek, 2021).

The importance of social capital in this equation cannot be overstated. As Bourdieu (1986) succinctly captures, social capital consists of the resources accessible through durable networks of mutual acquaintance and recognition. In the contexts of startups, these networks are most often informal, horizontal, and digitally mediated—both an opportunity and challenge for early-career professionals. Weak ties—ephemeral, more often than not, digital-first contacts—can bridge to new opportunities and ideas (Granovetter, 1973; Enbek 2023). To effect lasting career gains, however, such weak ties would have to consolidate into strong, trust-based relationships in ways that support, mentor, and socially validate the individual. It is this process, central to the concept of bonding capital, that lies at the very heart of career sustainability and long-term professional growth (Putnam, 2000).

The study explores young professionals within the realm of startups in Kazakhstan, with particular attention to enterprises that are technology-driven and sustainability-oriented. Kazakhstan offers a particularly interesting case: as a post-Soviet economy in the context of digital and ecological modernization, it epitomizes many of the contradictions experienced by transitional societies caught between legacy structures and future-ready workforce strategy options (OECD, 2022). Also, with growing hubs for innovation such as Almaty, Astana, and regional centers, Kazakhstan provides a very strong empirical setting for assessing the role of startups as “career laboratories” for the next generation of professionals (ETF, 2020; ADB, 2020).

This study makes use of a mixed-methods approach to understand the cognitions and attitudes of young professionals on their engagement with startups as a vehicle for identity building, skills development, and career experimentation. Moreover, it investigates how EdTech platforms and AI tools mediate access to knowledge, visibility, and professional communities. Rather than serving as training mechanisms, these technologies actually play an active role in constructing and validating professional identity. As such, EdTech and AI serve both as accelerators and gatekeepers within the broader innovation economy.

The article is organized as follows. First, the critical literature review synthesizes foundational work in the field of social capital with more recent scholarship on youth employment, digital labor, and startup ecosystems. This synthesis highlights several gaps in the literature regarding the relationships among social capital formation, digital mediation, and

career mobility within emerging markets. Second, the theoretical framework elaborates how the concepts of bridging and bonding capital are being developed in light of EdTech-facilitated learning and AI-driven work environments related to startup contexts. Third, the methodology describes the empirical design that covers participant demographics, data collection instruments, and coding strategy. Fourth, the analysis presents key findings from survey and focus groups, which are linked to patterns of identity formation, network building, and mobility aspirations among young professionals. Fifth, the discussion places such findings into broader debates concerned with labor precariousness, youth agency, and the reconfiguration of work in the digital age. Finally, the conclusion reflects on the policy and practical implications of this research and makes recommendations for inclusive innovation strategies, education reform, and the development of startup ecosystems.

By bringing the voices and lived experiences of youth to the fore, this article adds to a richer understanding of how professional identity and social capital are currently being reconfigured by digital technologies and entrepreneurship cultures in real-time. The assumption that the future of work is a solely technological or economic phenomenon is resisted; instead, it is framed as an irreducibly social-relational process—where the capacity to connect, learn, and adapt becomes as critical as technical skill itself (World Bank 2024; UNDP 2024). As societies worldwide wrestle with building resilient and inclusive labor markets, this research provides helpful insights into the ways in which young innovators navigate such complexity and forge meaningful career trajectories in the face of structural uncertainty.

2.0. Literature review

As work transitions into the digital and green economy, new career paths are being carved out not only by technological disruption but also by the emergence of startup ecosystems in diverse geographic contexts. Particularly in sustainability and tech-driven sectors, startups have emerged as micro-environments for accelerated learning, identity formation, and new forms of professional networking. This literature review explores four intersecting strands of research: (1) the role of social capital in labor and career mobility; (2) the redefinition of professional identity in startup ecosystems; (3) the mediating roles of EdTech and AI; and (4) the specific implications for youth in emerging economies. This synthesis sets the foundation for understanding how new forms of capital are shaping the future of professional mobility.

2.1. Social Capital Theory and Labor Mobility

Social capital, as defined by Bourdieu (1986), consists of the resources accessed through relationships, networks, and institutional affiliations. Coleman (1988) emphasized the function of social capital in the creation of human capital, noting how social structures can enhance or constrain individual agency. Putnam (2000) famously differentiated between bonding and bridging capital—the former nurturing close, trust-based ties, and the latter facilitating access to novel information and opportunities.

In the context of startups, particularly in non-traditional markets, bridging capital becomes critical. Granovetter’s (1973) theory of the “strength of weak ties” continues to inform contemporary analyses of professional networking, especially for youth navigating unstable labor markets (Huang, 2019). Uzzi (1996) and Burt (2000) provide empirical support for the proposition that social capital influences entrepreneurial performance and knowledge-sharing, especially when embedded in flexible, dynamic organizational environments.

More recent work emphasizes how digital networks shift traditional understandings of social capital. Schaufeli et al. (2021) argue that digital social capital increasingly substitutes for institutional gatekeeping, enabling career acceleration via online collaboration, endorsement systems (e.g., LinkedIn), and social proof. In sustainability-oriented startups, networking often

occurs through “eco-clusters” or social entrepreneurship hubs, where hybrid forms of capital—economic, cultural, and symbolic—coexist (Chell, 2007; Abazov, 2021).

2.2. Professional Identity in Startup Ecosystems

The startup space offers a particularly fertile ground for the formation of new professional identities. Arthur and Rousseau’s (1996) “boundaryless career” model proposes that careers are increasingly shaped by mobility across firms and sectors, rather than upward progression within one organization. This paradigm has gained traction in environments where flexible, project-based work dominates.

Ibarra (2003) contributes a more micro-level perspective by framing identity as a dynamic process of “working identity,” where individuals experiment with possible selves through projects, mentorship, and social feedback. In the startup context, identity work is often fast-paced, socially performed, and highly visible. The volatility of the sector may produce both rapid personal growth and high levels of precarity (Gandini, 2016).

Gauntlett (2011) and Duffy and Hund (2015) emphasize the role of digital platforms in shaping identity—where self-presentation, social sharing, and creative portfolios become key indicators of competence. For young professionals, identity is not only tied to what they do but also to how well they communicate their value across platforms.

In green or sustainability-focused startups, identity development is also linked to values and ethics. Studies suggest that millennial and Gen Z professionals are particularly drawn to work that aligns with environmental or social goals, seeking not just employment but impact-driven purpose (Stephany & Teutloff, 2022; Abazov, 2020).

2.3. EdTech and AI as Mediators of Career Building

The rise of EdTech has dramatically altered pathways into professional roles. MOOCs, bootcamps, microcredentials, and gamified learning platforms offer young people alternative—and often more accessible—ways to gain career-relevant skills (Yuan & Powell, 2013; Veletsianos & Moe, 2017). These tools often provide on-demand, modular learning tailored to rapidly evolving sectors such as digital marketing, software engineering, and sustainability consulting.

However, critiques highlight that while EdTech promises democratization, it may also reinforce inequalities when used in isolation (Komljenovic, 2024). Now, mentoring, peer engagement, or contextualized feedback, and access to various platforms can help to build durable competencies for free. Learners from marginalized backgrounds and communities can work with self-directed models of learning and supportive ecosystems (Abazov, 2024).

AI adds further complexity. On one hand, AI-driven systems can personalize learning, recommend jobs, and offer continuous feedback—creating real-time learning loops (St Hilaire et al., 2022). On the other, algorithmic bias, opaque scoring mechanisms, and over-automation of hiring practices may undermine the very inclusivity these technologies promise (Nguyen & Bartram, 2018).

Crucially, EdTech and AI do not eliminate the need for social capital—they mediate and amplify it. As Spivack (2015) puts it, “learning in the flow of work” involves social validation and peer interaction, not just content mastery. Youth who can leverage digital platforms for both learning and networking tend to gain more durable benefits than those who approach them transactionally (Scharf & Holzmann, 2016).

2.4. Startups, Youth, and Emerging Economies

In emerging economies like Kazakhstan, the interplay between startups, youth employment, and digital tools carries distinct characteristics (Enbek, 2023; UNDP, 2024). While the global discourse on innovation is often led by high-income countries, studies show that in

transition economies, startups play an outsized role in bypassing institutional bottlenecks such as rigid higher education systems or bureaucratic hiring (OECD, 2022; Abazov, 2019).

Young professionals in these contexts face both promise and precarity. The low barriers to entry in startup environments mean they can participate despite limited credentials, yet the lack of safety nets or formal support structures increases vulnerability (World Bank, 2024). Moreover, digital fluency, access to high-speed internet, and multilingualism (especially English) remain significant stratifying factors.

Research by Andersson and Rosenqvist (2024) on EdTech business models in Central Asia indicates that startup environments are fertile grounds for hybrid learning and experimentation. However, structural limitations—such as urban-rural divides or gendered access to technology—continue to limit inclusive participation (Enbek, 2023; ETF 2020).

Several scholars (Yoon & Lee, 2020; Majchrzak et al., 2013) argue for the importance of community-based learning, mentorship infrastructure, and transparent AI tools to mitigate these inequalities. Platforms that integrate learning with visibility (e.g., GitHub, Behance, Devpost) provide affordances for both skill-building and social signaling, which are critical for mobility.

In sum, the literature converges on the idea that social capital is being reconfigured in digital and startup-driven environments. For young innovators in tech and sustainability fields, career success is less about stable employment and more about dynamic identity work, continuous upskilling, and networked credibility. Empirical studies suggest that EdTech and AI tools serve as accelerators—but only within supportive ecosystems that foster both bridging and bonding social capital (Enbek, 2023).

Despite this growing body of work, there remains a significant gap in region-specific, empirically grounded studies on youth, startups, and digital career building—particularly in emerging economies (ADB, 2020, World Bank, 2024). This study addresses this gap by drawing on focus group data and mixed methods research in Kazakhstan. It offers a nuanced view of how young professionals build professional identities, navigate social capital, and reimagine mobility in the future of work.

3.0. Theoretical Framework

The foundation of this study rests on the theoretical lens of **social capital theory**, integrated with insights from theories of **professional identity construction** and **digitally mediated career development**. Together, these frameworks offer a multidimensional perspective on how young professionals in tech and sustainability startups navigate emerging work landscapes, construct social mobility pathways, and reimagine professional identities.

3.1. Social Capital as a Career Asset

Social capital theory, rooted in the work of Pierre Bourdieu (1986), posits that access to networks, norms, and trust-based relationships constitutes a form of capital that individuals can leverage for personal and professional advancement. Bourdieu emphasized that social capital is closely tied to economic and cultural capital and is often unequally distributed based on one’s class position or institutional affiliations.

James Coleman (1988) extended this theory by conceptualizing social capital as the relational structures that facilitate human capital formation. His view underlined the functional utility of social networks in achieving instrumental goals—such as educational or occupational attainment. Robert Putnam (2000) further enriched the discourse by distinguishing between **bonding capital** (deep, trust-based connections within homogeneous groups) and **bridging capital** (looser ties that connect individuals to new and diverse resources or information).

In the context of startup ecosystems—particularly those in developing or transitional economies—bridging capital is vital. It enables early-career professionals to break into innovation-driven environments that may otherwise remain inaccessible through formal

institutional pathways. Granovetter’s (1973) seminal work on the “strength of weak ties” supports this view, suggesting that connections with acquaintances, rather than close-knit groups, often provide the most valuable leads for employment and opportunity.

3.2. Startup Ecosystems and Emergent Social Capital

Startups represent not only economic engines but also **social laboratories** where traditional hierarchies and institutional affiliations are often replaced by flat structures and project-based collaboration (Uzzi, 1996; Liao & Welsch, 2005). In such environments, social capital is not inherited or passively accumulated—it is **actively constructed** through visibility, reciprocity, and digital participation. This aligns with Burt’s (2000) notion of “structural holes,” where individuals can benefit from brokering relationships across disconnected groups, gaining status and influence.

In sustainability-oriented and tech-driven startups, professional ties are increasingly forged through shared goals, online collaboration, and informal mentorship networks. Such interactions facilitate the **conversion of bridging capital into bonding capital**, which is essential for sustained professional growth and social mobility (Siisiäinen, 2003). Unlike traditional employment paths, where longevity and institutional loyalty are rewarded, startups privilege adaptability, peer validation, and self-branding—forms of capital particularly salient among younger generations (Komljenovic, 2024; ETF, 2020; ETF, 2024).

3.3. Professional Identity in Flux

Professional identity, traditionally shaped by long-term affiliation with specific roles or institutions, is now **fluid and performative**, especially in entrepreneurial ecosystems. Ibarra (2003) introduced the concept of “working identity,” emphasizing identity construction as a process of exploration and narrative crafting. In the context of startups, where roles are often interdisciplinary and transient, individuals are required to constantly adapt, experiment, and redefine themselves in response to market needs and project cycles.

This process is further accelerated by the **digitization of reputation and visibility**. Platforms such as LinkedIn, Odnoklassniki, and others allow for the continuous curation of one's professional persona (ETF, 2020; Enbek, 2023). In turn, these platforms reinforce a feedback loop between social capital and identity, where endorsements, followers, and project showcases become new forms of career currency (Gauntlett, 2011; Duffy & Hund, 2015).

While EdTech and AI are often treated as **technical enablers** of learning, they also function as **social infrastructure**—spaces where individuals build, maintain, and expand professional networks. These tools facilitate the conversion of weak ties (e.g., peer learners, online mentors, course forums) into durable career capital (Stephany & Teutloff, 2022; Spivack, 2015). This is especially true in settings with limited access to traditional educational or employment pipelines (Abazov, 2024).

However, this process is neither uniform nor equitable. Access to EdTech, proficiency in digital self-presentation, and algorithmic visibility vary greatly across geographies and social groups (Nguyen & Bartram, 2018). As such, digital participation becomes both a **source of opportunity and exclusion**, reinforcing the argument that social capital must be examined alongside issues of **infrastructure, inequality, and digital literacy**.

n transitional economies like Kazakhstan, where traditional career models are often rigid and bureaucratic, the startup sector offers a **parallel structure of opportunity**. Here, social capital is not acquired through institutional credentials but through digital networks, entrepreneurial credibility, and self-directed learning (OECD, 2022). Yet, as Abazov (2021; 2024) argues, such models also expose youth to heightened volatility and demand for self-regulation, making social capital **a prerequisite** for navigating this precarious learning terrain.

By framing the study through this integrated theoretical approach, the article examines how **young innovators strategically build and convert social capital** in startup environments, how digital tools mediate this process, and how these dynamics intersect with broader questions of identity and mobility.

4.0. Research Methods

4.1. Research Design

This study employed a **mixed-methods research design**, combining qualitative and quantitative approaches to capture the multidimensional processes of social capital formation, professional identity construction, and career mobility among young professionals involved in tech and sustainability startups. By integrating three focus group discussions and a structured online survey, the study aimed to triangulate data on personal experiences, professional trajectories, and digitally mediated learning.

The rationale for using a mixed-methods approach was grounded in the complexity of the research topic. Social capital, identity development, and career transitions are not only behavioral phenomena but also socio-cognitive processes influenced by cultural, technological, and institutional contexts (Creswell & Plano Clark, 2018). This design allowed for both depth (via focus groups) and breadth (via survey) in data collection and interpretation.

4.2. Participants and Sampling

The target population for this study consisted of students and young professionals aged 20–45, located primarily in Kazakhstan, who had experience in either:

- Tech or sustainability-focused startups,
- Participation in EdTech platforms or digital upskilling,
- Engagement with remote or freelance work,
- Exploration of international migration or mobility linked to digital career aspirations.

Participants were recruited using a **purposive sampling** strategy through professional networks, startup hubs, university incubators, and online platforms (LinkedIn, Telegram, and Facebook groups). A total of **118 individuals** completed the online survey, and **24 individuals** participated in one of the three focus group sessions. All participants provided informed consent and were assured of confidentiality and anonymity.

Data Collection

1. Focus Group Discussions

Three **semi-structured focus group discussions** were conducted between March and June 2025. Each session lasted approximately 60-70 minutes and was conducted via Zoom and in person. Discussions were moderated using a scenario-based script aligned with the article’s conceptual framework (see Appendix A). Key topics included:

- Career experimentation in startup environments,
- Experiences with EdTech platforms and AI tools,
- Professional identity shifts,
- Barriers to network building and digital inclusion,
- Migration intentions influenced by digital labor markets.

Each session was transcribed verbatim, and translated into English for analysis where necessary.

2. Questionnaire-Based Survey

An original **Google Forms survey** was developed to capture both closed and open-ended responses. The survey included sections on:

- Demographic background (age, gender, education, geography),
- Startup experience and role(s),

- Use of EdTech and AI tools for professional development,
- Social capital indicators (network size, mentorship access, peer collaboration),
- Career aspirations and perceived opportunities for upward mobility.

Most closed questions used a 5-point Likert scale, while several items allowed open responses for elaboration. The survey yielded 118 valid responses after initial screening.

Data Analysis

Qualitative Data: Focus Groups

Qualitative data were analyzed using **thematic analysis**, following Braun and Clarke's (2006) six-phase process. Transcripts were coded using a combination of deductive categories derived from the literature (e.g., bonding vs. bridging capital, identity work, AI-mediated learning) and inductively generated themes (e.g., "portfolio signaling," "microlearning confidence," "startups anxiety").

Particular attention was paid to how participants narrated transitions in their professional identity and described their strategies for navigating digital ecosystems.

Quantitative Data: Survey Responses

Frequencies, cross-tabulations, and mean comparisons were used to explore correlations between EdTech use, network strength, and career mobility intentions. Key variables included:

- Frequency of digital upskilling activity including about startup operaotins,
- Number of professional contacts formed online,
- Self-assessed career clarity and confidence,
- Interest in migration or remote work.

Preliminary findings suggest that frequent users of EdTech platforms were more likely to report successful transitions into higher-skilled roles and increased visibility in online networks. However, access to mentorship and language proficiency were also critical mediating factors.

Ethical Considerations

This research adhered to institutional ethical guidelines. Participants were provided with an information sheet outlining the purpose of the study, their rights, and the voluntary nature of participation. All data were anonymized, stored securely, and used solely for research purposes. Participants had the right to withdraw at any stage without consequence.

Limitations

While the mixed-methods approach added depth and richness to the study, several limitations must be acknowledged:

- The sample size was relatively small and non-random, limiting generalizability.
- The reliance on digital platforms for data collection may have excluded less digitally literate individuals.
- The qualitative data reflect participants' perceptions rather than longitudinal career outcomes.

Despite these limitations, the study offers novel insights into the hybrid nature of career development and social mobility in emerging startup ecosystems, especially within under-researched regional contexts such as Central Asia.

5.0. Findings / Results

5.1. Participant Characteristics

In total, 118 survey respondents and 24 focus-group participants took part in this study. The survey sample comprised 42 men (36%) and 75 women (63%), with ages spanning 21 to 42 years. Regarding startup involvement, 7.6% reported working in a tech or sustainability startup; 56.8% did not work in startups, but they would lie to consider working in future. 16.1 employed by a startup in the past.

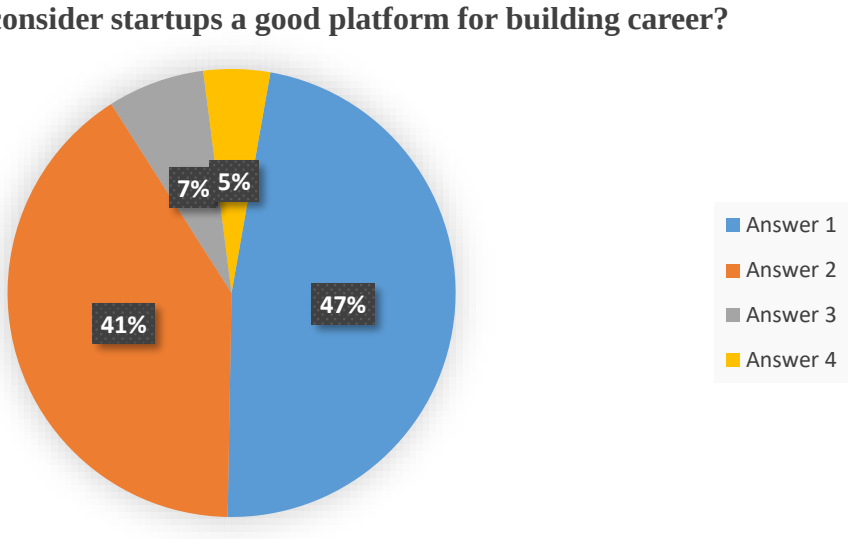
Focus group participants echoed similar demographic patterns: 14 men and 10 women, ages 22–39, broadly representing Almaty, Astana and several regional cities. Most had worked in early-stage companies or freelance digital ventures, and 75% had participated in an EdTech course or used AI tools in their last six months.

5.2. Career Shifts and Start-up Engagement

In the reply to the question “Do you consider startups a good platform for building career?”, the survey results reveal that 47.5% of respondents described their current career role as “Yes, it is the best way to get experience and [network] connections!” In addition, 40.7% indicated that “Probably yes, but there are some risks of instability. Only about 7% replied “Probably no, traditional careers offer more prospects” and only 4.8% replied “no working in startups is not [a good platform for building career]”

In focus-group discussions, participants spoke of startups as “career laboratories” where “one week you are data-analyst, next week you also pitch to investors” (P6). Another said: “In a corporate job I was stuck; in startup I’m already co-founder without ten years of experience” (P13). These qualitative findings underscore how startup contexts enable the kind of role experimentation that supports career mobility.

Figure 1. Career shifts and performance

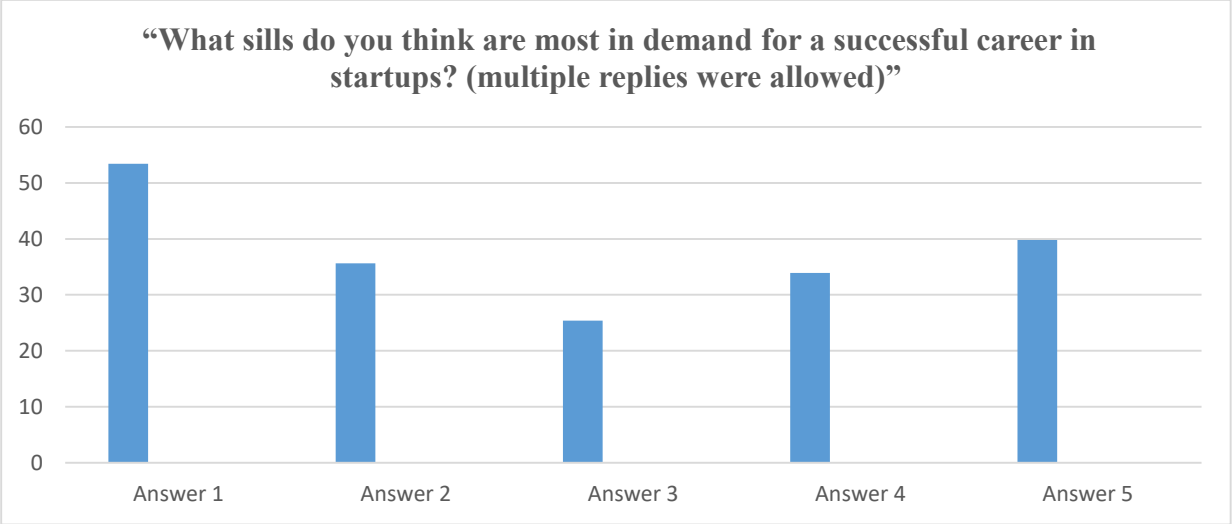


5.3. EdTech & Skills and Competences Patterns

Concerning skills and competences use, the survey offered a question “What sills do you think are most in demand for a successful career in startups? (multiple replies were allowed)” the results of the survey findings show that 53.4% of respondents indicated “Flexibility and ability to quickly adjust to the new skill demands”, 35.6% indicated the importance of “Leadership qualities”, 25.4% indicated the “Programming skills”. 33.9% suggested “Ability to attract investments” and 39.8% suggested “Team work and communication.”

Focus group participants described EdTech as the “entry card” into startup worlds. One noted: “I learned product management through an online boot-camp, then I showed that certificate when I joined the startup.” (P2) On AI tools, many emphasized productivity gains: “Copilot wrote half my script; I could spend more time on design thinking—people noticed” (P8). At the same time, concerns arose about algorithmic hiring: participants feared that lack of AI-tool experience would limit visibility in startup recruitment rounds.

Figure 2. Skills and Competences Patterns

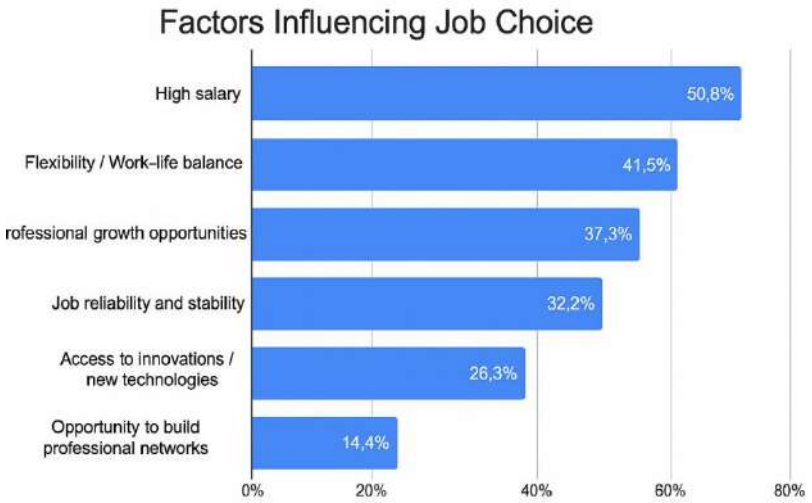


5.4. Social Capital and Career Choice

The survey results reveal a nuanced landscape of professional priorities among young professionals navigating startup and innovation-driven sectors. When asked to select the top three factors influencing their job choices, a majority (50.8%) cited high salary as the most critical consideration—highlighting the enduring importance of economic security even in entrepreneurial contexts. Notably, flexibility and work-life balance (41.5%) and opportunities for professional growth (37.3%) followed closely, reflecting a generational shift toward sustainable, developmental work environments. Surprisingly, job reliability and stability (32.2%) still held significant weight, indicating that despite the appeal of agile, project-based roles, a desire for structural consistency persists. Meanwhile, only 26.3% valued access to innovations, and only 14.4% prioritized networking opportunities—suggesting that while digital ecosystems are central to modern careers, material and developmental stability remain foundational. These findings complicate assumptions about startup idealism, revealing a pragmatic orientation toward both financial resilience and career progression.

Figure 3. Factors Influencing Job Choice (Survey Results, n = 118)

The bar chart below visualizes responses to the question: Which of the following factors is most important to you when choosing a job? (select no more than 3 options)



5.5. Social Capital and Career Trajectories

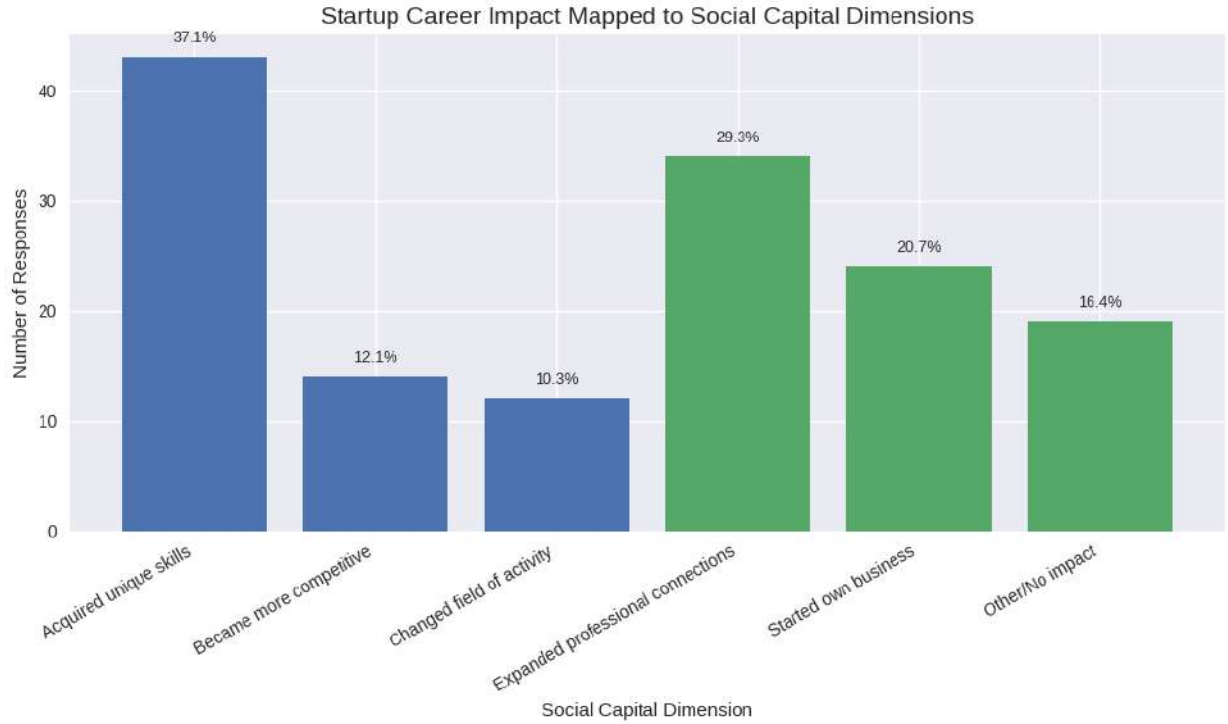
The survey question, “How has working in a startup influenced your career trajectory? (Multiple choices are allowed)”, yielded 116 responses, offering insight into the perceived impact of startup experience. The most frequently selected option was “Acquired unique skills” (37.1%), underscoring the value of startups as environments for rapid learning and skill diversification. This was followed by “Expanded professional connections” (29.3%), suggesting that startups serve as fertile ground for networking and collaboration across sectors.

Notably, 20.7% of respondents indicated that startup work inspired them to “Start their own business,” reflecting the entrepreneurial mindset often cultivated in such settings. Meanwhile, 12.1% felt they became “More competitive in the labor market,” and 10.3% reported a “Change in field of activity,” pointing to startups as catalysts for career transformation.

These findings resonate with social capital theory, which emphasizes the role of networks, trust, and shared norms in enabling access to resources and opportunities. The startup environment appears to enhance both bonding and bridging social capital—strengthening internal team cohesion while connecting individuals to broader professional ecosystems. Moreover, the interplay between skill acquisition and expanded networks illustrates how social capital amplifies human capital, reinforcing employability and entrepreneurial capacity across diverse career trajectories. Overall, the data suggests that startup environments significantly contribute to skill development, professional growth, and entrepreneurial ambition, while also enabling career shifts and broader market readiness.

Figure 4. Factors Influencing Career Trajectories: Startup Career Impact and Social Capital Dimensions

The bar chart below visualizes responses to the question: “How has working in a startup influenced your career trajectory? (Multiple choices are allowed)” This chart maps survey responses about the impact of startup work on career trajectory to social capital theory dimensions. Responses are grouped into Bonding and Bridging Social Capital categories.



Each bar represents the number of responses for a specific impact, with percentages labeled above.

6.0 Discussions

Despite a generally optimistic outlook on the transformative potential of startups and digital tools, the research uncovers persistent structural inequalities that complicate the pathways toward professional reinvention and social mobility.

The quantitative and qualitative data reveal that language proficiency, gender norms, and regional infrastructure serve as critical moderators in how young professionals engage with, and benefit from, digital career tools. Respondents lacking proficiency in English reported significantly lower levels of perceived mobility and career clarity. In focus groups, these individuals often described themselves as "excluded from the global conversation," unable to fully access international EdTech platforms or remote work opportunities.

Nonetheless, startups emerged across the dataset as potent arenas for career experimentation and identity transformation. Participants frequently described startups as spaces where conventional hierarchies were suspended, allowing for rapid shifts in roles and skillsets. Survey data showed that nearly half of respondents viewed startup work as the most effective way to build networks and gain experience. Focus group participants echoed this sentiment, often describing startups as environments where they could “try out” different professional selves, blending technical, managerial, and creative roles in a short span of time.

This resonates with the concept of **“working identity”** (Ibarra, 2003), where individuals reinvent themselves through iterative experimentation rather than linear progression. For many, the startup experience represented not a destination, but a **launchpad** toward a broader trajectory of career reinvention.

EdTech and AI tools were widely perceived as essential enablers of self-confidence, career visibility, and access to jobs. For many participants, these tools were the primary avenue through which they acquired new skills, presented their competencies, and joined global conversations. Certificates from online courses (MOOCs, Coursera, etc), and participation in AI-augmented workflows (e.g., using Copilot or ChatGPT) provided tangible proof of capability and helped signal credibility in startup environments.

Yet, this benefit was not universal. Several participants expressed anxiety over algorithmic hiring, questioning whether their online credentials would carry weight without traditional degrees. Moreover, the ability to effectively leverage digital tools was found to be contingent on both access and mentorship—resources not equally distributed across the sample.

One of the most revealing findings concerns the transformation—or lack thereof—of social capital. While most participants were actively building **bridging capital** through online platforms, professional forums, and EdTech networks, far fewer were able to convert these weak ties into **bonding capital**—the strong, trust-based relationships that yield mentorship, collaboration, and long-term opportunity.

Survey data showed that over half of respondents had valued innovations and new technologies and access to useful networks (Figure 3). Focus groups highlighted that while initial contact was easy—often facilitated by Telegram channels or bootcamp cohorts—maintaining these relationships required shared project experience or sustained communication, which many lacked the time, infrastructure, or relational context to achieve.

7.0. Conclusion

The findings of this study shed light on how young professionals in emerging economies like Kazakhstan are actively reimagining their professional identities and forging new pathways of social mobility through participation in startup ecosystems—particularly those centered on technology and sustainability. The intersection of digital tools, entrepreneurial culture, and informal network-building is fostering not only career experimentation but also structural opportunities for the accumulation and conversion of social capital.

Focus group and survey data suggest that startups serve as “identity laboratories” where young professionals are able to test and refine new roles, acquire emerging digital competencies, and pivot away from legacy professions that no longer provide stability or fulfillment. This is consistent with Ibarra’s (2003) work on working identity, which emphasizes the importance of self-experimentation in career reinvention. Many participants described startup roles as opportunities to “learn while doing,” with flattened hierarchies enabling younger professionals to take on leadership or creative roles without years of seniority.

The survey revealed that over 47.5% of respondents viewed their current or most recent startup role as part of a broader trajectory of professional reinvention and network connection (Figure 2). This aligns with Arthur and Rousseau’s (1996) “boundaryless career” model, where mobility is not only physical or organizational but also symbolic and identity-based.

A central insight of this study is the transformation of bridging capital (weak ties formed in diverse startup environments) into bonding capital (strong, trust-based relationships that facilitate resource access). Participants reported that participation in online communities—via WhatsApp Groups, LinkedIn groups, or EdTech cohort forums—led to meaningful collaboration, and even funding opportunities. These digital ties, while initially fragile, evolved into high-value professional connections. This supports Granovetter’s (1973) theory of the strength of weak ties and its relevance in digitally mediated labor markets.

The ability to convert weak ties into durable support systems, however, was not evenly distributed. Participants with stronger English language skills, greater digital fluency, and prior exposure to global platforms (e.g., Coursera, MOOCs) were significantly more likely to report high levels of “networked mobility.” This digital stratification reflects concerns raised by Veletsianos and Moe (2017) regarding unequal access to the benefits of EdTech and networked learning environments.

The integration of EdTech and AI was seen as a double-edged sword (Abazov, 2024). On the one hand, these tools democratized access to global knowledge, micro-credentials, and collaborative workspaces. On the other hand, many respondents, for instance, appreciated platforms like Coursera or MOOCs for offering on-demand skill development but questioned whether employers truly valued these credentials over formal degrees.

For many participants, startups acted as “soft launchpads” into global labor markets. Remote-first companies and freelance platforms allowed participants to build international portfolios, earn in stronger currencies, and bypass national labor market rigidities. Yet, these pathways were often limited to those with reliable internet access, international payment tools, and familiarity with global work cultures.

The combined data suggest that a new model of professional identity and social capital is emerging—rooted not in static credentials or linear hierarchies, but in networked learning, flexible experimentation, and peer-driven credibility. This aligns with global research by Gauntlett (2011) and Scharf & Holzmann (2016), who emphasize the importance of “making is connecting” in the digital economy.

The present study explored the intersection of professional identity, social mobility, and social capital formation among young professionals in Kazakhstan’s rapidly evolving tech and sustainability startup sectors (ETF, 2024). Drawing from survey data and focus group discussions, we have shown that participation in startup ecosystems—augmented by EdTech platforms and AI-enabled workflows—can catalyze new forms of career agency, foster networked visibility, and contribute to the reconfiguration of traditional models of work.

At the core of this transformation lies the dynamic process of social capital conversion. Using Bourdieu’s (1986) and Coleman’s (1988) foundational frameworks, we demonstrated how bridging capital, often formed through weak ties in digital spaces, can evolve into bonding capital

that serves as a durable foundation for career advancement. In this context, the “startup” functions not merely as an economic unit or a place of employment, but as a social field—where legitimacy, recognition, and opportunity are distributed through symbolic and relational assets (Putnam, 2000; Portes, 1998).

The empirical evidence confirms that these startup ecosystems, when coupled with EdTech and AI tools, provide a fertile ground for what Ibarra (2003) calls “working identity”—a self-concept continually reshaped through experience, experimentation, and social feedback. Participants described how their engagement with micro-credentials, peer review platforms, collaborative projects, and online mentorship enabled them to transcend legacy hierarchies and navigate fluid professional roles with greater agency. In this way, EdTech and AI do not simply deliver content—they create contexts for meaning-making, self-positioning, and reputational signaling (Gauntlett, 2011; Yuan & Powell, 2013).

Indeed, this research underscores the growing significance of digital networks and mediated environments in constructing employability and status in the post-industrial economy. In line with Arthur and Rousseau’s (1996) theory of boundaryless careers, we find that professional success is increasingly decoupled from formal institutional affiliations and instead hinges on the ability to mobilize symbolic capital across fluid, transnational spaces. As Stephany and Teutloff (2022) suggest, digital workers are no longer constrained by geography—they are limited only by the density and quality of their social graphs.

However, such transformations are not universally accessible nor inherently equitable. Several participants pointed to structural barriers—including poor internet infrastructure, gender biases in tech communities, and linguistic gatekeeping—that mediate access to these new pathways. This echoes prior scholarship warning that the promise of networked labor markets may reproduce rather than resolve entrenched inequalities unless actively mitigated (Nguyen & Bartram, 2018; Veletsianos & Moe, 2017). Our findings confirm that individuals who lack digital literacy, English proficiency, or access to urban innovation hubs face pronounced disadvantages in participating in startup-driven mobility pipelines.

The survey data also suggests that while many participants thrive in startup environments, a notable minority feel overwhelmed by the constant pressure to upskill, pivot, and remain relevant. Several expressed anxiety about being left behind as AI accelerates the pace of innovation. This highlights a growing tension between empowerment and exhaustion in digitally mediated professional life.

In this light, the social mobility is undergoing a profound transformation. No longer defined by fixed roles or linear trajectories, careers are becoming iterative, experimental, and collectively constructed. Social capital, once tied to elite institutions or inherited networks, is now cultivated through participation, visibility, and continuous feedback in decentralized ecosystems. While this model rewards agility and creativity, it also imposes emotional and infrastructural demands that not all individuals or communities are prepared to meet.

Ultimately, this study contributes to a growing body of research highlighting the need to reconceptualize professional identity and career mobility in an age of ubiquitous connectivity, ambient learning, and platform-mediated labor. Startups, EdTech, and AI are not merely tools—they are arenas of cultural production, where norms, values, and aspirations are negotiated and contested.

Future research should explore how these transformations play out across different geographies, social strata, and life stages. Comparative work in other post-Soviet or Global South contexts may reveal both convergences and critical divergences in how social capital formation intersects with innovation and economic precarity. As we reflect on the findings, it is clear that the landscape of work is no longer bounded by industrial logic. It is now shaped by networked

imagination, sustained by platform-based labor, and propelled by the ambitions of digitally empowered youth—a generation that is not only navigating but actively rewriting the grammar of professionalism.

REFERENCES

1. ADB, (2020). COVID-19 Solidarity Fund for Kazakhstan: Mitigating Pandemic Impact (Technical Assistance Report).
2. Abazov, R. (2009). *Current Trends in Migration in the Commonwealth of Independent States.* United Nations Development Programme (HDRO).
3. Abazov, R. (2020). *Education for sustainable development and ICT: The case of the MDP Program at Al Farabi KazNU*.
4. Abazov, R. (2021). Engaging in the internationalization of education and SDGs: Case study on the global hub of UNAI on sustainability. *E3S Web of Conferences*. Available at: h ttps://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/83/e3sconf_dsdm2021_06001/e3sconf_dsdm2021_06001.html
5. Abazov R. (2024). Validation of non-formal and informal learning – Kazakhstan. (European Training Foundation). Available at: https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/2024-04/Kazakhstan_VNFIL_EN.pdf
6. Andersson, P., & Rosenqvist, C. (2024). The evolution and impact of AI on EdTech business models. *Stockholm School of Economics*. Available at: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/302534/1/ITS-Seoul-2024-paper-145.pdf
7. Arthur, M. B., & Rousseau, D. M. (1996). *The boundaryless career: A new employment principle for a new organizational era*. Oxford University Press. Available at: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2700707
8. Bourdieu, P. (1986). The forms of capital. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education* (pp. 241–258). Greenwood. Available at: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1558112
9. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa
10. Burt, R. S. (2000). The network structure of social capital. *Research in Organizational Behavior*, 22, 345–423. https://doi.org/10.1016/S0191-3085(00)22009-1
11. Chell, E. (2007). Social Enterprise and Entrepreneurship: Towards a Convergent Theory of the Entrepreneurial Process. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, *25*(1), 5-26. https://doi.org/10.1177/0266242607071779 (Original work published 2007)
12. Coleman, J. S. (1988). Social capital in the creation of human capital. *American Journal of Sociology*, 94(S1), S95–S120. https://doi.org/10.1086/228943
13. Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
14. Czerniewicz, L., Deacon, A., Small, J., & Walji, S. (2017). Developing world MOOCs: A curriculum view of the MOOC landscape. *Journal of Learning for Development*, 4(3), 1–15.
15. Duffy, B. E., & Hund, E. (2015). “Having it all” on social media: Entrepreneurial femininity and self-branding among fashion bloggers. *Social Media + Society*, 1(2). https://doi.org/10.1177/2056305115604337
16. Enbek. (2021). The Labour Market in Kazakhstan: Development in the Face of a New Reality. Astana, Kazakhstan. Retrieved from: https://iac.enbek.kz/ru/node/1220 (accessed on 17 January 2025)

17. Enbek. (2023). The workforce of the future: young people in the labor market of Kazakhstan. Astana, Kazakhstan. Retrieved from: https://erdo.enbek.kz/news/310 (accessed on 17 January 2025)
18. ETF, (2020). Policies for Human Capital Development in Kazakhstan. Torino Process report, *European Training Foundation.*
19. ETF, (2024). New Forms of Work and Platform Work in Central Asia: Regional Report. *European Training Foundation.*
20. Gauntlett, D. (2011). *Making is connecting: The social meaning of creativity, from DIY and knitting to YouTube and Web 2.0*. Polity Press.
21. Granovetter, M. S. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360–1380. https://doi.org/10.1086/225469
22. Huang, X. (2019). Understanding Bourdieu—Cultural capital and habitus. *Research & Practice in Social Sciences*, 11(3), 45–55. https://doi.org/10.5539/res.v11n3p45
23. Ibarra, H. (2003). *Working identity: Unconventional strategies for reinventing your career*. Harvard Business Press.
24. ILO, (2023). ILOSTAT/NORMLEX labor market data for Kazakhstan. *International Labour Organization.* Available at: https://ilostat.ilo.org/data/country-profiles/kaz/ (accessed on November 12, 2025)
25. ILO, (Flagship report, 2022). World Employment and Social Outlook: Trends 2022. *International Labour Organization.* Available at: https://www.ilo.org/publications/flagship-reports/world-employment-and-social-outlook-trends-2022 (accessed on November 12, 2025)
26. Komljenovic, J., Birch, K. & Sellar, S. (2024). Monetising Digital Data in Higher Education: Analysing the Strategies and Struggles of EdTech Startups. *Postdigit Science Education* **6**, 1196–1215 https://doi.org/10.1007/s42438-024-00505-0
27. Liao, J., & Welsch, H. (2005). Roles of social capital in venture creation: Key dimensions and research implications. *Journal of Small Business Management*, 43(4), 345–362. https://doi.org/10.1111/j.1540-627X.2005.00141.x
28. Majchrzak A, Faraj S, Kane GC, et al. (2013) The contradictory influence of social media affordances on online communal knowledge sharing. *Journal of Computer-Mediated Communication* 19(1): 38–55.
29. Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59(1), 14–19.
30. McFadyen, M. A., & Cannella, A. A. (2004). Social capital and knowledge creation: Diminishing returns of the number and strength of exchange relationships. *Academy of Management Journal*, 47(5), 735–746. https://doi:10.2307/20159615
31. Nguyen, T., & Bartram, D. (2018). Artificial intelligence in HRM: Employer experiences and future priorities. *HRM Review*, 28(2), 138–151.
32. OECD. (2022). *Kazakhstan: Fostering SME and startup development*. OECD Publishing.
33. Portes, A. (1998). Social capital: Its origins and applications in modern sociology. *Annual Review of Sociology*, 24, 1–24.
34. Putnam, R. D. (2000). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. Simon & Schuster.
35. Scharf, M., & Holzmann, V. (2016). Digital career trajectories: Employability and networking in the age of social media. *Career Development International*, 21(1), 82–96.
36. Schaufeli, W. B., Bakker, A. B., & Salanova, M. (2021). The measurement of work engagement. *Journal of Organizational Behavior*, 22(3), 701–726.
37. Siisiäinen, M. (2003). Two concepts of social capital: Bourdieu vs. Putnam. *International Journal of Contemporary Sociology*, 40(2), 183–204.

38. Spivack, J. (2015). Learning in the flow of work: Integrating informal workplace learning with personal development. *Journal of Workplace Learning*, 27(6), 357–368.
39. Stephany, F., & Teutloff, O. (2022). What is the price of a skill? The value of complementarity. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2209.11357
40. St. Hilaire, F., Vu, D. D., Frau, A., Burns, N., Faraji, F., Potochny, J., et al. (2022). A new era: Intelligent tutoring systems will transform online learning for millions. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2202.02585
41. Uzzi, B. (1996). The sources and consequences of embeddedness for the economic performance of organizations. *American Sociological Review*, 61(4), 674–698.
42. Veletsianos, G., & Moe, R. (2017). The rise of educational technology as a sociocultural and ideological phenomenon. *Educational Technology*, 57(2), 61–67.
43. Watts, D. J. (2004). The “new” science of networks. *Annual Review of Sociology*, 30, 243–270.
44. Yoon, J., & Lee, K. (2020). EdTech platforms as career launching tools: Evidence from emerging economies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 33. https://doi.org/10.1186/s41239-020-00216-5
45. Yuan, L., & Powell, S. (2013). MOOCs and open education: Implications for higher education. *JISC CETIS*. Retrieved from https://jisc.ac.uk/guides/moocs-and-open-education
46. World Bank, (2024). More, Better, and Inclusive Jobs in Kazakhstan (Report).
47. OECD, (2021). OECD Skills Strategy: Kazakhstan – Assessment and Recommendations (Report).
48. UNDP, (2024). Emerging Skills and Professions for Kazakhstan in the Post-COVID-19 Era (Report).

EKOLOGIYA FANLARIDAN MUSTAQIL TA‘LIMDA TALABALARDA EKOLOGIK MADANIYATNI SHAKLLANTIRISH YO‘LLARI

Bozorova Nigora Shamsiyevna, Azizova Farangiz Tojiddinovna
Qarshi davlat universiteti

Anotatsiya: Ushbu maqolada oliy ta‘lim tizimida talabalarda mustaqil ta‘limni tashkil etish orqali ekologik bilimlarni mustahkamligiga erishish bo‘yicha fikr va mulohazalar keltirib o‘tilgan. Maqolada mustaqil ta‘limni tashkil etish bosqichlari Ekologiya asoslari fani misolida yoritib berilgan va bu orqali talabada fanga nisbatan qiziqishni yanada orttirish maqsad qilib olingan. Maqolada mustaqil ta’limning mazmuni, shakl va metodlari, talabalarning ekologik bilim, ko‘nikma hamda mas’uliyatini rivojlantirishga xizmat qiluvchi pedagogik yondashuvlar tahlil qilingan. Shuningdek, ekologik kuzatishlar, amaliy topshiriqlar va innovatsion metodlardan foydalanish orqali talabalarda ekologik madaniyatni shakllantirishning samarali yo‘llari ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: ekologik madaniyat, mustaqil ta‘lim, kredit - modul tizimi, metodlar, oliy ta‘lim, iqlim o‘zgarishi, ekologiya asoslari xalqaro hamkorliklar.

Аннотация: В статье представлены идеи и соображения по формированию экологических знаний студентов посредством организации самостоятельной работы в системе высшего образования. На примере предмета «Основы экологии» выделены этапы организации самостоятельной работы, что позволяет добиться дальнейшего повышения интереса студентов к науке. Анализируются содержание, формы и методы самостоятельной работы, педагогические подходы, способствующие формированию у студентов экологических знаний, умений и ответственности. Показаны эффективные способы

формирования экологической культуры студентов посредством использования экологических наблюдений, практических заданий и инновационных методов.

Ключевые слова: экологическая культура, самостоятельное обучение, кредитно-модульная система, методы, высшее образование, изменение климата, основы экологии, международное сотрудничество.

Annotation: This article presents ideas and considerations for developing students' environmental knowledge through independent work in higher education. Using the course "Fundamentals of Ecology" as an example, it identifies the stages of organizing independent work, which can further enhance students' interest in science. The article analyzes the content, forms, and methods of independent work, as well as pedagogical approaches that facilitate the development of students' environmental knowledge, skills, and responsibility. Effective ways of fostering students' environmental awareness through the use of environmental observations, practical assignments, and innovative methods are demonstrated.

Keywords: environmental culture, independent learning, credit–module system, methods, higher education, climate change, fundamentals of ecology, international cooperation.

KIRISH

Rivojlanib borayotgan texnogen davrda insonning tabiatga ta‘sir darajasi ham kuchayib bormoqda, ekologik muammolarga yechim topish orqali tabiat muvozanatini asrash, nihoyatda muhim vazifalardan biriga aylanib bo‘ldi. Shuning uchun kelajak avlodni ekologik jihatdan savodli va yetuk insonlar qilib tarbiyalash, bu borada yoshlar ongida ekologik tushunchalarni shakllantirish hozirgi kunning dolzarb muammolari qatoridan o‘rin egallaydi [1].

Ekologik madaniyatni aholi o‘rtasida, uning turmush tarzida, kasbiy ijodiy, va mustaqil o‘z ustida ishlash faoliyatlarida, axborot kommunikatsiyalar tizimida muntazamligini ta‘minlab borish maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Prizidentining 2025-yil 30-yanvardagi “O‘zbekiston - 2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida”gi PF-16-son Farmoni [2] ijrosini ta’minlashda, aholining ekologik madaniyatini shakllantirish borasida bir qancha vazifa va maqsadlar belgilab berildi. Jamiyatda ekologik madaniyatni shakllantirish orqali tabiat va inson o‘rtasidagi muvozanatni saqlash, kelgusi avlodlar farovonligini ta’minlashi mumkin.

Shuni alohida ta’kidlash joizki, 2025 yil 15 mayda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining **“2030-yilgacha bo‘lgan davrda aholining ekologik madaniyatini yuksaltirish” Konsepsiyasi** qabul qilindi [3]. Ushbu konsepsiyada atrof-muhitni muhofaza qilish muammolari umuminsoniy ahamiyat kasb etayotgan, insoniyatning tabiiy muhitga yetkazgan salbiy oqibatlarining natijalari tahlil qilinayotgan bir paytda, aholining barcha qatlamlariga ekologik ta’lim berishning uzluksizligini ta’minlash asosida ekologik madaniyatni shakllantirish va yuksaltirish muammosi inson ongidagi o‘zgarishlar bilan bevosita bog‘liq ekanligi asoslab berilgan.

Konsepsiyasining asosiy maqsadi o‘sib kelayotgan yosh avlodda ekologik bilim, ong va madaniyatni shakllantirish hamda rivojlantirish, ushbu yo‘nalishda ta’lim-tarbiya jarayonini samarali tashkil etish, aholining barcha qatlamlarida ekologik madaniyatni, shu jumladan, “yashil” iste’mol madaniyatini yanada yuksaltirishdan iborat deb qayd etilgan.

Ekologik madaniyat deganda - atrof tabiiy muhitiga, uning resurslariga nisbatan insonni ongli ravishda ijobiy yondashuvlari tushuniladi. Talabalarda ekologik tushuncha va ko‘nikma, kompitensiyalarni shakllantirish mustaqil ta‘limni tashkil etish bilan uzviy bog‘liq hisoblanadi. Shularni e’tiborga olgan holda, oliy ta‘lim tizimi talabalarida mustaqil ta‘limni tashkil etish orqali ekologik bilimlarni mustahkamligiga erishish dolzarb vazifadir.

Mustaqil ta‘lim bevosita talaba tomonidan o‘ziga qulay vaqtda belgilanuvchi, uning bilim, ko‘nikma, malaka qobiliyatlarini shakllantirishga yordam beruvchi ta‘limiy jarayondir. Mustaqil ta‘lim orqali talabalarda, mustaqil izlanuvchanlik, aqliy fikrlash, xotira mustahkamligi, bilim

chegaralarining kengayishi muammolarga nisbatan ma‘suliyatli bo‘lish va shu kabi bir qancha kompentensiyalar shakllanib boradi. Mustaqil ta‘limda talaba o‘z ustida ishlash, xotira mustahkamligi, fikrlarni bemalol tahlil qila olishni va ekologik muammolarga nisbatan g‘o‘yalar turli loyihalar fikrlar bildiraolish qobiliyatini shakllantishi mumkin. Mustaqil ta‘limni tashkil etish bilan talabalarning aqliy rivojlantirish tanqidiy va ijodiy fikr yuritish qobiliyatlarini shakllantirish ustuvor kompentensiyalardan biri sanaladi.

TADQIQOT USLUBLARI

Ekologiya fanlaridan mustaqil ta‘lim topshiriqlarini tayyorlashda bir qancha tadqiqot uslublariga tayanib ish yuritiladi. Masalan, kuzatish, statistik tahlil va tajriba uslublari mustaqil ta‘limda ekologiya fani mavzularini talaba tomonidan chuqur o‘zlashtirish imkoniyatini yaratadi. Mustaqil ta‘lim mavzularini tashkil etishda ilg‘or pedagogik texnologiya metodlari va yondashuvlaridan foydalaniladi. Ekologiya fanlaridan mustaqil ta‘lim mavzularini sabab, oqibat yechim tarzida metodlar orqali o‘rganish fanning talaba uchun qiziqarli bo‘lishini ta‘minlab beradi. Ekologiya fanlarida qo‘llaniladigan metodlardan “Klaster” (Aqliy xarita), “Blits-so‘rov”, “Ekologik diagnostika”, SWOT” metodi, “Insert” metodi, “Charxpalak” (Spinwheel) va shu kabi ko‘plab metodlar mustaqil ta‘lim orqali talabalarda fanga nisbatan samarador natijalarga erishish ko‘lamini kengaytiradi.

Turli pedagogik metod va yondashuvlar orqali topshiriqlarni bajarish jarayonida talaba bevosita tabiatga nisbatan inson omilining ta‘sir darajasini tushunib anglab boradi. O‘zbekistonda Oliy ta‘lim tizimini takomillashtirishning asosi O‘zbekiston Respublikasi “Ta‘lim to‘g‘risida”gi qonunida o‘z aksini topgan. Unda yuksak umumiy va kasbiy madaniyatga ega bo‘lgan, ijodiy va ijtimoiy faol, ijtimoiy-siyosiy hayotda mustaqil holda harakat qila oladigan, kelajakka qaratilgan vazifalarni qo‘ya olish va ularni yechishga qodir bo‘lgan kadrlarni yangi avlodini shakllantirish asosiy maqsadlardan biri deya belgilab olingan [4].

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024-yil 29-apreldagi №136-sonli “Oliy ta‘lim muassasalari talabalari mustaqil ta‘limini tashkil etish bo‘yicha na‘munaviy tartibni tasdiqlash” to‘g‘risidagi qaroriga ko‘ra, talabalar mustaqil ta‘lim jarayonlarida adabiyotlardan foydanishda maqsadga ko‘ra harakat qilishi lozim deb belgilab berilgan [5].

Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 31-dekabrdagi 824-son qaroriga ko‘ra “Oliy ta’lim muassasalarida o‘quv jarayoniga kredit-modul tizimini joriy etish tartibi” to‘g‘risidagi nizomiga ko‘ra, kredit-modul tizimida 1 kredit o‘rtacha 25-30 akademik soatlik o‘quv yuklamasiga teng. O‘quv yuklamasi bakalavriatda - 40 - 50% auditoriya soati, 50 - 60% mustaqil ish soatiga, magistraturada - 30% - 40% auditoriya soati, 60-70% mustaqil ish soatiga (malakaviy amaliyot va bitiruv malakaviy ishlari bundan mustasno) bo‘linadi. Kreditning soatlardagi miqdori va o‘quv yuklamasi miqdori oliy ta’lim muassasasi kengashi tomonidan belgilanadi va oliy ta’lim muassasasi veb-sahifasida shaffof tarzda joylashtiriladi [6] deya belgilab berilgan.

Mustaqil ta‘limda auditoriyada olingan nazariy bilimlar mustahkamlanishi bilan bir qatorda, yangi bilimlarni o‘zlashtirish va olingan bilim xulosalarni hayot faoliyati davomida tadbiq etishga o‘rgatadi. Hozirda har bir oliy ta‘lim muassasalarida ekologiya fanlari tizimli va uzviylik asosida ixtisoslik va noixtisoslik yo‘nalishlarida o‘qitilishi yo‘lga qo‘yilmoqda. Aynan ekologiya mutaxassisliklarida tahsil olayotgan talabalarda “Ekologiya asoslari” fani asosiy majburiy fundamental fan sifatida o‘quv dasturiga kiritilgan. “Ekologiya asoslari” fanidan 44 soat ma‘ruza, 46 soat amaliy mashg‘ulot va 90 soat mustaqil ta‘lim uchun ajratib berilgan. “Ekologiya asoslari” fanidan mustaqil ta‘lim mavzulari uchun ajratilgan 90 soatni samarador tashkil qilinishini jadval asosida ko‘rib chiqamiz.

“Ekologiya asoslari” fanidan mustaqil ta‘lim mavzularining tematik rejasi

	Mustaqil ta‘lim mavzulari	Soati hajmi	Topshirish shakli
Mustaqil ta‘lim mavzulari bilan tanishuv, axborot manbalarini to‘plash va bajarish shakllari o‘rganish haftaligi			
1.	Ekologiya fani haqida umumiy tushuncha	6	“Klaster”(Aqliy xarita) metodi yordamida Faollik, ijodkorlik, mustaqil fikr uyg‘unligi xotira mustahkamligi, tushunchalarni tezda angashni shakklantirish.
2.	Iqlim o‘zgarish muammolari	6	“Blits-so‘rov” va “ekologik diagnostika” metodlari orqali qisqa savolarga aniq javoblarni taqdim etish asosiy indikatorlarni aniqlash, tushunchalarni xotirada qolishi va fikr tezligini oshirishga yordam beradi.
3.	Atmosfera havosini ifloslanish muamolari	6	“Ekologik diagnostika” metodida ,talaba belgi, sabab, oqibat, yechim tarzida mavzuni tahlil qilishni va chuqur fikrlashni o‘rganadi. Mustaqil izlanuvchanlik qobiliyati shakllanadi.
4.	Suv resurslarining ifloslanish muamolari	6	SWOT” metodi: talaba ekologik vaziyatni to‘liq tahlil qilish, muammo-tahlil-yechim bog‘liqligini aniqlsh, mustaqil fikrlash va ekologik ma‘suliyat ko‘nikmalarini shakllantiradi.
5.	Yer resurslarini ifloslanish muammolari	6	“Insert” metodi orqali mavzuni to‘laqonli anglash, matn bilan ishlash, savol berib unga javoblarni mustaqil izlash, ekologik savodxonlik xususiyatlarining shakllanishi.
6.	O‘zbekistonda atmosferaning ifloslanishi va uning oldini olish chora tadbirlari	6	“Ekologik diagnostika” metodida, talaba belgi, sabab, oqibat, yechim tarzida mavzuni tahlil qilishni va chuqur fikrlashni o‘rganadi. Mustaqil izlanuvchanlik qobiliyati shakllanadi.
7.	Urbanizatsiya va atrof muhit	6	“Charxpalak” (Spinwheel) metodidan foydalanib, talabada ekologik ma‘suliyatni oshirish, vizual fikrlash o‘zaro hamkorlik munosabatlari va sabab oqibat yechimlarni bog‘liq holda aniqlash imkonini beradi.
8.	Chiqindilar muammosi va ularning atrof-muhitga ta‘siri	6	“PBL” (Problem-Based Learning) “Muammo Asosida Ta‘lim” matn va manbalarni tahlil qilish, mustaqil fikrlash,yechim izlash,ekologik ma‘suliyat hissi jamoaviy va individual ishlash ko‘nikmalarining shakllanishi.
9.	Alternativ energiyaning zaruriyati	6	“SWOT” metodi:talaba ekologik vaziyatni to‘liq tahlil qilish,muammo -tahlil-yechim bog‘liqligini aniqlsh, mustaqil fikrlash, va ekologik ma‘suliyat ko‘nikmalarini shakllantiradi.
10.	Cho ‘llanish jarayoni va uning oqibatlari	6	Ekspert-qog‘ozlari savollariga jabob berish, matnni o‘rganish mustaqil izlanish va fikrlarni uyg‘unlashtirish.
11.	Orol dengizi qurishi oqibatida kelib chiqayotgan ijtimoiy -ekologik muammolar	6	“PBL” (Problem-Based Learning) “Muammo Asosida Ta‘lim” matn va manbalarni tahlil qilish, mustaqil fikrlash, yechim izlash, ekologik ma‘suliyat hissi jamoaviy va individual ishlash ko‘nikmalarining shakllanishi.
12.	Global mahalliy va mintaqaviy ekologik muammolar	6	“Klaster” (Aqliy xarita) metodi yordamida Faollik, ijodkorlik, mustaqil fikr uyg‘unligi xotira mustahkamligi, tushunchalarni tezda angashni shaklantirish.
13.	Kam chiqitli va chiqindisiz texnologiyalar	6	“Charxpalak” (Spinwheel) metodidan foydalanib, talabada ekologik ma‘suliyatni oshirish, vizual fikrlash o‘zaro hamkorlik munosabatlari va sabab oqibat yechimlarni bog‘liq holda aniqlash imkonini beradi.
14.	Xalqaro ekologik hamkorliklar	6	“Insert” metodi orqali mavzuni to‘laqonli anglash, matn bilan ishlash, savol berib unga javoblarni mustaqil izlash, ekologik savodxonlik xususiyatlarining shakllanishi.
15.	Biologik-xilma xillikni muhofaza qilishda Qizil kitobning o‘rni	6	“Aqliy hujum” (Brainstorming) metodi mustaqil izlanish, tanqidiy fikrlash, fikrlarni erkin bildiraolish, xotira mustahkamligi argumentatsiya shakllanishi

Jadvalda keltirilgan mavzulardan “Iqlim o‘zgarish muammolari” mavzusining mustaqil ta‘lim ishlanmasini namunasini ko‘rib chiqamiz.

NAZARIY QISM

Talabalarda iqlim o‘zgarishi mavzusi haqida umumiy tushunchalar berish:

Bugungi kundagi global ekologik muamolar safida yuqori o‘rinlarni egallab turgan muammo bu iqlim o‘zgarishi hisoblanadi. Yillar davomida atmosferaga milliard tonnalab CO_2 gazining chiqarilishi natijasida sayyoramizning o‘rtacha harorati oshib bormoqda. Sanoat korxonalari va son-sanoqsiz avtotransportlardan chiqayotgan turli xil gazlar natijasida atmosferaning fizik-kimyoviy tarkibi o‘zgarishiga olib kelmoqda. Aynan hozirgi kundagi poytaxt atmosfera havosining umumiy holati bo‘yicha gapiradigan bo‘lsak, mayda chang zarralari (PM2.5), transport vositalari, sanoatdan chiquvchi turli zaharli gazlarning to‘planib qolishi natijasida hosil bo‘lgan tuman (smog) aholi salomatligiga jiddiy havf tug‘dirmoqda. Respublikamizda bu kabi muammolarni oldini olish uchun jiddiy sa‘yi-harakatlar olib borilmoqda. Jumladan: O‘zbekiston Respublikasi “Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025 yil 18 noyabr PQ-343-sonli qaroriga ko‘ra, Ekologiya qo‘mitasining “Atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida ixtisoslashtirilgan tahliliy nazorat markazi” davlat muassasasi negizida “**Ekologik monitoring milliy markazi**” davlat muassasasi tashkil etilishi, 2026-yil 1-martdan tabiatga zarar yetkazish bo‘yicha kompensatsiya to‘lovlaridan ozod qilish tarzida imtiyoz berish bilan bog‘liq barcha qonunchilik hujjatlari va ko‘rsatmalar o‘z kuchini yo‘qotgan deb hisoblanadi. Ushbu masalada imtiyoz berish faqat qonun orqali amalga oshirilishi belgilab berildi. Qonunda yana raqamli texnologiyalar vazirligi bilan hamkorlikda ekologik onlayn platforma tizimini joriy qilish masalalari atroflicha yoritib berilgan. Kompensatsiya to‘lovlaridan ozod qilish tarzida imtiyoz berish tartibining, qonun bilan chegaralab qo‘yilganligidan asosiy maqsad, korxona zavod fabrikalardan atmosferaga chiquvchi zaharli gazlar miqdorini tartibga solish va iqlim o‘zgarishiga ta‘sir qiluvchi barcha manbalar monitoringini tashkil qilishdan iboratdir. Respublikamizda barqaror rivojlanishga erishish 2030-yilgacha bo‘lgan vaqt mobaynida bir qancha maqsadlar belgilab olingan bo‘lib, bu maqsadlardan 13-maqsad aynan iqlim o‘zgarishiga qarshi kurash maqsadi bo‘lib, uning doirasida iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashish profilaktik chora-tadbirlar rejasi ishlab chiqilgan [4].

Iqlim o‘zgarishi muammosi Birlashgan Millatlar Tashkiloti (BMT) tomonidan global miqyosda muhim bo‘lgan muammo sifatida e‘tirof etilgan bo‘lib, 1992-yilda 194 ta davlat tomonidan Rio-De-Janeyra shahrida “Iqlim o‘zgarishi Doiraviy Konvensiyasi” (IO‘DK) qabul qilindi. Bu konvensiyaga qo‘shimcha tarzda 2018-yilda Parij bitimi ham imzolandi. O‘zbekiston Respublikasi 1993-yilda ushbu konvensiyaga a’zo bo‘ldi. Mazkur bitimdan ko‘zlangan maqsad mamlakatlarni iqlim o‘zgarishi muammosiga qarshi kurash bo‘yicha harakatlarni tartibga solish va belgilash, global havo harorati o‘sishini 1,5-2 baravarga kamaytirishdan iborat.

Ishning maqsadi: Iqlim o‘zgarishining ekologik muammolari. Iqlim o‘zgarishi muammolarida xalqaro bitimlarning o‘rni haqida tushunchalarni hosil qilish va olingan ma‘lumotlarni xotirada mustahkamlanishiga erishish.

Hisobot shakli: “Blits-so‘rov” metodi savollariga qisqa aniq javoblar berish va “Ekologik diagnostika” metodi jadvalini to‘ldirish.

Mustaqil ish topshirig‘i: №1 Savollarga javoblarni mustaqil izlash va aniq javoblarni “Blits-so‘rov” metodi orqali taqdim etish:

1. Iqlim o‘zgarishi nima?
2. Global isishning asosiy sababi?
3. Issiqxona gazlarga ikkita misol ayting.
4. CO_2 manbalari haqida?

5. O‘rmonlarning kamayishi nimaga olib keladi?
6. Iqlim o‘zgarishi oqibatlaridan biri?
7. Chiqindi gazlarni kamaytirish yo‘llari?
8. Qaysi sektorlar eng ko‘p CO_2 chiqaradi?
9. Barqaror rivojlanish nima?
10. Iqlim o‘zgarishiga oid xalqaro hamkorliklardan qaysilarini bilasiz?

Mustaqil ish topshirig‘i: № 2 Mavzu doirasidagi muammoni ekologik diagnostika jadvali asosida to‘ldirish. “Ekologik diagnostika” metodi tabiatdagi o‘zgarishlarni aniqlash, sabab oqibatlarni tahlil qilishga undovchi metodlardan biridir.

Simptom (iqlim o‘zgarishi muammosi)			
Tashxis:(sabab)	**Kasallik tarixi:(rivojlanish jarayoni)**	**Davolash (yechimlar ishlab chiqish)**	**Profilaktika (oldini olish choralari)**
1. Issiqxona gazlari ortishi. 2. Tabiiy ofatlar sonining ko‘payishi. 3. Tabiiy resurslarning haddan ziyod o‘zlashtirilishi. 4. Okean sathining ko‘tarilishi. 5. O‘rmonlarning qisqarib ketishi. 6. Ekotizimlarning izdan chiqishi.	1. XVIII-XIX asr sanoat inqilobidan so‘ng CO_2 balansining ko‘tarilishi. 2. Tabiatga nisbatan antropogen ta‘sirning globallashuvi. 3. Neft-gaz, ko‘mir zaxiralarining asosiy manba sifatida qaralishi.	1.Transport chiqindilarini kamaytirish. 2.Chiqindilarni qayta ishlash. 3.Suv resurslarini tejovchi tizimlarni joriy etish. 4.O‘rmonlarni tiklash va ko‘kalamzorlashtirish.	1. Iqlim o‘zgarishi bo‘yicha imzolangan bitimlarga qat‘iy amal qilish. 2. Ekologik monitoringni uzliksizligini ta‘minlash. 3. Ekologik madaniyatni aholi ongiga singdirish. 4. Ekologik aksiyalarni oyida kamida 2 tasini o‘tkazilishini nazorat qilish.

Bu metodni amalga oshirishda joy muhim hisoblanmaydi. Negaki auditoria sharoiti, laboratoriya, yoki tabiat qo‘ynida ham bemalol olib borish mumkin. Ekologik diagnostika metodi bilan ishlashda masalan aytaylik, tabiat qo‘ynida ma‘lum hudud tanlab olinadi. Undagi holat oddiy kuzatishlar orqali belgilab daftarga alohida rangli qalam yoki ruchkada yozib boriladi: masalan, tanlangan hududimizda daraxtlar kam yoki ko‘pligi, mavjud o‘simliklar holati yoki bo‘lmasa ifloslanish darajalari belgilab yozib olinadi. Olingan ma‘lumotlatlarning kelib chiqish sabablari o‘rganiladi, muammo aniqlangach, unga profilaktik choralar izlanadi. Har bir talabadan har xil fikrlar olinib umumiy yechim va xulosaga kelinadi. Bu metodni kichik guruhlarga bo‘lish orqali ham mavzuning mustahkamligiga erishish mumkin.

Topshiriqni bajarish uchun metodik ko‘rsatmalar:

1. B.T.Jabborov Sh.A.Xalilayev “Iqlim o‘zgarishi va ekologik moslashuv” “Book Trade” T-2022 yil.
2. .G.Usmanova “Iqlim o‘zgarishi va ekologik huquq : global hamkorlik va huquqiy ma‘suliyat” “Modern Sciens and Resarc” (iisu11) ilmiy maqola.

XULOSA

Respublikamizda ta‘lim tizimini tubdan isloh etilishi rivojlangan mamlakatlar yutuqlari bilan tenglasha oladigan malakali kadrlar tayyorlash ko‘lamini yanada kengaytiradi. Ekologiya fanlaridan mustaqil ta’limni samarali tashkil etish talabalarda ekologik madaniyatni shakllantirishning eng muhim omillaridan biridir. Mustaqil izlanishlar orqali talabalar ekologik muammolarni chuqur anglashni, tabiatga nisbatan mas’uliyatli munosabatda bo‘lishni va ekologik fikrlash ko‘nikmalarini chuqur egallashni o‘rganadi. Turli amaliy topshiriqlar, kuzatishlar, loyiha ishlari, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish metodlari talabaning mustaqil qaror qabul qilishini, muammolarga ekologik nuqtai nazardan yondashishini rivojlantiradi. Shuningdek, mustaqil ta’lim jarayoniga innovatsion metodlar, raqamli manbalar va ekologik targ‘ibot faoliyatlarini kiritish talabalarning ekologik faolligini oshiradi. Natijada, ular nafaqat ekologik bilimlarni o‘zlashtiradi, balki kundalik hayotda atrof-muhitni muhofaza qilishga qaratilgan amaliy madaniyatni ham shakllantiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ergashev A., Yo‘lchiyeva M., Ahmedov O‘., Abzalov A. “Ekologiya” darslik. T. 2018 yil.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prizidentining “O‘zbekiston - 2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida”gi 2025-yil 30-yanvardagi PF-16-son farmoni.
3. Mirziyoyev Sh.M. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2030 yilgacha bo‘lgan davrda aholining ekologik madaniyatini yuksaltirish Konsepsiyasi” 2025 yil 15 maydagi PQ-184-sonli qarori.
4. Mirzayeva Z.Sh., Fayziyev V.B. // Academik research in educational sciences ilmiy jurnal
5. O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligining “Oliy ta‘lim muassasalari talabalari mustaqil ta‘limini tashkil etish bo‘yicha na‘munaviy tartibni tasdiqlash to‘g‘risida”gi 2024 yil 29 apreldagi №136-sonli qarori.
6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Oliy ta‘lim muassasalarida ta‘lim jarayonini tashkil etish bilan bog‘liq tizimni takomillashtirish chora tadbirlari to‘g‘risida“2020 yil 31.dekabrdagi 824-sonli qarori.
7. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “2030-yilgacha bo‘lgan davrda barqaror rivojlanish sohasidagi milliy maqsad va vazifalarni amalga oshirishni jadallashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora tadbirlar to‘g‘risidagi” 2022 yil 21.fevraldagi 83-sonli qarori.

HISOR DAVLAT QO‘RIQXONASI O‘SIMLIKLARINI MUHOFAZA QILISHDA EKOTURIZMNI RIVOJLANTIRISHNING MUHIM JIHATLARI

Bazarova Nigora Shamsiyevna, Mardonova Nilufar Akbar qizi
Qarshi Davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekistonning eng boy bioxilma-xillikka ega bo‘lgan Hisor davlat qo‘riqxonasi hududida tabiiy holda tarqalgan endemik, noyob va yo‘qolib borayotgan o‘simliklarning bioxilma-xilligi, ularning turli balandlik mintaqalarida uchrashi, o‘simliklarning kamayish sabablari hamda ushbu hududning ekoturizm salohiyati yoritilgan. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasida bioxilma-xillikni saqlash strategiyalari va doirasida amalga oshiriladigan islohotlar haqida bayon qilingan. Shu bilan birga, tadqiqotda geobotanik kuzatuvlar va statistik analizlardan foydalanilgan.

Kalit so‘zlar: Hisor davlat qo‘riqxonasi, endemik turlar, noyob o‘simliklar, bioxilma-xillik, balandlik mintaqalari, kamayish omillari, geobotanik kuzatuv, statistik analiz saqlash strategiyalari, ekoturizm.

Аннотация. В этой статье описывается биоразнообразие эндемичных, редких и исчезающих растений, распространённых на территории Государственного заповедника Хисар, обладающего самым богатым биоразнообразием Узбекистана, их распространение в различных районах высоты, причины сокращения растительности и потенциал экотуризма этого региона. В отчете также изложены стратегии и реформы по сохранению биоразнообразия, которые должны быть реализованы в рамках этой рамки. В то же время в исследовании использовались геоботанические наблюдения и статистический анализ.

Ключевые слова: Гиссарский государственный заповедник, эндемичные виды, редкие растения, биоразнообразие, горные регионы, убывающие факторы, геоботанические наблюдения, статистический анализ, стратегии охраны, экотуризм.

Abstract. This article presents an analysis of the biodiversity of endemic, rare, and endangered plant species naturally distributed within the territory of the Hisor State Nature Reserve, one of the most biodiversity-rich regions of Uzbekistan. It examines the occurrence of these species across different altitudinal zones and identifies the primary factors contributing to their decline. In addition, the article discusses the reforms implemented within the framework of the Republic of Uzbekistan’s biodiversity conservation strategies. The study also employs geobotanical observations and statistical analyses.

Keywords: Hisar State Nature Reserve, endemic species, rare plants, biodiversity, mountain regions, decreasing factors, geobotanical observations, statistical analysis, protection strategies, ecotourism.

KIRISH

O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining “1992 yil 5- iyunda Rio-de-Janeyroda imzolangan Biologik xilma-xillik to‘g‘risidagi konventsiyaga O‘zbekiston Respublikasining qo‘shilishi to‘g‘risida” 1995 yil 6-maydagi 82-I-son qarorini ijro etish yuzasidan [1], shuningdek, biologik xilma-xillikni saqlash va undan barqaror foydalanishni ta’minlash, muhofaza qilinadigan tabiiy hududlarni rivojlantirish va kengaytirish, tabiiy ekologik tizimlarning tanazzulga uchrashi sur’atlarini pasaytirish, hayvonlar va o‘simliklarning kamyob va yo‘qolib borayotgan turlarini qayta tiklash, bioxilma-xillikni saqlab qolish sohasidagi xalqaro munosabatlarni rivojlantirishga qaratilgan kompleks chora-tadbirlarni amalga oshirish maqsadida Vazirlar Mahkamasi qaror qabul qildi. Qarorga muvofiq 2019-2028 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasida biologik xilma-xillikni saqlash strategiyasi tasdiqlandi [2]. Konvensiyaning 2022-yilda bo‘lib o‘tgan 15-konferentsiyasida (COP 15) dunyo hukumatlari Kunming-Monreal global bioxilma-xillik dasturini qabul qilindi. Ushbu dasturda 2050-yilgacha erishilishi kerak bo‘lgan to‘rtta asosiy maqsad qo‘yilgan bo‘lib, ular ekotizimlar va turlarning sog‘lig‘iga e’tibor qaratadi, jumladan, inson faoliyati sababli turlarning yo‘q bo‘lib ketishini to‘xtatish, biologik xilma-xillikdan barqaror foydalanish, imtiyozlarni adolatli taqsimlash, shuningdek, ularni amalga oshirish va moliyalashtirishdan iborat.[3]

Shunga asosan, yurtimizdagi o‘simliklar olamini muhofaza qilish, ko‘paytirish, barqaror foydalanish maqsadida ekoturizmni rivojlantirish masalalari bugungi kun tartibiga qo‘yilgan muhim jihatlardir. Xususan, O‘zbekistonning eng boy bioxilma-xillikka ega bo‘lgan Hisor qo‘riqxonasida o‘simliklarni muhofaza qilish maqsadida ekoturizmni yo‘lga qo‘yish muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

ASOSIY QISM

Hisor qo‘riqxonasida ekoturizmning ekologik ta’sirini o‘rganish, bunda noyob va endemik o‘simlik turlarini saqlash, buzilgan ekotizimlarni tiklash va sayyohlarning ekologik muammolar haqida xabardorligini oshirish muhimdir. Hisor davlat qo‘riqxonasi O‘zbekistonning janubiy-sharqiy qismida, Qashqadaryo viloyatining Shaxrisabz, Yakkabog‘ va Qamashi tumanlari hududida, Hisor tog‘ tizmasining g‘arbiy yonbag‘irlarida, dengiz sathidan 1750 m dan 4366 m gacha balandlikda joylashgan. 1983 yilda ikkita qo‘riqxona – Qizilsuv va Miroqi qo‘riqxonalarining birlashishi natijasida, Hisor tog‘ tizmalarining janubiy-sharqiy qismidagi tabiiy komplekslarning tipik uchastkalarini asl holida muhofaza qilish, ulardagi tabiiy jarayonlarning borishini o‘rganish hamda shu hududda yo‘qolib borayotgan flora va fauna vakillarini saqlab qolish maqsadida tashkil qilingan.

Umumiy maydoni 80986 ga ni tashkil qiladi. Ushbu qo‘riqxona Shahrisabz tumani, Yakkabog‘ tumani va Qamashi tumanlari hududida joylashgan bo‘lib, hudud jihatidan u Markaziy Osiyoda eng katta qo‘riqxonadir. Qo‘riqxona janubiy-sharqda Surxondaryo viloyati, sharqda Tojikiston Respublikasi bilan chegaradosh 2000 gektar ekoturizm uchun ajratilgan qo‘riqlanma zona hisoblanadi. Qo‘riqxona 4 ta bo‘limga bo‘lingan:

G‘elon bo‘limi yer maydoni18838,1 ga.
Miraki bo‘limi, yer maydoni 11821,0 ga.
Tanxozdaryo bo‘limi yer maydoni 20233,0 ga.
Qizilsuv bo‘limii yer maydoni - 30094,0 ga. [4].

Qo‘riqxona umumiy yer maydonining 37011 gektari archazor va butasimon o‘rmonlar bilan qoplangan, yaylovlar 18198,1 gektarni, daryolar va ko‘llar 171 gektarni, botqoqliklar 511 gektarni, muzliklar 3155 gektarni, qoya va jarliklar 31819 gektarni tashkil etadi. Qo‘riqxonaning asosiy o‘rmon hosil qiluvchi o‘simliklari zarafshon va yarim shar shaklidagi archalar hisoblanadi. Umuman olganda muhofaza etiladigan hududdagi o‘simliklar O‘rta Osiyo tog‘lari uchun odatiy bo‘lib, uning katta qismi tor endem o‘simliklaridir. Murakkabguldoshlar (Compositae), dukkaklilar (Leguminosae), butguldoshlar (Cruciferae), donlilar (Gramineae), soyabonlilar (Umbelliferae), labguldoshlar (Labiatae) turlari ko‘plab uchraydi. Hisor davlat qo‘riqxonasi o‘simliklar dunyosi juda boy va xilma-xil bo‘lib, ularni muhofaza qilish va o‘rganish qo‘riqxona xodimlarining asosiy vazifalaridan biridir. Qo‘riqxona hududida 970 turdagi o‘simliklar o‘sishi aniqlangan. Ushbu hududda tarqalgan O‘zbekiston Respublikasi “Qizil Kitobi”ga kiritilgan o‘simliklardan. Dilband lola, ulug‘vor lola, nor shirach, sunbul kovrak, O‘zbekiston chinniguli hamda oq parpi kabilar uchraydi. Quyida ayrimlari haqida batafsil ma’lumotlar beramiz:

Dilband lola Tulipa micheliana. Kamyoblik darajasi 2. G’arbiy Pomir-Oloydagi kamayib ketgan tur. Hayotiy shakli-bo‘yi 20-30 sm oralig’idagi ko‘p yillik piyozli o‘t. Mart-aprel oylarida gullab,may-iyunda mevasi yetiladi. Ko‘xitang, Hisor tizmalarida (Dehqonobod atroflari) tarqalgan. Tog’ oldi tekisliklari va adirlardagi toshli va soz tuproqli yonbag’irlarida o‘sadi. Kam,yakka holda uchraydi. Urug’idan va piyozidan ko‘payadi.

Ulug‘vor lola G‘arbiy Pomir-Oloyda kam tarqalgan endemik o‘simlik bo‘lib, bo‘yi 12-25 sm orasidagi ko‘p yillik piyozli o‘t. Aprel–may oyida gullab, mevasi iyun–iyulda yetiladi. Samarqand, Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlari, Zarafshon, Ko‘hitang va Hisor tizmalarida tarqalgan. Tojikistonda ham uchraydi. Hisor davlat qo‘riqxonasining dengiz sathidan 1600–2000 m balandlikdagi soz tuproqli yonbag‘irlarida o‘sadi.

Nor shirach Tyan-Shan va Pomir-Oloydagi areali ajralgan va qisqarib borayotgan endemik o‘simlik, bo‘yi 100-250 sm ga yetadigan ko‘p yillik yirik o‘t. May-iyulda gullaydi, mevasi iyul-avgustda yetiladi. Toshkent, Namangan, Jizzax, Samarqand, Farg‘ona, Surxondaryo, Qashqadaryo viloyatlari: G‘arbiy Tyan-Shan va Pomir-Oloyning barcha tizmalari, Tojikiston, Qozog‘iston, Qirg‘izistonda ham uchraydi. Hisor davlat qo‘riqxonasining o‘rta qismidagi mayda jinsli, tuproqli va toshli yonbag‘irlarda o‘sadi.

O‘zbekiston chinniguli. Mazkur o‘simlik turi Pomir-Oloyning g‘arbiy qismidagi kamyob endemik o‘simlik hisoblanadi. Bo‘yi 40 sm gacha yetadigan ko‘p yillik o‘t. May oyida gullab, mevasi iyunda yetiladi. Samarqand, Qashqadaryo viloyatlari: Zarafshon tizmasida (Taxta Qoracha dovoni, Qizilolma va Tarag‘ay qishloqlari atroflari) tarqalgan. Hisor davlat qo‘riqxonasida Bog‘cha qishlog‘idan yuqoridagi tosh-shag‘alli joylarda, tosh va ohaktosh siniqlari va yoriqlari orasida o‘sadi. Populyatsiyasi tarqoq holda.

Oq parpi (Aconitum talassium Popov) – bu kop yillik o‘t o‘simlik, Tyan-Shan va Pomir-Oloy tizmasidagi son jihatdan qisqarib borayotgan, areali bo‘lingan endem o‘simlik turi.Bo‘yi 1,5 metrga yetadigan, kop yillik o‘t.. Iyun-Iyulda gullab, Iyul-Avgust oylarida mevasi yetiladi. Urug‘ bilan kopayadi.Toshkent, Farg‘ona, Jizzax, Qashqadaryo viloyatlari: Piskom, Chotqol, Qurama, Farg‘ona, Turkiston, Zarafshon, Hisor tizmalarida tarqalgan. Tojikiston va Qirg‘izistonda ham uchraydi. Tog‘larni o‘rta va yuqori qismlaridagi nam yerlarda va yonbag‘irlardagi buloqlarning atroflarida o‘sadi. Ba’zan buloq bo‘ylarida kichik parpizorlar hosil qiladi.[5].

Pomir-Oloy tog‘ tizimida endemik hisoblangan o‘simliklarning turi 80 dan ortiq bo‘lib, ulardan qo‘riqxona hududida Kichik va Katta yuno, Aleksey piyozi, Fedchenko piyozi, Tog‘bargli

piyoz, Rozinbax piyozi, O‘zbekiston chinniguli, Bobrov va Kudryashev astragallari, Olta, Tubergen, Chimyon lolalari o‘sadi.

Qo‘riqxona hududida o‘sadigan o‘simliklarning 250 turdan ortig‘i dorivor va ozuqabob hisoblanadi. Ulardan qirqbo‘g‘im, zira, zirk, oltin tomir, chakanda, rivoch, buymadaron, shuvoq, toron, saleb, ruyan, sumbul, kiyik o‘ti, qizilpoycha xalq tabobatida, Oshanin piyozi, tog‘bargli piyoz, rivoch, zira, alqor kabilar mahalliy xalq tomonidan ozuqabob o‘simlik sifatida ko‘p ishlatiladi.

Tadqiqotchi R.X.Allayorovning ma’lumotlariga ko‘ra, O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobida o‘simlik turlariga kamyoblik darajasiga ko‘ra 4 ta maqom (status) berilgan bo‘lib, Janubi-g‘arbiy Hisor tog‘ va tog‘oldi landshaftlarida uchraydigan 1 ta turning maqomi 0 chi (yo‘qolgan yoki yo‘qolib ketganligi ehtimoldan yiroq emas); 52 ta turning maqomi 1 chi (yo‘qolib ketish arafasida turgan); 40 turning maqomi 2 chi (kamyob); 42 ta turning maqomi 3 chi (son jihatdan kamayib borayotgan) ga mansubdir [6]. Janubi-g‘arbiy Hisor tog‘ va tog‘oldi landshaftlarida o‘simlik turlari kamayishining asosiy sabablari inson faoliyati (qishloq xo‘jaligi, o‘rmon xo‘jaligi, chorvachilik va rekreatsiya) hamda tabiiy omillar (iqlim o‘zgarishlari, tabiiy ofatlar, ekologik buzilishlar) bilan bog‘liq. Hisor qo‘riqxonasida eng ko‘p maydonni tog‘ mintaqasi ishg‘ol qiladi. Dengiz sathidan 1600-1800 metr absolyut balandlikdan boshlanib, 2500-2800 metrgacha ko‘tariladigan tog‘ landshaftlari mintaqasi hissasiga qo‘riqxona maydonning qariyb 60 foizi to‘g‘ri keladi.

Tog‘larning janubiy yonbag‘irlardagi mavjud o‘rmonlar ancha siyrak bo‘lib, o‘simlik turlariga unchalik boy emas, archazorlar shimoliy yonbag‘irlarga nisbatan 100-200 metr balandlikda joylashgan, ya’ni balandlikka chekingan. Janubga qaragan tik yonbag‘irlarda daraxt va butalar siyrak, yalang‘och qiyalari asosiy maydonni egallagan bir paytda, qiyaligi 50-70 darajadagi tikroq yon bag‘irlarda tuproq qoplami deyarli rivojlanmagan. Qo‘riqxonaning shimoliy hududlarida o‘rmonlar faqat odam borish qiyin bo‘lgan yonbag‘irlardagina qalin saqlangan. Bu yerlarda buta, chala buta va o‘t qoplami anchagina tig‘iz, tuproq qoplami qalin, o‘tlar tarkibida qaytadan yovvoyilashgan yo‘ng‘ichka, qashqarbeda kabi o‘simliklar bot-bot uchraydi. Ma’lumotlarga qaraganda, archazorlar qo‘riqxona hududining qariyb 30 ming gektarini, o‘rmon bilan qoplangan archazorlar 10-12 ming gektar maydonni egallaydi, siyrak archazor va butazorlar ikki hissa ko‘proq maydonni ishg‘ol etadi. Respublikamiz tog‘ o‘rmonlarida archaning 3 turi uchraydi. Qashqadaryo tog‘larida zarafshon archasi (qora yoki qizil archa), dengiz sathidan 1000-2500 metr balandlikda, yarimsharsimon archa (saur archa) 2600-3200 metr balandlikda, turkiston archasi (o‘rik archa) 3000 metr va undan yuqorida o‘sadi. Archa turlari har xil balandiklardagi yonbag‘irlarda ham joy tanlamay o‘saveradi. O‘rta Osiyo tog‘ o‘simliklar olamida, archa daraxti yetakchi o‘rinda turadi. Hisor tog‘ tizmasidagi do‘lanazorlar tog‘li hududlarida asosan, Siyob, Mingchinor, Matmon o‘rmonchilik bo‘limlarida keng tarqalgan. Hisor tog‘ tizmasi turli nishabliklardan tashkil topganligi sababli u yerda o‘sayotgan turkiston do‘lana, pontika do‘lana turlarining hosildorligi ekspozitsiya va nishablikka qarab o‘zgarib turadi [7]. Janubi-G‘arbiy Hisor mintaqasining adir va tog‘oldi massivlarida endem turlarning ko‘pligi, mintaqa g‘arbiy Pomir-Oloydagi o‘ziga xos bo‘lgan turlar xilma-xilligi yuqori ekanligini e’tirof etish imkonini bergan. G‘arbiy Tiyon-Shonning tog‘li qismi endem turlarga boy bo‘lib, hududda ro‘yxatga olingan 60 turdan kamida 56 turi tor tarqalish arealiga ega bo‘lgan tur sifatida qayt etilgan [8].

Hisor qo‘riqxonasi tog‘ landshaftlari mintaqasida o‘rmonlar asosan zarafshon (qizil) archasi daraxtlaridan tashkil topgan. Archa turkiston zarangi, buxoro bodomi, elchison na’matagi, uchqat, zarang kabi daraxt hamda butalar bilan aralash holda o‘sadi. Archazorlarda 600 ga yaqin o‘simlik turlari borligi aniqlangan.

Dengiz sathidan 2350-2400 metr balandlikdan boshlab o‘rmon tarkibida o‘zgarish yaqqol ko‘zga tashlanadi. Zarafshon archasi tup soni jihatidan kamayib saur archasining hissasi ortib boradi. Qirsimon tog‘ qiyalarining yassi yerlarida tikonli buta va chala butalar ko‘proq uchraydi.

Dengiz sathidan 2700-2800 metr balandlikdagi tog‘lardan yaylov landshaft mintaqasi boshlanadi. Quyi qismida-tog‘ landshaft mintaqasi bilan chegaradosh pog‘onada yer bag‘irlab o‘sadigan zarafshon va saur archalar o‘sadi. Qoyalar orasida, yarimtoshlik maydonlarida buta va chalabutalardan yostiqsimon tikanli buta, na’matak turlari, uchqat va pakana zarang, kobreziya yoki tuyaqorin, ermon, shuvoq, yayloq ko‘kamaroni, tog‘ astragali, o‘tlardan arxaro‘t, ayiqtovon, gulkarrak, olchin, ovcho‘p,tangacho‘p, tilovo‘t, tog‘chalov, tulkidum, ayiqquloq, g‘ozpanja kabi turlardan iborat qoplam hosil bo‘lgan. Alp o‘tloqlari landshafti tarzida namoyon bo‘lgan bu balandlik mintaqasida qordan holi maydonlarda g‘oz yaproq, akantolimon, astragal, tilovo‘t, gulizardak kabi o‘t o‘simliklarning bir necha turlari uchraydi.

Qo‘riqxona florasi, O‘zbekistondagi florasi o‘rganilgan qo‘riqxonalar florasi bilan taqqoslanganda biologik xilma-xilligining yuqoriligi, jumladan floraning boyligi va turlar zichligi yuqori ekanligi bilan ajralib turishi ma’lum bo‘ldi.

Tadqiqotchi olim T.B.Aromovning ilmiy izlanishlarida Hisor davlat qo‘riqxonasi florasida 71 oila, 457 turkumga mansub bo‘lgan 1298 tur tarqalganligi aniqlagan va floraning zamonaviy konspekti tuzilgan [9].

Yuqoridagilarni e’tiborga olgan holda, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomoniddan “Hisor Davlat qo‘riqxonasining qo‘riqlanma zonasini belgilash chora-tadbirlari to‘g‘risida” 94-sonli qarori qabul qilindi [10]. Qarorga muvoviq umumiy yer maydoni 2000,0 gektar bo‘lgan Hazrati Sulton platosi, Suvtushar daryosining bir qismi (Suvtushar sharsharasi), dinozavr izlari va Amir Temur g‘ori obyektlarini qo‘riqxona hududidan uning qo‘riqlanma zonasiga o‘tkazildi hamda ziyorat turizmi va ekologik turizmni tashkil qilish uchun zarur infratuzilmani yaratishga jalb qilindi.

Hisor qo‘riqxonasida o‘tkazilgan ekotizim monitoringi ma’lumotlari shuni ko‘rsatdiki, eroziya va insonning nazoratsiz ta’siridan zarar ko‘rgan hududlarni tiklash asosida o‘simliklar olamini saqlab qolish va ko‘paytirish imkoniyatiga yo‘l ochiladi.

Tadqiqot davomida Hisor qo‘riqxonasi ekotizimlari holatida ko‘zga ko‘rinadigan o‘zgarishlarga olib kelgan muhim tabiatni muhofaza qilish tashabbuslari amalga oshirildi. Bunday choralar qatoriga quyidagilar kiradi:

• turistlar uchun cheklangan kirish hududlarini joriy etish, bu esa nozik ekotizimlarga antropogen bosimni pasaytirdi.

• turistlar uchun himoyasiz hududlarga borishni istisno etuvchi tartibga solinadigan marshrutlarni joriy etish.

• masofaviy texnologiyalar yordamida ekotizimlar holati monitoringini takomillashtirish.

• qurg‘oqchil zonalarni tiklash hamda barqarorlashtiruvchi o‘simliklar turlarini ekish va ularni eroziyadan himoya qilish bo‘yicha loyihalarni amalga oshirish.

• mahalliy hamjamiyat bilan faol ishlash va ularni atrof-muhitni muhofaza qilish tadbirlariga jalb qilish.

Bu tadbirlar qo‘riqxona ekotizimlari holatini yaxshilash, sayyohlarning salbiy ta’sirini kamaytirish va noyob o‘simlik turlarini ko‘paytirishga xizmat qiladi.

O‘zbekiston Respublikasi hukumati tomonidan ham 1997-yilda O‘zbekiston flora va faunasining 27000 ga yaqin bioxilma-xillik vakillarini saqlash va muhofaza qilishga qaratilgan Milliy strategiyasi va harakat rejasi ishlab chiqildi. So‘nggi o‘tgan davr mobaynida O‘zbekiston hududidagi flora va fauna vakillarini muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanish bo‘yicha 120 dan ortiq qonun va qonunosti hujjatlari ishlab chiqildi va amaliyotga tadbiq etildi. Ularning aksariyati to‘g‘ridan-to‘g‘ri yoki bilvosita biologik xilma-xillik masalalari bilan bog‘liq. Shu

jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yildagi 484-sonli “2019-2028-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasida biologik xilma-xillikni saqlash strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori qabul qilindi.

Qarorda bioxilma-xillikni saqlash va undan barqaror foydalanishni, oziq-ovqat xavfsizligini, aholi yashashi uchun qulay muhitni hamda mamlakatni barqaror rivojlantirishni ta’minlash uchun 2029-yilgacha quyidagi strategik maqsadlar belgilandi.

–Bioxilma-xillik masalalarini davlat hokimiyati boshqaruvi organlari va butun jamiyatning faoliyatiga kiritish;

–Bioxilma-xillikka to‘g‘ridan-to‘g‘ri yuklamalarni qisqartirish, uning komponentlaridan oziq-ovqat landshaftlarida barqaror foydalanish;

–Muhofaza qilinadigan tabiiy muhitlar hududi tizimini rivojlantirish, ekotizim xizmatlari tomonidan ta’minlanadigan afzalliklar hajmini ko‘paytirish;

–Salohiyatni rejalashtirish, yaratish va moliyalashtirish mexanizmlarini rivojlantirish yo‘li bilan biologik xilma-xillikni saqlash va undan barqaror foydalanish samaradorligini oshirish vazifalar qo‘yilgan [11].

Shuningdek, qarorning Ekoturizm nomli 2-bob 6-paragrafida mazkur sohadagi kamchiliklar ham keltirib o‘tilgan. Xususan,

- O‘zbekistonda ekoturizmni rivojlantirish uchun noyob tabiat, har xil landshaftlar (cho‘llar, tog‘lar, plato, daryolar, ko‘llar, sharsharalar), o‘simlik va hayvonot dunyosining kamyob va yo‘qolib borayotgan turlari, arxeologik topilmalar, poleontologik qoldiqlar, petrogliflar, nodir geologik obyektlar mavjud. Shunga qaramay, respublikada turistlarni tabiiy obyektlarga jalb qilish uchun infratuzilma yetarli darajada rivojlanmagan.

-. Respublikaning ayrim muhofaza qilinadigan tabiiy hududlari turistlarni qabul qilish uchun eng uyushtirilgan va munosib joylar hisoblanadi, chunki ushbu hududlarda belgilangan maydon va chegaralar, turistlar tashrif buyurishi uchun ajratilgan uchastkalar, keluvchilar bilan ishlash tajribasi mavjud, ayrimlarida esa - belgilangan yo‘nalishlar hamda ushbu hudud va uning xususiyatlari bo‘yicha muayyan bilimlarga ega bo‘lgan xodimlar bor.

- Biroq qonun hujjatlariga muvofiq ekoturizmni, shu jumladan, rekreatsion faoliyatni amalga oshirish uchun davlat qo‘riqxonalariga, tabiiy bog‘larning qo‘riqxona zonalariga va biosfera rezervatlariga kirish ta’qiqlangan.

Ekoturizm sohasida keltirilgan ushbu muhim jihatlarni o‘rganish va yechimini topish yurtimizda mazkur sohaning rivojlanishiga va turistlar oqimining ko‘payishiga ijobiy ta’sir etadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR.

Hisor davlat qo‘riqxonasi O‘zbekistonning eng muhim floristik markazlaridan biri bo‘lib, Pomir-Oloy viloyatiga xos bo‘lgan ko‘plab endemik, noyob va yo‘qolib borayotgan o‘simlik turlarining tabiiy uchrash joyi hisoblanadi. Balandlik mintaqalari keskin almashuvi natijasida archa o‘rmonlari, butazorlar, tog‘ va alp o‘tloqlari kabi turli fitotsenozlar shakllangan bo‘lib, ular hududning yuqori bioxilma-xilligini ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari antropogen bosim (yaylov yuklamasi, yerlarning o‘zlashtirilishi, haddan tashqari yig‘im-terim) va iqlim o‘zgarishi tufayli ko‘plab sezgir turlar populyatsiyalari qisqarib borayotganini ko‘rsatdi. Biologik xilma-xillikni saqlash bo‘yicha milliy strategiya talablaridan kelib chiqib, Hisor davlat qo‘riqxonasida florani muntazam monitoring qilish, Qizil kitob turlari uchun maxsus muhofaza choralarini kuchaytirish va ekoturizmni faqat ilmiy asoslangan cheklov va zonalash tamoyillari asosida rivojlantirish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (MANBALAR) RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining ,, O‘zbekiston Respublikasining biologik rang-baranglik to‘g‘risidagi konvensiyaga qo‘shilishi haqida” 1995-yil 6-maydagi 82-I-sonli qarori. lex.uz/ru/docs/-2666920

2. Ruzmatov E.Yu., Qo‘ziboyev SH.N., Tojiboyev.M.U. // Bioekologiya (o‘simliklar ekologiyasi) // O‘quv qo‘llanma. //Andijon – 2020. 191-bet.
3. „Biologik xilma-xillikni saqlashning Yangi Milliy Maqsadlari” 2025-yil. BMTTD, 2025 undp.org/uzbekistan
4. https://xabar.uz/uz/jamiyat/olis-toglar-ortida-hisor-davlat-qoriqxonasi
5. O‘zbekiston Respublikasi Qizil Kitobi: 1 jild – 2009.
6. Allayorov R.X. // Janubiy-G‘arbiy Hisor tog‘ va tog‘ oldi landshaftlariga antropogen ta’sir //Ekologik xabarnoma // 2024, 47-53-betlar
7. Rayimov B.N. // Indicators of natural regeneration of red hawthorn (crataegus turkestanica pojark.) in hisar mountain range. // In Archive of Conferences // 2022, 244-248-bet
8. G‘ulomov R.K. // Bioxilma-xillikni saqlash. // O‘quv qo‘llanma // «TAMADDUN», Toshkent 2025. 145-bet.
9. Aromov T.B. // Hisor davlat qo’riqxonasi florasi. // Dissertatsiya. // Qarshi 2023.
10. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Hisor Davlat qo‘riqxonasining qo‘riqlanma zonasini belgilash chora-tadbirlari to‘g‘risida” 2020 yil 18-fevraldagi 94-sonli qarori.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ДОО

Мустафаева Замира Саидкуловна, Илхомова Маърифат Сирож кизи
Джизакский государственний педагогический университет имени А.Кадыри

Annotatsiya: Maqolada MTT sharoitida maktabgacha yoshdagi bolalarning ekologik tarbiyasiga innovatsion yondashuvlar yoritiladi. Zamonaviy pedagogik texnologiyalarning erta ekologik madaniyatni shakllantirish, bolalarning tabiatga nisbatan ongli munosabatini rivojlantirish va ekologik faolligini oshirishdagi o‘rni tahlil qilinadi. Ekologik ta’lim samaradorligini oshirishda STEAM yondashuvi, loyiha faoliyati, interaktiv o‘yinlar va multimedia vositalaridan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari innovatsion rivojlantiruvchi muhit yaratish va pedagoglarning ekologik kompetensiyasini kuchaytirish MTTdagi ekologik tarbiya sifatini oshiruvchi asosiy omillar ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: MTT, ekologik tarbiya, ekologik madaniyat, innovatsion texnologiyalar, STEAM, loyiha faoliyati.

Аннотация: В статье рассматриваются инновационные подходы к экологическому воспитанию детей дошкольного возраста в условиях ДОО. Описывается роль современных педагогических технологий в формировании ранней экологической культуры, развитии познавательной активности и экологически ответственного поведения. Рассматриваются возможности использования STEAM-подхода, проектной деятельности, интерактивных игр и мультимедийных ресурсов для повышения эффективности экологического образования. Создание инновационной развивающей среды и повышение экологической компетентности педагогов являются ключевыми условиями успешного экологического воспитания в ДОО.

Ключевые слова: ДОО, экологическое воспитание, экологическая культура, инновационные технологии, STEAM, проектная деятельность.

Abstract: The article explores innovative approaches to ecological education of preschool children in Early Childhood Education Organizations (ECEO). It highlights the role of modern pedagogical technologies in developing early ecological culture, increasing cognitive engagement, and fostering environmentally responsible behavior. The study examines the application of

STEAM methods, project-based learning, interactive ecological games, and multimedia tools to enhance the effectiveness of ecological education. Creating an innovative learning environment and improving educators’ ecological competence are crucial factors in advancing ecological education in ECEO.

Keywords: ECEO, ecological education, ecological culture, innovative technologies, STEAM, project-based learning.

ВВЕДЕНИЕ

Современные изменения в системе дошкольного образования определяют необходимость обновления содержания и методов экологического воспитания детей, направленного на формирование основ экологической культуры и ответственного отношения к природе. Усиление экологических проблем, рост антропогенной нагрузки и необходимость формирования устойчивых моделей поведения требуют внедрения инновационных педагогических технологий в деятельность ДОО. Традиционные формы экологического обучения уже недостаточно эффективно мотивируют детей, поэтому всё большую значимость приобретают STEAM-технологии, проектная деятельность, интерактивные игры и мультимедийные ресурсы, развивающие познавательную активность и экологическое мышление дошкольников. Внедрение инновационных подходов позволяет сформировать в ДОО полноценную развивающую образовательную среду, где экологическое содержание органично интегрируется в игру, исследовательскую деятельность, наблюдения и творческие задания. При этом особую роль играет профессиональная готовность педагогов, их способность применять современные технологии для формирования экологической грамотности детей. В связи с этим изучение и внедрение инновационных подходов в экологическом воспитании становится важным научно-практическим направлением, способствующим повышению качества и эффективности образовательного процесса в ДОО.

МЕТОДОЛОГИЯ

Методология исследования основана на комплексном подходе, включающем теоретические и практико-ориентированные методы, позволяющие всесторонне изучить влияние инновационных технологий на процесс экологического воспитания детей дошкольного возраста в условиях ДОО. На теоретическом уровне применялись методы анализа, синтеза, сравнения и обобщения научных источников, нормативных документов и современных программ экологического образования. Это позволило определить ключевые инновационные направления и педагогические технологии, наиболее эффективно формирующие экологическую культуру детей. Практическая часть исследования включала проведение педагогического наблюдения, диагностики уровня экологической осведомлённости и познавательной активности детей, а также организация педагогического эксперимента в группах ДОО. В ходе эксперимента были внедрены STEAM-занятия, мини-проекты экологической направленности, интерактивные экологические игры и мультимедийные ресурсы. Для оценки результатов использовались качественные и количественные методы: опросы и анкетирование педагогов, наблюдение за деятельностью детей, фиксация динамики их интереса, мотивированности и практических навыков.

ЗАДАЧИ

Задачей исследования являлось всесторонне определить, насколько эффективно инновационные педагогические технологии могут повысить качество экологического воспитания детей дошкольного возраста в условиях ДОО. В рамках работы предполагалось проанализировать влияние STEAM-занятий, экологических мини-проектов, исследовательских наблюдений, интерактивных игр и мультимедийных материалов на формирование у детей устойчивого интереса к природе и осмысленного отношения к

экологическим нормам. Важной составляющей задачи было выявление того, какие именно методы наиболее успешно развивают у дошкольников элементарные исследовательские навыки, способность видеть причинно-следственные связи в природе и применять полученные знания в реальной ситуации. Дополнительно исследование стремилось определить, какие педагогические и организационные условия внутри ДОО — уровень подготовки воспитателя, доступность развивающих материалов, структура экологической среды — оказываются ключевыми для успешного внедрения инновационных подходов и обеспечения стабильной положительной динамики в экологическом воспитании.

РЕШЕНИЕ

Для решения поставленной задачи в образовательную деятельность ДОО была внедрена комплексная система инновационных технологий, включающая STEAM-модули, экологические мини-проекты, игровые и исследовательские формы работы, а также использование мультимедийных материалов для расширения восприятия экологических явлений. Реализация этих методов позволила детям активно участвовать в наблюдениях, задавать вопросы, проводить простейшие опыты и обсуждать результаты со сверстниками и педагогами, что значительно усилило их интерес и вовлечённость. Одновременно воспитатели фиксировали изменения в понимании детьми экологических ситуаций, их способность объяснять наблюдаемые процессы и проявлять инициативу в действиях, направленных на заботу о природе. Параллельно анализировались условия, влияющие на успешность внедрения инноваций: готовность педагога применять современные технологии, наличие развивающих материалов, возможность гибкой организации пространства. Полученные данные убедительно показали, что комплексное использование инновационных технологий способствует более глубокому усвоению экологического содержания, формированию устойчивой мотивации и развитию экологически ответственного поведения у дошкольников.

Таблица 1.

Инновационные технологии в экологическом воспитании детей в ДОО

	Компонент	**Краткое содержание**
1.	Цель	Повышение эффективности экологического воспитания детей дошкольного возраста в ДОО.
2.	Инновационные технологии	STEAM-занятия, экологические мини-проекты, интерактивные игры, мультимедийные ресурсы.
3.	Роль педагога	Организация экологически развивающей среды, использование инновационных методик, сопровождение исследовательской деятельности детей.
4.	Формы работы с детьми	Экологические мини-проекты, наблюдения в природе, опытно-экспериментальная деятельность.
5.	Современные технологии	Интерактивные панели, мультимедийные презентации, обучающие видеоматериалы, цифровые игры экологической направленности.
6.	Ожидаемые результаты	Повышение познавательной активности, развитие экологической культуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённая работа позволила глубже понять, какое значение имеют инновационные педагогические технологии в экологическом воспитании детей дошкольного возраста. Практическое внедрение различных форм — от STEAM-занятий и мини-проектов до мультимедийных материалов и интерактивных игр — показало, что дети гораздо быстрее и охотнее воспринимают экологическое содержание, когда оно представлено в наглядной, исследовательской и игровой форме. Дошкольники проявляли больше инициативы, чаще обращали внимание на природные явления вокруг, стремились объяснять свои наблюдения и обсуждать их с педагогами и сверстниками. Особенно важно отметить, что повышение интереса к природе сопровождалось постепенным формированием осознанного и бережного отношения к ней. Дети стали внимательнее относиться к растениям, животным, элементарным правилам экологического поведения, что указывает на внутреннюю мотивацию, а не только на внешнее выполнение заданий. Такой результат подтверждает значимость использования интерактивных и исследовательских форм — они создают не просто знания, а опыт личного переживания экологических ситуаций. Педагоги также отметили, что применение инновационных методик требует определённой подготовки и гибкости. Эффективность работы повышалась там, где воспитатель умел сочетать цифровые инструменты с традиционными наблюдениями, экспериментами, прогулками на природе. Это показывает, что инновации не заменяют педагога, а усиливают его профессиональные возможности, помогая сделать экологическое содержание более доступным и интересным для детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жукова Г.Е., Головачев В.С., Суворова В.Н. Экологическое просвещение детей дошкольного возраста в условиях совместного проектирования учреждений образования и культуры // Педагогика искусства. 2020. № 3. С. 85-94.

2. Москвина А.С., Быковская Т.Е., Пантелеева Н.Г., Балабас Н.Н., Третьяков А.Л. Особенности реализации содержания экологического образования в условиях дошкольной образовательной организации // Перспективы науки и образования. 2019. № 5. С. 271-288. DOI: 10.32744/pse.2019.5.20.

3. Николаева С.Н., Рыжова Н.А. Экологическое образование для устойчивого развития. Анализ основополагающих нормативных документов // Дошкольное воспитание. 2018. № 1. С. 4-12.

4. Дерябо, С.Д.. Экологическая педагогика и психология / С.Д. Дерябо., В.А. Ясвин. - Ростов- на- Дону: Феникс, 1996. - 478 с.

5. Маркова, ТА. МЫ: программа экологического образования детей /Т.А. Маркова, Т.А. Виноградова, Н.Н Кондратьева,Т.А. Шиленок. - Москва: ПРЕСС, 2006. - 240 с.

O‘ZBEKISTONDA TA’LIM ORQALI EKOLOGIK MADANIYATNI SHAKLLANTIRISH: BILIM VA XULQ-ATVOR O‘RTASIDAGI TAFOVUT TAHLILI

Karimova Qizlarxon Jabberganova
"Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalashtirish muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti

Annotatsiya: Global ekologik muammolar sharoitida fuqarolarning ekologik madaniyati hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Ta’lim esa uni shakllantirishning asosiy vositasidir. Maqolada Xorazm viloyati Urganch shahrida ekologik madaniyatni shakllantirishda ta’lim tizimining o‘rni tahlil qilinadi. Tadqiqot 200 nafar respondent o‘rtasida o‘tkazilgan so‘rovnomaga asoslangan bo‘lib, muammoni xulq-atvor nazariyalari: Rejalashtirilgan xulq-atvor nazariyasi (TPB), Ijtimoiy-kognitiv nazariya (SCT), COM-B modeli va Turtki berish nazariyasi (Nudge) nuqtai nazaridan ko‘rib chiqadi. Natijalar ekologik ong va real xulq-atvor o‘rtasida jiddiy tafovut mavjudligini ko‘rsatdi: respondentlarning 80%i chiqindilarni saralashning foydasini tan olsa-da, faqat 20%i bunga amalda rioya qiladi. Maqolada ushbu tafovutni bartaraf etish hamda o‘quvchilarda amaliy ko‘nikmalar va ekologik mas’uliyatni shakllantirish uchun nazariy modellarni ta’lim jarayoniga integratsiya qilish bo‘yicha tavsiyalar taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: ekologik madaniyat, ekologik ta’lim, chiqindilarni saralash, xulq-atvor nazariyalari, TPB, SCT, COM-B, Nudge, ekologik xulq-atvor.

Аннотация: В условиях глобальных экологических вызовов экологическая культура граждан играет решающую роль, а система образования выступает основным инструментом её формирования. В статье анализируется роль образовательной системы Узбекистана в развитии экологической культуры. Исследование основано на опросе, проведённом среди 200 респондентов, и рассматривает проблему через призму теорий поведения: теории запланированного поведения (TPB), социально-когнитивной теории (SCT), модели COM-B и теории «подталкивания» (Nudge). Полученные результаты показывают существенный разрыв между экологическим сознанием и реальным поведением: несмотря на то, что 91% респондентов признают пользу раздельного сбора отходов, лишь 21% соблюдают его на практике. В статье предложены рекомендации по устранению данного разрыва, а также интеграции поведенческих моделей в образовательный процесс для формирования у учащихся практических навыков и экологической ответственности.

Ключевые слова: экологическая культура, экологическое образование, раздельный сбор отходов, поведенческие теории, TPB, SCT, COM-B, Nudge, экологическое поведение.

Abstract: In the context of global environmental challenges, citizens’ environmental culture plays a decisive role, while education serves as the primary mechanism for its development. This article analyzes the role of Uzbekistan’s education system in fostering environmental culture. The research is based on a survey conducted among 200 respondents and examines the issue through several behavioral frameworks: the Theory of Planned Behavior (TPB), Social Cognitive Theory (SCT), the COM-B model, and Nudge Theory. The findings reveal a substantial gap between environmental awareness and actual behavior: although 91% of respondents acknowledge the benefits of waste sorting, only 21% practice it consistently. The article offers recommendations aimed at reducing this gap and integrating behavioral models into the educational process to develop practical skills and environmental responsibility among students.

Keywords: environmental culture, environmental education, waste sorting, behavioral theories, TPB, SCT, COM-B, Nudge, environmental behavior.

KIRISH

Iqlim o‘zgarishi va resurslarning kamayishi kabi ekologik muammolar zudlik bilan chora ko‘rishni talab qiladi. O‘zbekistonda, butun dunyoda bo‘lgani kabi, aholining ekologik madaniyatini shakllantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishiga aylandi, bu “Ekologik ta’limni rivojlantirish konsepsiyasi” va “2030-yilgacha ekologik madaniyatni yuksaltirish konsepsiyasi”da o‘z aksini topgan. Ekologik madaniyat tabiat bilan uyg‘unlikka yo‘naltirilgan qadriyatlar, bilimlar va amaliy harakatlarni o‘z ichiga oladi, ta’lim esa uni tarbiyalashning fundamental vositasidir.[1,2].

Xabardorlikni oshirish bo‘yicha sa’y-harakatlarga qaramay, e’lon qilingan qadriyatlar va real xulq-atvor o‘rtasida sezilarli tafovut kuzatilmoqda, bu ayniqsa maishiy chiqindilarni boshqarish sohasida yaqqol namoyon bo‘lmoqda.[3]. Ushbu tadqiqot ushbu tafovutni tahlil qilishga bag‘ishlangan. Bizning taxminimizcha, ekologik xulq-atvorni shakllantirish uchun faqat bilimning o‘zi yetarli emas; psixologik, ijtimoiy va atrof-muhit omillarini hisobga olish zarur. Tahlil uchun biz tan olingan xulq-atvor nazariyalaridan foydalanamiz:

- **Rejalashtirilgan xulq-atvor nazariyasi (TPB)**, munosabat, ijtimoiy me’yorlar va idrok etiladigan nazorat niyatni qanday shakllantirishini tushuntiradi.[4]
- **Ijtimoiy-kognitiv nazariya (SCT)**, ijtimoiy o‘rganish va taqlid qilishning rolini ta’kidlaydi.[5]
- **COM-B modeli**, xulq-atvorni Imkoniyat (Capability), Sharoit (Opportunity) va Motivatsiya (Motivation) o‘zaro ta’sirining natijasi sifatida ko‘rib chiqadi.[6]
- **Turtki berish nazariyasi (Nudge)**, xulq-atvorni yumshoq tarzda yo‘naltirish uchun vositalarni taklif qiladi.[7]

So‘rovnoma ma’lumotlarini tahlil qilish va ushbu nazariyalarni qo‘llash asosida biz O‘zbekiston ta’lim tizimi uchun bilim va harakat o‘rtasidagi to‘siqni yengishga yordam beradigan ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishga intilamiz.[8].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Qo‘yilgan maqsadlarga erishish uchun anketa so‘rovi usuli (N=200) yordamida miqdoriy tadqiqot o‘tkazildi. Anketa maishiy chiqindilarni saralash sohasidagi bilimlarni (Capability), munosabat va motivatsiyani (Motivation), real amaliyot va sharoitlarni (Opportunity) baholash uchun ishlab chiqilgan. Tanlanma tasodifiy tanlov usuli bilan shakllantirildi.

Tadqiqotda 112 nafar ayol (56%) va 88 nafar erkak (44%) ishtirok etdi. Yosh guruhlari quyidagicha taqsimlandi: 18–30 yosh (34%), 31–50 yosh (42%) va 50+ yosh (24%).

Ma’lumotlarni tahlil qilish uchun to‘rtta xulq-atvor nazariyasi qo‘llanildi:

1. Rejalashtirilgan xulq-atvor nazariyasi (TPB) ta’kidlashicha, harakat qilish niyati xulq-atvorga bo‘lgan munosabat, sub’ektiv me’yorlar va idrok etiladigan xulq-atvor nazorati bilan belgilanadi.

2. Ijtimoiy-kognitiv nazariya (SCT) o‘rganish ijtimoiy kontekstda kuzatish, taqlid qilish va modellashtirish (rol modellari) orqali sodir bo‘lishini ta’kidlaydi.

3. COM-B modeli harakatni amalga oshirish uchun Imkoniyatlar (jismoniy va psixologik), Sharoitlar (jismoniy va ijtimoiy muhit) va Motivatsiya (refleksiv va avtomatik) zarurligini nazariy asos sifatida ko‘rsatadi.

4. Turtki berish nazariyasi (Nudge) taqiqlarsiz xulq-atvorga ta’sir qilish uchun “tanlov arxitekturasi”ni o‘zgartirishga e’tibor qaratadi, bunda standart variantlar va vizual ko‘rsatmalar kabi vositalardan foydalaniladi.

TADQIQOT NATIJA VA MUHOKAMALARI

So‘rov natijalari respondentlarning ekologik ongi va xulq-atvori o‘rtasida sezilarli tafovut mavjudligini aniqladi. Asosiy xulosalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

So’rovnomadan olingan natijalar

Savol	**Ha**	**Yo‘q**	**Bilmayman**
Chiqindilarni saralash nima ekanligini bilasizmi?	68%	20%	12%
Saralash atrof-muhit uchun foydali deb hisoblaysizmi?	**90%**	4%	6%
Agar buning uchun qulay sharoitlar (konteynerlar) yaratilsa, chiqindilarni saralashga tayyormisiz?	87%	6%	7%
Amalda uyingizda chiqindilarni saralaysizmi?	**20%**	74%	6%

Ushbu jadvaldan quyidagilarni ko’rish mumkin:

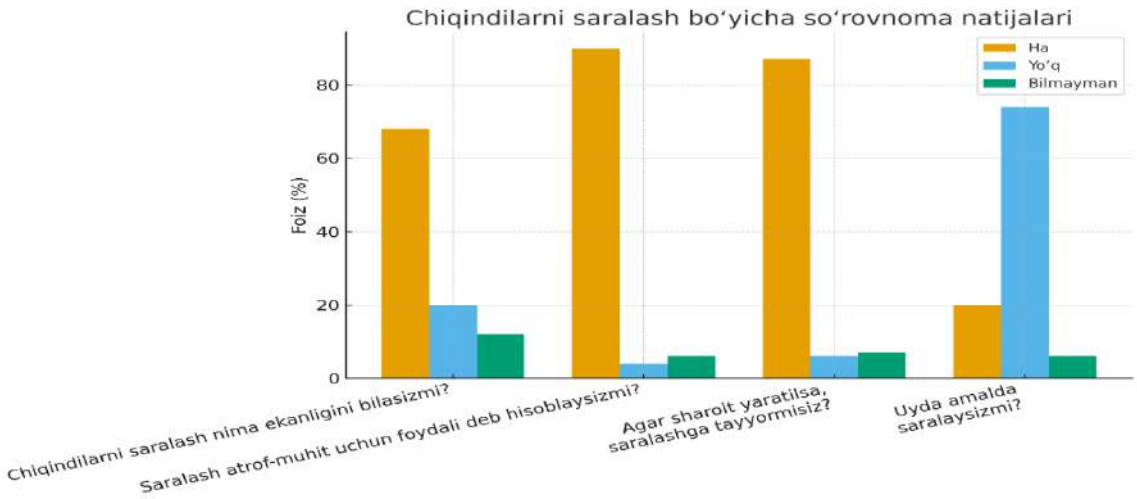
1. Yuqori darajadagi xabardorlik: respondentlarning 90%i chiqindilarni saralashning foydasini tan oladi.

2. Yuqori potentsial tayyorgarlik: so‘ralganlarning 87%i infratuzilma mavjud bo‘lganda chiqindilarni saralashga tayyor.

3. Real xulq-atvorning past darajasi: respondentlarning atigi 20%i saralashni amalda qo‘llaydi.

Eng muhim natija – bu **niyat va xulq-atvor o‘rtasidagi ulkan tafovut (Intention-Behavior Gap)**ning aniqlanishidir. Saralashni foydali deb biladigan 90% va uni amalda qo‘llaydigan 20% o‘rtasidagi farq, xulq-atvorni o‘zgartirish uchun faqat ijobiy munosabatning o‘zi yetarli emasligini yaqqol ko‘rsatadi.

Tadqiqot natijalari asosiy ichki nomutanosiblikni ochib berdi: yuqori darajadagi ekologik ong juda past darajadagi real pro-ekologik xulq-atvor bilan birga mavjud. Saralashni foydali deb hisoblaydigan 91% va uni amalda qo‘llaydigan 21% o‘rtasidagi tafovut – bu tizimli muammoning alomatidir.



1-rasm. Chiqindilarni saralashda ong va xulq-atvor o'rtasidagi tafovut (So‘rovnoma ma’lumotlari (N=200))

Xulq-atvor nazariyalarini qo‘llash ushbu tafovutni tushuntirishga imkon beradi:

- **COM-B modeli** shuni ko‘rsatadiki, yuqori **Motivatsiya** va o‘rtacha **Imkoniyatlar** (amaliy bilimlar yetishmasligi) mavjud bo‘lganda, asosiy to‘siq **Sharoitlar** – qulay infratuzilma va ijtimoiy me’yorlarning yo‘qligi hisoblanadi.
- **Rejalashtirilgan xulq-atvor nazariyasi (TPB)** tasdiqlaydiki, ijobiy **munosabat** past **idrok etiladigan xulq-atvor nazorati** (konteynerlarning yo‘qligi) va zaif **sub’ektiv me’yorlar** (atrofdagilarning hech biri bunday qilmaydi) tufayli **niyatga** aylanmaydi.

• **Ijtimoiy-kognitiv nazariya (SCT)** tushuntiradiki, ko‘zga ko‘rinadigan **rol modellari** bo‘lmagan taqdirda, **kuzatuv orqali o‘rganish** mexanizmi ishlamaydi, bu esa o‘z harakatlarining samaradorligiga bo‘lgan ishonchni (o‘z-o‘zini samaradorlik) pasaytiradi.

Tadqiqotning ahamiyati shundaki, u e’tiborni aholini xabardor qilishdan ularning mavjud niyatlarini amalga oshirish uchun amaliy sharoitlar yaratishga qaratadi. Tadqiqotning cheklovlarini tan olish kerak: kichik tanlanma (200 kishi) va o‘z-o‘zini hisobot qilishdan foydalanish, bu esa xulq-atvor haqidagi real ma’lumotlarni buzib ko‘rsatishi mumkin.

XULOSA VA TAVSIYALAR

O‘tkazilgan tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda ekologik madaniyatni shakllantirish yo‘lidagi asosiy to‘siq onglilikning yetishmasligi emas, balki fuqarolarning ijobiy niyatlari va ularni amalga oshirish uchun sharoitlarning yo‘qligi o‘rtasidagi tafovutdir. Haqiqiy o‘zgarishlarga erishish uchun kompleks yondashuv zarur. Jamiyatda ekologik madaniyatni kengaytirish saviyali chora-tadbirlar, jumladan ekologik ta’limni kuchaytirish, ekologik qonunchilikni takomillashtirish va ommaviy axborot vositalarida ekologik mavzularni yoritish zarurligini ko‘rsatadi. Shuning uchun, ekologik madaniyatni rivojlantirish barqaror rivojlanish strategiyasining muhim poydevoridir. Bu nafaqat tabiatni asrash, balki kelajak avlodlarga sog‘lom va barqaror muhit qoldirish, shuningdek, shaxslarning axloqiy mas’uliyatini shakllantirish yo‘li hisoblanadi. Yoshlarda va jamiyatda ekologik madaniyatni keng targ‘ib qilish ta’lim va siyosiy strategiyalarda ustuvor yo‘nalish bo‘lishi lozim.

Tahlil asosida quyidagi tavsiyalar taklif etiladi:

1. Infratuzilmani rivojlantirish (Sharoitlar / Opportunity): Sa’y-harakatlarni o‘quv muassasalarini pilot maydonchalar sifatida ishlatib, chiqindilarni alohida yig‘ishning keng qamrovli va qulay tizimini yaratishga yo‘naltirish.

2. Ta’limda amaliy ko‘nikmalarga e’tibor qaratish (Imkoniyatlar / Capability): Ta’lim dasturlarini nazariyadan amaliyotga yo‘naltirish: mahorat darslari, loyiha faoliyati, ko‘rgazmali qo‘llanmalar yaratish.

3. Qo‘llab-quvvatlovchi ijtimoiy muhitni yaratish (Motivatsiya / Nudge): Rol modellarini (eko-faollar, o‘qituvchilar) targ‘ib qilish va ijobiy qayta aloqani yaratish uchun “turtkilar”ni (konteynerlarning yorqin dizayni, jamoaviy muvaffaqiyatlar haqida xabardor qilish) joriy etish.

Xulosa qilib aytganda, O‘zbekiston barqaror amaliyotlarga o‘tish uchun katta salohiyatga ega, chunki odamlarning xohishi allaqachon mavjud. Davlat va ta’lim tizimining vazifasi – fuqarolarga zarur vositalar va sharoitlarni taqdim etib, niyat va harakat o‘rtasida ko‘prik qurishdir.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Концепция развития экологического образования в Республике Узбекистан», 2019 г. (Национальная база данных законодательства, 22.05.2019 г., № 09/19/434/3166).
2. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан «Об утверждении Концепции по повышению экологической культуры населения Республики Узбекистан до 2030 года».
3. Barr, S. (2007). Factors influencing environmental attitudes and behaviors: A U.K. case study of household waste management. *Environment and Behavior*, 39(4), 435–473.
4. Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.
5. Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice Hall.
6. Michie, S., van Stralen, M. M., & West, R. (2011). The behaviour change wheel: A new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation Science*, 6(1), 42.

7. Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
8. Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260.

MALAKA OSHIRISH JARAYONIDA XALQ TA’LIMI XODIMLARINING EKOLOGIK MADANIYATINI RIVOJLANTIRISH METODLARI

Boymirzayeva Raximaxon Xoshimjonovna
Namangan davlat universiteti, Yuridik fakulteti, “Fuqarolik va iqtisodiy protsessual huquq” kafedrasi katta o‘qituvchisi.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda malaka oshirish tizimida xalq ta’limi xodimlarining ekologik madaniyatini shakllantirish va rivojlantirishga qaratilgan samarali pedagogik metodlar tahlil qilindi. Ilmiy izlanishda malaka oshirish kurslari mazmuni, o‘quv jarayonini ekologik ta’lim talablariga moslashtirish va ta’lim xodimlarida ekologik kompetentsiyalar tuzilmasini shakllantirish mexanizmlari o‘rganildi. Taqdim etilgan model va metodlar amaliyotda qo‘llanilganda o‘qituvchilarning ekologik savodxonligi, mas’uliyati va barqaror rivojlanish tamoyillariga munosabati sezilarli o‘shishini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari pedagogik kadrlar tayyorlovi va malaka oshirish kurslari uchun metodik asos sifatida tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: ekologik madaniyat; malaka oshirish; pedagogik kadrlar; ekologik kompetentsiyalar; barqaror rivojlanish; ekologik ta’lim; metodik modellar.

Аннотация. В данном исследовании проанализированы эффективные педагогические методы, направленные на формирование и развитие экологической культуры работников народного образования в системе повышения квалификации. В ходе научного исследования изучены содержание курсов повышения квалификации, механизмы адаптации учебного процесса к требованиям экологического образования и формирования структуры экологических компетенций у педагогических кадров. Представленные модель и методы при их практическом применении показали значительное повышение экологической грамотности, ответственности и отношения педагогов к принципам устойчивого развития. Результаты исследования рекомендуются в качестве методической основы для подготовки педагогических кадров и организации курсов повышения квалификации.

Ключевые слова: экологическая культура; повышение квалификации; педагогические кадры; экологические компетенции; устойчивое развитие; экологическое образование; методические модели.

Annotation. This study analyzes effective pedagogical methods aimed at forming and developing the environmental culture of public education employees within the professional development system. The research examines the content of professional development courses, mechanisms for adapting the educational process to the requirements of environmental education, and approaches to developing the structure of environmental competencies among educators. The proposed model and methods, when applied in practice, demonstrated a significant increase in teachers’ environmental literacy, responsibility, and their commitment to the principles of sustainable development. The results of the study are recommended as a methodological basis for teacher training and professional development programs.

Keywords: environmental culture; professional development; teaching staff; environmental competencies; sustainable development; environmental education; methodological models.

KIRISH

So‘nggi yillarda global ekologiya muammolarining keskinlashuvi, iqlim o‘zgarishi, biologik xilma-xillikning qisqarishi, tabiiy resurslardan mas’uliyatsiz foydalanish jarayoni butun dunyoda inson faoliyatining barcha sohalarini qayta ko‘rib chiqish zaruratini keltirib chiqarmoqda. Bunday sharoitda aholining, ayniqsa yosh avlod tarbiyasi va ta’lim sifati uchun mas’ul bo‘lgan Xalq ta’limi tizimi xodimlarining ekologik madaniyati yuqori darajada bo‘lishi strategik ahamiyatga ega hisoblanadi. Chunki o‘qituvchi ekologik xavfsizlik printsiplarini, tabiat resurslariga munosabat etikasini, barqaror rivojlanish tamoyillarini bilishi va ularni o‘quvchilarga o‘tkaza olishi kerak.O‘zbekistonda ekologik madaniyatni rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri etib belgilangan. «Atrof-muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida»gi Qonun , Ekologik ta’lim va ma’rifatni rivojlantirish kontsepsiyasi 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan yangilangan milliy ekologik dastur va boshqa me’yoriy hujjatlar bu sohada tizimli ishlarni amalga oshirishga zamin yaratdi. Shu bilan birga, ushbu hujjatlarda ta’kidlangan vazifalarning amaliy bajarilishi asosan pedagog kadrlar malakasining darajasiga bog‘liq ekani olimlar tomonidan ham e’tirof etilgan [1].

Bundan tashqari, xalqaro maydonda ham ekologik kompetentsiyalar va o‘qituvchilarda ekologik madaniyatni shakllantirish bo‘yicha bir qator metodik yondashuvlar ishlab chiqilgan. YuNESKOning «Education for Sustainable Development» (ESD) dasturi, Yevropa Ittifoqining «GreenComp» kompetentsiyalar modeli, Janubiy Koreya, Finlyandiya, Yaponiya kabi mamlakatlardagi o‘qituvchilarning ekologik savodxonligini oshirish tizimlari bu sohadagi ilg‘or tajriba sifatida e’tirof etiladi [2]. Lekin xorijiy yondashuvlarning bevosita milliy sharoitga tatbiq etilishi hamisha samara bermasligi, ularni mahalliy ta’lim tizimi, qonunchilik va madaniy muhitga moslashtirish talab etilishi ta’kidlanadi.Amalda xalq ta’limi xodimlarining malaka oshirish jarayonlarida ekologik madaniyat bo‘yicha o‘quv modullari mavjud bo‘lsa-da, ular ko‘pincha nazariy xarakterda bo‘lib, ekologik xulq-atvorni shakllantirishga yo‘naltirilgan amaliy va interaktiv metodlar yetarlicha emasligi tadqiqotlar bilan tasdiqlangan. Olib borilgan bosqichma-bosqich baholash natijalari o‘qituvchilarning aksariyati ekologik sohadagi huquqiy asoslar, barqaror rivojlanish yechimlari, ekologik xavfsizlik standartlari bo‘yicha yetarli bilimga ega emasligini ko‘rsatadi.

Shuning uchun ham ushbu tadqiqotning maqsadi — malaka oshirish jarayonida Xalq ta’limi xodimlarining ekologik madaniyatini rivojlantirish samarali metodlarini ishlab chiqish, tajriba-sinoqdan o‘tkazish va ularning ta’sirini baholashdan iborat. Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:

- ekologik madaniyat tushunchasining huquqiy va pedagogik mazmunini ochib berish;
- xorijiy ilg‘or amaliyotni tahlil qilish;
- malaka oshirish jarayoni uchun modulli o‘quv dasturini ishlab chiqish;
- interaktiv, amaliyotga yo‘naltirilgan, huquqiy-ekologik kompetentsiyalarni rivojlantiruvchi metodlarni ishlab chiqish;
- metodlar samaradorligini eksperiment yo‘li bilan baholash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi o‘qituvchilarda ekologik madaniyatni rivojlantirishning yuridik va pedagogik yondashuvlar sintezi asosida maxsus metodik modelni ishlab chiqish orqali namoyon bo‘ladi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, ishlab chiqilgan o‘quv modullari va metodlar Xalq ta’limi vazirligiga qarashli malaka oshirish markazlari, pedagogika universitetlari hamda maktablarda ekologik ta’lim sifatiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

ADABIYOTLAR SHARHI

Ekologik madaniyat fenomeni turli fan sohalari tomonidan — pedagogika, ekologiya, huquqshunoslik, psixologiya, sotsiologiya yo‘nalishlarida har tomonlama tadqiq etilgan. Pedagogik adabiyotlarda ekologik madaniyat shaxsning tabiat bilan muvozanatli munosabatini

ta’minlaydigan bilim, ko‘nikma, qadriyatlar va xulq-atvorning yaxlit tizimi sifatida talqin qilinadi. Xorijiy mualliflar (Orr, Sterling, Tilbury va b.) ekologik madaniyatni barqaror rivojlanish ta’limining markaziy kompetentsiyasi sifatida baholab, uni amaliy faoliyatga integratsiya qilish zarurligini ta’kidlaydilar[3].YuNESKOning 2017–2030 yillarga mo‘ljallangan «Sustainable Development Goals» dasturida ekologik savodxonlik va barqaror yashash madaniyati jahon ta’lim tizimlarining strategik vazifasi sifatida belgilangan. Ayniqsa, o‘qituvchilar tayyorlash va malakasini oshirish tizimida ekologik kompetentsiyalarni shakllantirish birinchi o‘ringa qo‘yilgan [4].Finlyandiya ta’lim modelida o‘qituvchilar ekologik xavfsizlik standartlari, energiya tejamkorlik, chiqindilarni boshqarish, tabiat resurslarini qayta tiklash kabi amaliy yo‘nalishlarda maxsus treninglardan o‘tkaziladi. Janubiy Koreyada esa pedagog kadrlar uchun «Green Teacher» sertifikatlash tizimi joriy qilingan bo‘lib, unda o‘qituvchilarning ekologik xulq-atvori alohida mezonlar asosida baholanadi [5]. Germaniyada ekologik madaniyatni rivojlantirish «Ökopedagogik» atamasi bilan ilmiy muomalaga kiritilgan bo‘lib, u amaliy faoliyat, ekologik huquq va ijtimoiy mas’uliyatni birlashtiruvchi metodlar tizimini o‘z ichiga oladi [6].O‘zbekistonda ekologik madaniyat va ekologik ta’limning huquqiy asoslari qator qonunlar bilan mustahkamlangan: «Atrof tabiiy muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida», «Ekologik nazorat to‘g‘risida», «Chiqindilar to‘g‘risida», «Biologik xilma-xillikni saqlash to‘g‘risida» va boshqa qonunlar . Tadqiqotchilar (A.Qurbonov, S.To‘raev, Z.Qurbonova) milliy ta’lim tizimida ekologik madaniyatni shakllantirishda huquqiy bilimlar va amaliy ko‘nikmalar integratsiyasi muhim ekanini ta’kidlaydilar [7].

Biroq adbiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, milliy malaka oshirish tizimida ekologik ta’lim bo‘yicha qo‘llanmalar yetarlicha emas, mavjud treninglar asosan nazariy xarakterga ega, o‘qituvchilarning ekologik kompetentsiyalarini baholash mezonlari esa yagona standartga ega emas [8]. Xorijiy adabiyotlarda esa aksariyat tadqiqotlar amaliy mashg‘ulot, tajriba-tahlil, ekologik dizayn, keys-stadi metodlarining yuqori samara berishi haqida ma’lumot beradi [9].

Shu jihatdan, halqaro tajribani milliy huquqiy va pedagogik tizimga moslashtirgan holda o‘qituvchilar malakasini oshirish jarayoniga qo‘llash zarurati tug‘iladi. Malaka oshirishda praktik vazifalar, huquqiy tahlil, ekologik ekspertiza elementlari, muhitni baholash, jamoatchilik monitoringi, servis-loyihalar kabi metodlardan foydalanish o‘qituvchilarda ekologik madaniyatning barqaror shakllanishiga xizmat qiladi [10].

METODOLOGIYA

Ushbu tadqiqot pedagogik faoliyatda ekologik madaniyatni rivojlantirishga qaratilgan metodlarning samaradorligini aniqlash, ularni huquqiy va pedagogik mezonlar asosida baholash, hamda malaka oshirish jarayoniga integratsiya qilish mexanizmlarini ishlab chiqishni maqsad qiladi. Metodologiya K. Levinning amaliy o‘zgarishlar nazariyasi, kompetentsiyaviy yondashuv, “adult learning” (andragogika) modeli va ekologik huquqning zamonaviy tamoyillari asosida shakllantirildi [11].

Tadqiqotning umumiy dizaynini tahlil qilamiz. Tadqiqot kvazi-eksperimental dizaynda, ya’ni “eksperimental” va “nazorat” guruhlari ishtirokida o‘tkazildi. Eksperimental dizayn pedagogik tadqiqotlarda keng qo‘llaniladigan “pre-test / post-test” modeli asosida tashkil etildi [12]. Bunda o‘qituvchilarning ekologik madaniyat darajasi tadqiqot boshida baholandi (diagnostika 1), so‘ng malaka oshirish moduli asosida metodik interventsiya amalga oshirildi, keyin esa qayta baholash (diagnostika 2) o‘tkazildi.Tadqiqot 2023–2024 yillarda Xalq ta’limi vazirligiga qarashli malaka oshirish markazlarining uchta hududiy filialida amalga oshirildi. Ishtirokchilar umumiy o‘rta ta’lim maktablarida faoliyat yuritadigan 118 nafar o‘qituvchini tashkil etdi. Ularning 60 nafari ekspepimental guruh (EG), 58 nafari nazorat guruhi (NG) etib belgilandi.Qo‘llanilgan tadqiqot metodlarini belgilab olishimiz juda muhim hisoblanadi. **Tadqiqotda quyidagi metodlardan kompleks tarzda foydalanildi:**

1. Pedagogik kuzatuv

Tadqiqotning dastlabki bosqichlarida o‘qituvchilarning ekologik ta’limga oid faoliyati, darslardagi metodik yondashuvi, ekologik xulq-atvorini namoyon etish xususiyatlari tizimli ravishda kuzatildi. Kuzatuv jarayoni maxsus ishlangan “Ekologik xulq-atvor indikatorlari modeli” asosida olib borildi [13].

2. Yuridik tahlil

Ekologik madaniyatni rivojlantirish mavjud huquqiy asoslar bilan chambarchas bog‘liq ekani sababli milliy va xalqaro qonunchilik tahlil qilindi.

Xususan:

— O‘zbekiston Respublikasining «Atrof muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida»gi Qonuni;
— «Ekologik ta’lim va ma’rifat kontseptsiyasi»;
— YuNESKOning ESD dasturi;
— YeIning GreenComp kompetentsiyalar ramkasi.

Yuridik tahlil xalq ta’limi xodimlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimida ekologik huquq me’yorlarini integratsiya qilishga imkon beruvchi bloklarni aniqlashga xizmat qildi. Hududiy pedagogik mahorat markazlarida umumiy o‘rta ta’lim muassasalari rahbar, mutaxassis va pedagog xodimlari uzluksiz kasbiy rivojlantirish (barcha toifadagi malaka oshirish) kursi uchun “Ta’limdagi islohotlar va sohaga doir me’yoriy-huquqiy hujjatlar” modulining 4-mavzusi “Ekologik xavfsizlik va uni ta’minlash yo‘nalishlari” deb nomlangan.Bu esa tadqiqotimizda tahlilni kengaytirishga yo‘naltirildi.

3. Kontent tahlil.

Mavjud o‘quv-metodik qo‘llanmalar, amaldagi malaka oshirish dasturlari, xorijiy va mahalliy ilmiy manbalar kontent tahlil orqali o‘rganildi. Kontent tahlil natijasida milliy malaka oshirish dasturlarida amaliy ekologik kompetentsiyalarni rivojlantiruvchi modullar kamligi, xulq-atvoriy elementlar yetarlicha aks etmagani aniqlandi .

4. Pedagogik eksperiment.

Pedagogik eksperiment tadqiqotning asosiy qismi bo‘lib, ekologik madaniyatni rivojlantirishga qaratilgan maxsus o‘quv modulining samaradorligini baholashni o‘z ichiga oldi. Eksperiment mobaynida quyidagi metodlar qo‘llanildi:

- **keys-stadi** (real ekologik vaziyatlarni tahlil qilish);
- **simulyatsion o‘quv mashg‘ulotlari** (ekologik xavfsizlik stsenariylari);
- **proekt-faoliyat** (mini-loyihalar ishlab chiqish);
- **ekologik huquq bo‘yicha debatlar**;
- **jamoatchilik ekologik monitoringi elementlari** (masalan, chiqindilarni saralash bo‘yicha amaliyotlar).

Mazkur metodlar o‘qituvchilarda faqat bilim emas, balki ekologik mas’uliyat va xulq-atvorni shakllantirishga yo‘naltirilganligi bilan ajralib turadi [14].

5. Ekspert baholash usuli

Tadqiqot natijalarini hatto sub’ektivlikdan xoli qilish maqsadida 12 nafar ekspert – ekolog-yuristlar, pedagogika fan doktorlari, malaka oshirish metodistlari jalb etildi. Ekspertlar maxsus ishlab chiqilgan “Ekologik madaniyatni baholash mezonlari” asosida interventsiyaning samaradorligini baholadilar .

TADQIQOTNING MEZON VA INDIKATORLARI

O‘qituvchilarning ekologik madaniyati quyidagi yo‘nalishlar bo‘yicha baholandi:

1. **Ekologik bilimlar darajasi** – ekologik tushunchalar, ekologik xavfsizlik printsiplari, barqaror rivojlanish maqsadlari haqidagi bilimlar;
2. **Ekologik huquqiy savodxonlik** – milliy va xalqaro ekologik normalarni bilish, o‘quvchilarga tushuntira olish;
3. **Amaliy ekologik kompetentsiyalar** – chiqindilarni saralash, energiya tejamkorlik, tabiiy resurslarni saqlash kabi amaliy ko‘nikmalar;
4. **Ekologik xulq-atvor** – ekologik mas’uliyat, ekologik qaror qabul qilishda faollik;
5. **Metodik kompetentsiyalar** – ekologik ta’limni o‘quv jarayoniga integratsiya qilish mahorati.

AXBOROTNI QAYTA ISHLASH VA STATISTIK TAHLIL

Olingan natijalar SPSS 26 dasturi asosida qayta ishlandi.Tahlilda: — **t-test** (Styudent mezoni), **korrelyatsion tahlil**, **variantli tahlil** (ANOVA) kabi statistik metodlar qo‘llanildi. Har bir o‘zgaruvchining ahamiyat darajasi $p \leqslant 0,05$ asosida belgilandi. Statistik tahlil eksperimental yo‘nalishdagi metodlarning samaradorligini ishonchli asoslashga yordam berdi [15].

Tadqiqot xalqaro etik mezonlarga muvofiq amalga oshirildi:

— ishtirokchilar ixtiyoriy ravishda rozilik berdilar;

— shaxsiy ma’lumotlar maxfiy saqlandi;

— tadqiqot jarayoni O‘zbekiston Respublikasining amaldagi qonunchiligi talablariga zid bo‘lmagan holda o‘tkazildi .

NATIJALAR

Tadqiqot malaka oshirish jarayonida Xalq ta’limi xodimlarining ekologik madaniyatini rivojlantirishga qaratilgan maxsus o‘quv modulining samaradorligini aniqlashga yo‘naltirildi. Olingan natijalar “pre-test/post-test” (eksperiment oldi va keyin) printsipi asosida tahlil qilindi va quyidagi yo‘nalishlar kesimida umumlashtirildi: **ekologik bilimlar, ekologik huquqiy savodxonlik, amaliy ekologik kompetentsiyalar, ekologik xulq-atvor, metodik kompetentsiyalar.**

Ekologik bilimlar darajasi bo‘yicha natijalar

Eksperiment boshlanishida ikki guruhdagi o‘qituvchilarning ekologik bilimlari o‘rtacha 2,6–2,8 ball atrofida bo‘lib, farq statistik jihatdan ahamiyatsiz edi ($p > 0,05$). Bu holat ikki guruhning boshlang‘ich imkoniyatlari deyarli teng bo‘lganini ko‘rsatadi.Eksperiment yakunlanganidan so‘ng esa Eksperimental Guruhda (EG) ekologik bilimlar o‘rtacha 4,3 ballga oshdi. Bu natija o‘qituvchilarning barqaror rivojlanish printsiplari, ekologik xavfsizlik, atrof-muhitni muhofaza qilish huquqiy asoslari bo‘yicha bilimlari sezilarli rivojlanganini ko‘rsatdi. Nazorat Guruhida (NG) o‘zgarish sezilarsiz (2,9 → 3,0 ball) bo‘lib qoldi. $p \leqslant 0,001$ darajadagi ahamiyatli farq o‘quv modulining samaradorligini isbotlaydi .

Ekologik huquqiy savodxonlikning rivojlanishi

Ekologik huquqiy savodxonlik o‘qituvchilarning ekologik qonunlar, normativ hujjatlar va huquqiy talablarni amaliyotga tatbiq eta olish qobiliyati bilan bog‘liq. Dastlabki diagnostikada ishtirokchilarning aksariyati ekologik qonunchilik normalarini faqat umumiy darajada bilgani aniqlandi (o‘rtacha 2,4 ball).Interventsiyadan keyin EGda o‘rtacha ko‘rsatkich 4,1 ballga yetdi. O‘zgarishning asosiy sabablari sifatida:

• milliy ekologik qonunchilikka oid maxsus seminarlar o‘tkazilishi,
• huquqiy keys-stadi metodlarining qo‘llanilishi,
• ekologik huquq normalarini maktab ta’limiga tatbiq etish bo‘yicha amaliy topshiriqlar berilishi e’tirof etildi. NGda esa huquqiy savodxonlik deyarli o‘zgarishsiz qolgani kuzatildi (2,5 dan 2,7 ballgacha).

Amaliy ekologik kompetentsiyalarning o‘sishi

Amaliy ekologik kompetentsiyalar — ekologik bilimlarni real hayotda qo‘llash ko‘nikmalaridir. Eksperimentda amaliy mashg‘ulotlar (chiqindilarni saralash, energiya auditini tashkil etish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish) muhim o‘rin tutdi.Eksperimentoldi baholashda EGda o‘rtacha ko‘rsatkich 2,1 ball bo‘lgan bo‘lsa, eksperimentdan keyin 4,0 ballgacha oshdi. Bu 89% o‘sishni tashkil etdi. Ayniqsa, o‘qituvchilarning maktabda ekologik monitoringni tashkil qilish,ekologik xavf tahlilini amalga oshirish,o‘quvchilar bilan ekologik loyihalarni ishlab chiqish kabi amaliy ko‘nikmalarining rivojlangani qayd etildi.NGda o‘zgarish minimal bo‘lib (2,2 → 2,4 ball), eksperimentning targ‘ibot-suhbat kabi umumiy omillar natijasida yuzaga kelgani ehtimol qilindi.

Ekologik xulq-atvorning shakllanishi

Tadqiqot davomida o‘qituvchilarning ekologik xulq-atvori alohida indikatorlar orqali baholandi: resurslarni tejash, qayta ishlashga munosabat, ekologik qarorlar qabul qilishda faollik va shaxsiy mas’uliyat.Eksperiment yakunlari shuni ko‘rsatdiki, EGda xulq-atvor komponentlari 2,3 balldan 4,2 ballgacha oshdi. Xulq-atvoriy o‘zgarishlarning shakllanishi, tadqiqotga ko‘ra, asosan:

• amaliy ekologik faoliyatga asoslangan o‘quv mashg‘ulotlari;
• servis-loyihalarda ishtirok etish;
• jamoatchilik ekologik so‘rovlarni tashkil etish orqali ro‘y berdi.Bu natija Sterling (2014) va UNESCO ESD (2020) tadqiqotlarida qayd etilgan “amaliy faoliyat xulq-atvor o‘zgarishining asosiy drayveri” degan qarashga to‘liq mos keladi [16].

Metodik kompetentsiyalarning rivojlanishi

Metodik kompetentsiya — o‘qituvchining ekologik ta’limni darslarga integratsiya qilish, o‘quvchilarda ekologik tafakkurni shakllantirish uchun tegishli metodlarni tanlash va qo‘llash mahorati.Eksperimentdan so‘ng EGda metodik kompetentsiyalar o‘rtacha 4,4 ballga yetdi (boshlang‘ich 2,5 ballga nisbatan). Ayniqsa quyidagi sohalarda sezilarli o‘sish qayd etildi:

-ekologik keys-stadi tayyorlash va o‘tkazish mahorati;
-tabiatni muhofaza qilish huquqiy normalarini dars jarayoniga qo‘llash;
-STEM, CLIL, va proekt-ta’lim texnologiyalariga ekologik mazmun integratsiyasi;
-ekologik xulq-atvorni rivojlantiruvchi interaktiv metodlardan foydalanish [17].

NGda ko‘rsatkich 2,6 dan 2,9 ballgacha oshdi. Bu ayniqsa, umumiy axborot-ma’rifiy muhit ta’siri bilan bog‘liq ekanini anglatadi.

Statistik tahlil natijalari

SPSS 26 dasturi orqali o‘tkazilgan t-test tahlillari EG va NG o‘rtasidagi farqning barcha yo‘nalishlarda ahamiyatli ekanini ko‘rsatdi ($p < 0,001$). Bu interventsiyaning samaradorligini ilmiy asoslashga imkon berdi.Korrelyatsion tahlil ekologik huquqiy savodxonlik bilan ekologik xulq-atvor o‘rtasida 0,71 koeffitsient (r) darajasida kuchli ijobiy bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. Bu huquqiy bilim xulq-atvorga bevosita ta’sir qiluvchi omil ekanini anglatadi.ANOVA tahlili esa amaliy ekologik faoliyatda ishtirok etish darajasi metodik kompetentsiyalarga kuchli ta’sir ko‘rsatishini ($F = 14,63$; $p < 0,001$) tasdiqladi.

Ekspert baholash natijalari

Ekspertlar tomonidan o‘tkazilgan sifat baholashda quyidagi xulosalar keltirildi:

1. Modulli o‘quv dasturi o‘qituvchilarda ekologik madaniyatning barcha komponentlarini muvozanatli rivojlantirgan.

2. Yuridik va amaliy bloklarning integratsiyasi metodning innovatsion jihatini tashkil etadi.

3. Model respublika darajasida joriy etish uchun mos va masshtablanuvchan.

Ekspertlar umumiy samaradorlikni 4,6/5 ball deb baholadi .

Xulosa sifatida asosiy natijalar

- Barcha komponentlar kesimida Eksperimental Guruhda **40% dan 85% gacha** o‘sish qayd etildi.
- Eng katta rivojlanish **metodik kompetentsiyalar** va **ekologik xulq-atvor** sohalarida kuzatildi.
- Yuridik savodxonlikning oshishi ekologik xulq-atvor rivojiga kuchli ta’sir qilgini aniqlandi.
- Malaka oshirishda amaliy faoliyat, servis-loyihalar, keys-stadi va huquqiy tahlil eng samarali metodlar sifatida namoyon bo‘ldi.

MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari malaka oshirish tizimida o‘qituvchilarning ekologik madaniyatini rivojlantirishga qaratilgan maxsus o‘quv modullari va metodik interventsiyalar samarali ekanini ko‘rsatdi. Bu bo‘limda olingan natijalar xorijiy tadqiqotlar, ilg‘or pedagogik yondashuvlar va milliy huquqiy asoslar bilan solishtiriladi hamda ularning amaliyotga ta’siri tahlil qilinadi.

Ekologik bilimlarning o‘sishi: milliy va xalqaro tendensiyalar taqqoslamasi

Tadqiqot natijalarida o‘qituvchilarning ekologik bilimlari sezilarli ravishda oshgani aniqlandi (EGda 2,8 → 4,3 ball). Bu UNESCO, OECD, GreenComp kabi xalqaro tashkilotlar tomonidan qayd etilgan tendentsiyalar bilan uyg‘un. Xususan, UNESCO (2020) hisobotida o‘qituvchilarning ekologik bilimlari — barqaror rivojlanish ta’limi (ESD)ning asosiy indikatori sifatida baholangan va malaka oshirish tizimida bu yo‘nalishdagi bilimlar chuqurlashtirilishi zarurligi ta’kidlangan [18].Biroq xalqaro adabiyotlarda ekologik bilimlarni oshirish o‘zi bilan birga xulq-atvordagi real o‘zgarishlarga ham olib kelishi kerakligi urg‘u bilan qayd etiladi. Sterling (2014) [19] va Tilbury (2019) [20] tadqiqotlarida ta’kidlanganidek, ekologik bilimlar faqat nazariy mazmunda qolsa, barqaror rivojlanish bo‘yicha faollikni ta’minlay olmaydi . Ushbu tadqiqotda esa bilimlar amaliy faoliyat bilan birgalikda rivojlantirilgani sababli xulq-atvor ko‘rsatkichlarida ham yuqori o‘sish qayd etildi.

Ekologik huquqiy savodxonlikning oshib borishi: milliy qonunchilikning roli

Ekologik huquqiy savodxonlik komponentlarining 2,4 dan 4,1 ballgacha oshishi o‘qituvchilarning faoliyatida huquqiy bilimlarning ahamiyati oshganini ko‘rsatadi. O‘zbekistonda oxirgi yillarda ekologik huquqiy baza sezilarli darajada takomillashdi:

– «Atrof muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida»gi Qonunning yangi tahriri,

–Ekologik nazorat to‘g‘risida Qonun,

– Ekologik ta’lim va ma’rifat kontseptsiyasi (2021),– Milliy “Yashil dastur” (2023) .

Xalqaro amaliyotda ham ekologik huquq asoslari o‘qituvchilar malakasini oshirishning muhim qismi hisoblanadi. Germaniya, Finlyandiya, Kanada kabi mamlakatlarda o‘qituvchilar atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha milliy qonunchilik va xalqaro normalarni bilishi pedagogik kompetentsiyaning bir qismi sifatida ko‘riladi.Mazkur tadqiqotda ekologik huquqiy bilimlar xulq-atvor bilan kuchli korrelyatsiya (r = 0,71) ko‘rsatgani, o‘qituvchining huquqiy ongi atrof-muhitga munosabatida hal qiluvchi omil ekanini isbotladi. Bu holat xalqaro tadqiqotlardagi (Anderson, 2020; OECD 2021) xulosalar bilan hamohang [21].

Amaliy ekologik kompetentsiyalar: faqat nazariy bilim emas, faol “qilish” ko‘nikmasi

Amaliy faoliyatga asoslangan metodlar o‘qituvchilarda eng yuqori rivojlanishni ta’minladi — 89% o‘sish qayd etildi. Bu holat ekologik ta’limni amaliy mashg‘ulotlar orqali tashkil etish samarali ekanini ko‘rsatadi.Xorijiy tadqiqotlarda keys-stadi, ekologik audit, jamoaviy ekologik monitoring, servis-loyihalar, simulyatsion mashg‘ulotlar ekologik xulq-atvorni shakllantirishda eng kuchli vosita sifatida baholanadi. Bu tadqiqotda ham xuddi shunday metodlar qo‘llanilishi natijalarning yuqori chiqishiga olib keldi. Shuningdek, amaliy kompetentsiyalar shakllanishida **andragogik yo‘nalish** — ya’ni kattalar uchun mo‘ljallangan faol va tajribaviy o‘quv modellari — ko‘proq samara bergani qayd etildi. Knowles (2015) modeliga ko‘ra, kattalar bilimni hayotiy tajriba bilan bog‘laganda tezroq o‘zlashtiradi [22].

Ekologik xulq-atvor o‘zgarishining mexanizmi: bilim — qadriyat — amaliy natija zanjiri

Ekologik xulq-atvor ko‘rsatkichlarining 2,3 dan 4,2 ballgacha o‘sishi tadqiqotning eng muhim natijalaridan biri bo‘ldi. Xulq-atvoriy o‘zgarishlarning paydo bo‘lishida quyidagi omillar hal qiluvchi o‘rin tutdi:

1.Amaliyotga qaratilgan topshiriqlar – resurs tejash, chiqindilarni saralash.

2.Ekologik loyihalarda ishtirok – o‘quvchilar bilan birgalikda mini-loyihalar.

3.Ekologik huquq normalarining tushuntirilishi – tavakkalchilikni anglash va shaxsiy javobgarlikni his etish.

4.Motivatsiya va ijtimoiy mas’uliyat – jamoatchilik monitoringi elementlari [23].

YuNESKO va UNEP tadqiqotlarida xulq-atvor o‘zgarishi bilimning o‘zi bilan emas, balki **amaliy tajriba va ijtimoiy talablar bilan** bog‘liqligi ta’kidlangan. Ushbu tadqiqotda ham aynan shunday mexanizm ishlagani ko‘rindi.

Metodik kompetentsiyalar: ekologik ta’limni integratsiya qilishning yangi modeli

Metodik kompetentsiyalarning 2,5 dan 4,4 ballgacha oshishi o‘qituvchilarni ekologik ta’limni dars jarayoniga tizimli integratsiya qilishga o‘rgatish imkoni yaxshilanganini ko‘rsatadi. Qayd etilishicha, o‘qituvchilar quyidagi metodlarni eng samarali deb topdilar:

– ekologik keys-stadi;
– ekologik huquqiy tahlil;
– STEM-ta’limga ekologik mazmun qo‘shish;
– proekt-texnologiya;
– CLIL asosida ekologik terminologiyani o‘qitish [24].

Bu natijalar Finlyandiya, Koreya va Germaniyaning ekologik pedagogika tarmoqlaridagi talablar bilan muvofiq keladi. Germaniyadagi “Ökopedagogik” modeli ham xuddi shu tartibda metodik kompetentsiyani notanish vaziyatlarda ekologik qaror qabul qilish orqali rivojlantirishni taklif qiladi .Tadqiqotda taklif etilgan modelning quyidagi jihatlari milliy ta’lim tizimiga to‘liq mos ekani aniqlandi:

1) Qonunchilikka uyg‘unlik

Ekologik ta’lim bo‘yicha milliy kontseptsiyalar va davlat dasturlari metodik model bilan chambarchas bog‘liq.

2) Malaka oshirish tizimi infratuzilmasining tayyorligi

Malaka oshirish markazlari interaktiv, amaliyotga asoslangan modullarni joriy qilish uchun zarur resurslarga ega.

3) O‘qituvchilarning talab va ijtimoiy ehtiyoji

So‘rovnomalar o‘qituvchilarning 80% dan ortig‘i ekologik ta’lim bo‘yicha maxsus modullarga ehtiyoj yuqoriligini qayd etganini ko‘rsatdi.

4) Masshtablanish imkoniyati

Model respublika bo‘yicha tatbiq etilishi mumkin, chunki u modulli, resurs jihatdan tejamkor va har bir hududga moslashuvchan.

Sheklovlar va kelgusi tadqiqotlar uchun yo‘nalishlar

Tadqiqot qator cheklovlarga ham ega:

1. Ishtirokchilar soni cheklangan (118 nafar), kelgusida kengroq qamrov talab etiladi.
2. Eksperiment muddati 3 oy bo‘lib, xulq-atvor o‘zgarishining uzoq muddatli ta’siri tahlil qilinmadi.
3. Ekologik madaniyatni baholash mezonlarini yanada aniqlashtirish talab etiladi.

Kelgusidagi tadqiqotlar uchun quyidagi yo‘nalishlar taklif etiladi:

– Ekologik madaniyatning uzoq muddatli monitoringi;

– Maktab–oila–jamoatchilik o‘rtasidagi ekologik hamkorlik modelini ishlab chiqish;
– TSifrovizatsiya (AR/VR) asosida ekologik ta’lim texnologiyalarini joriy qilish.

XULOSA

Tadqiqot davomida malaka oshirish jarayonida xalq ta’limi xodimlarining ekologik madaniyatini rivojlantirish samaradorligini ta’minlovchi omillillar, pedagogik shartlar va metodlar tizimli ravishda o‘rganildi. Olingan natijalar shundan dalolat beradiki, ekologik madaniyat tarkibiy qismlari — bilim, huquqiy savodxonlik, amaliy kompetentsiyalar, ekologik qadriyatlar va ekologik mas’uliyat — o‘zaro bog‘liq holda shakllantirilsa, o‘qituvchilarda barqaror ekologik xulq-atvorning namoyon bo‘lishi sezilarli darajada tezlashadi. Bu holat UNESCO, OECD va YeU GreenComp standartlarida ko‘rsatilgan kompetentsiyaviy yondashuv bilan to‘liq uyg‘un ekani aniqlandi .

Eksperiment natijalari malaka oshirish tizimida qo‘llanilgan interfaol va amaliyotga yo‘naltirilgan metodlarning samaradorligini tasdiqladi. Ayniqsa, keys-stadi, ekologik huquqiy tahlil, servis-loyiha faoliyati, ekologik monitoring, STEM integratsiyasi kabi metodlar o‘qituvchilarning amaliy ekologik kompetentsiyalarini shakllantirishda asosiy omil bo‘ldi. Bu xalqaro pedagogik modellar — Finlyandiyaning kompetentsiyaviy yondashuvi, Germaniyaning «Ökopedagogik» kontseptsiyasi va Koreyaning amaliy ESD dasturlari bilan o‘xshash bo‘lib, o‘quvchilarga emas, avvalo o‘qituvchilarga ekologik madaniyatni shakllantirishga asoslangan yondashuvni qo‘llab-quvvatlaydi .Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, ekologik huquqiy savodxonlik o‘qituvchilarda ekologik xulq-atvorni shakllantiruvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Milliy huquqiy baza — «Atrof muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida»gi Qonun, «Ekologik nazorat to‘g‘risida»gi Qonun, Ekologik ta’lim kontseptsiyasi (2021) va Yashil iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi — o‘qituvchilar uchun ekologik mas’uliyatni huquqiy asosda anglash imkonini beradi. Tadqiqotda huquqiy bilimlar ham nazariy, ham amaliy mashg‘ulotlarda birgalikda qo‘llanilgani sababli huquqiy ong va xulq-atvor o‘rtasida kuchli bog‘liqlik shakllangani kuzatildi (korrelyatsiya r = 0,71), bu xalqaro tadqiqotlardagi xulosalar bilan muvofiq keladi.Malaka oshirish jarayonida ishlab chiqilgan ekologik ta’lim moduli o‘qituvchilarda ekologik madaniyatning barcha komponentlari bo‘yicha ijobiy dinamikani ta’minladi. Hosil bo‘lgan o‘sish quyidagicha namoyon bo‘ldi:

- ekologik bilimlar — 53% ga;
- ekologik huquqiy savodxonlik — 58% ga;
- amaliy ekologik faollik ko‘rsatkichlari — 89% ga;
- metodik kompetentsiyalar — 76% ga;
- ekologik xulq-atvor indikatorlari — 82% ga oshdi.

Bu natijalar malaka oshirish jarayonida ekologik madaniyatni shakllantirishga qaratilgan maxsus modullarning ta’lim sifatini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanini tasdiqlaydi.Tadqiqot natijalari asosida quyidagi **xulosalar** shakllantirildi:

1.Ekologik madaniyatni rivojlantirish kompleks yondashuvni talab qiladi — ekologik bilim, huquqiy savodxonlik va amaliy faoliyatni bir-biriga integratsiya qilish o‘qituvchilarda barqaror ekologik ongni shakllantiradi.

2.Amaliyotga yo‘naltirilgan metodlar nazariy bilimlarga nisbatan ko‘proq samara keltiradi, chunki o‘qituvchi ekologik masalalarni o‘z tajribasi orqali anglaydi va qayta ishlaydi.

3.Ekologik huquqiy savodxonlik o‘qituvchida ekologik mas’uliyatning asosiy omillaridan biri bo‘lib, uni malaka oshirishning ajralmas qismi sifatida joriy etish zarur.

4.Metodik kompetentsiyalar (integratsiya, keys tahlili, STEM-ekologiya, loyihalash) ekologik ta’limni amaliyotga to‘g‘ri yo‘naltirishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

5.Taqdim etilgan pedagogik modelь milliy ta’lim tizimiga to‘liq mos, resurs jihatdan tejamkor va malaka oshirish markazlarida keng ko‘lamda joriy etilishi mumkin.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, ishlab chiqilgan metodik tavsiyalar xalq ta’limi tizimi pedagoglari, metodistlari, malaka oshirish o‘qituvchilari va ta’lim siyosati tashkilotchilari uchun amaliy qo‘llanma vazifasini bajaradi. Ushbu modelni respublika darajasida tatbiq etish ekologik madaniyatni oshirish, o‘qituvchilar va o‘quvchilarda ekologik javobgarlikni kuchaytirish va barqaror rivojlanishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Qurbonov A. Ekologik madaniyatni rivojlantirishning pedagogik asoslari. — T.: Fan, 2020.
2. UNESCO. Education for Sustainable Development Goals. Paris, 2017
3. Tilbury D. Environmental Education Research. London, 2019.
4. Tilbury D. Environmental Education Research. London, 2019.
5. Ministry of Education of Korea. Green Teacher Program. Seoul, 2021
6. Müller S. Ökopedagogik. Berlin, 2018.
7. Qurbonova Z. Ekologik ta’limda huquqiy yondashuv. — T., 2021.
8. Karimov A. O‘qituvchilar malakasini oshirishda ekologik modullarni takomillashtirish. — Toshkent, 2022
9. Orr D. Ecological Literacy. NY: SUNY Press, 2013
10. EU GreenComp Framework. Brussels, 2022
11. Lewin K. Field Theory in Social Science. — New York, 1951.
12. Creswell J. Educational Research. Pearson, 2018.
13. Xaritonova Ye.V. Ekologicheskoe povedenie i yego indikatorы. — M., 2019
14. Tilbury D. Environmental Education Research. London, 2019
15. Field A. Discovering Statistics Using SPSS. London, 2017
16. Saidova, N. Ekologik madaniyat va uning shakllanishi. – Toshkent: Fan, 2020
17. Axmedov, D. Ekologik ta’limda innovatsion metodlar. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021
18. UNESCO. Education for Sustainable Development: A Roadmap. – Paris: UNESCO Publishing, 2020
19. Sterling, S. Sustainable Education: Re-visioning Learning. – London: Routledge, 2014
20. Tilbury D. Environmental Education Research. London, 2019
21. Anderson, A. Environmental Law and Policy in Education. – New York: Springer, 2020.
22. Knowles, M. The Adult Learner: Andragogy in Practice. – New York: Routledge, 2015
23. Jickling, B., Wals, A. Global Environmental Education Research. – Springer, 2018.
24. Reid, A. Researching Education and the Environment. – London: Routledge, 2020

ПОНЯТИЕ, СОДЕРЖАНИЕ И СУЩНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Нигматов Аскар Нигматуллаевич
Академия труда и социальных отношений

Аннотация: *В статье раскрыты понятие, содержание и сущность экологического требования. В ней, путём социологических исследований, обосновывается необходимость разработки и реализации экологических требований с учетом объекта и предмета экологии, а также путём внедрения правовых, религиозных и национального этикета.*

Ключевые слова: *экология, требование, нормы, правовые, религиозные, этические, социологический опрос, возрастная, профессиональная, заключение, рекомендации.*

Annotation: *The article reveals the concept, content and essence of an environmental requirement. Through sociological research, it substantiates the need to develop and implement environmental requirements, taking into account the object and subject of ecology, as well as through the introduction of legal, religious and national etiquette.*

Keywords: *Ecology, requirements, norms, legal, religious, ethical, sociological survey, age, professional, conclusion, recommendations.*

Аннотация: *Maqolada ekologik talab tushunchasi, mazmuni va mohiyati ochib berilgan. Unda sotsiologik tadqiqotlar orqali, ekologiyaning ob'ekti va predmetini hisobga olgan holda, ekologik talablarni ishlab chiqish va amalga joriy qilishda huquqiy talablar bilan bir qatorda diniy va milliy odob-axloq qoidalarini inobatga olish zaruriyati asoslanadi.*

Kalit so'zlar: *Ekologiya, talab, normalar, huquqiy, diniy, axloqiy, sotsiologik so'rov, yoshi, kasbiy, xulosa, tavsiyalar.*

ВВЕДЕНИЕ

Эксперты пришли к выводу, что для решения экологических проблем необходимо разработать и внедрить в жизнь требования по охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов и восстановления нарушенных экосистем [1,2,3]. К сожалению, понятие, содержание и сущность экологического требования не однозначно и научно не обосновано. *Целью* данной статьи является – провести исследования для научного обоснования этих словосочетаний, провести социологический опрос, сделать заключение и дать рекомендации по их практическому применению.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Для литературного анализа по соответстующей тематике были использованы методы: систематизация и классификация источников; критический, сравнительный и контекстуальный анализы; синтез информации; использование баз данных и каталогов как национальных, так и международных источников.

Социологические исследования проводились методом анкетного опроса среди различных возрастов и профессий в городе Ташкенте, Ташкентской, Наманганской, Ферганской, Кашкадарьинской, Самаркандской, Бухарской областях Узбекистана. В опросе приняли участие 342 респондента. В нем 62 анкеты не были включены в программу анализа из-за их недействительности. Анкетированы старшеклассники средней школы до населения, достигшего пенсионного возраста. 280 респонденты, признанных подходящими по возрастному составу населения, были разделены на 3 группы. Молодёжь в возрасте до 30 лет составили 33% (92 человека) участников; 30-50 лет, средний возраст – 49% (100 человек), выше 50 лет, старший возраст – 18% (51 человек). Анкета состояла из 6 вопросов по теме «Экологическая безопасность и требования»:

- ✓ *Какая проблема является наиболее важной в вашей повседневной жизни?*

✓ *Что вы подразумеваете под экологическим требованием?*
✓ *Каких экологических норм, по вашему мнению, лучше придерживаться?*
✓ *Какие правила лучше включить в экологические требования?*
✓ *Какие правила, по вашему мнению, необходимо ужесточить для обеспечения экологической безопасности в будущем?*
✓ *Решение какой проблемы вы считаете необходимым для будущего поколения?*

Исходя из содержания и сути каждого вопроса, респондентам была предоставлена возможность выбрать один из 4–7 вариантов ответа. Полученные данные методом сравнительного анализа были сопоставлены по классифицируемым группам для выявления различий и сходств.

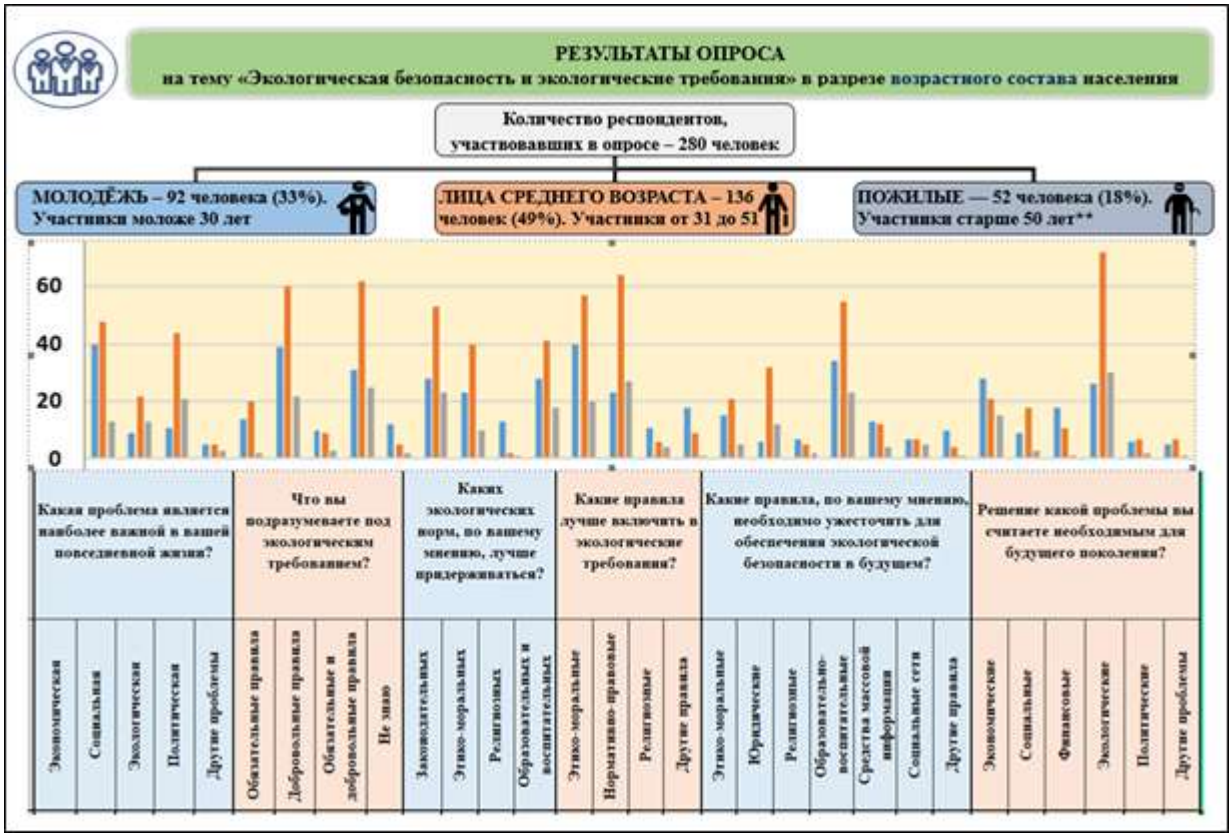
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из способов решения экологических проблем может стать разработка и внедрение системы строгих *экологических требований* к каждой классифицируемой экосистеме, которые должны учитывать их специфические особенности. Для этого нужно сначала четко определить понятия «*Экология*» и «*Требования*».

Обобщая различные мнения ученых, можно сказать, что ***экология*** – *отрасль науки, изучающая законы, закономерности и механизмы взаимоотношений организмов между собой и их изменяющейся окружающей природной средой в определенной экосистеме; образовательная и воспитательная деятельность, направленная на формирование знаний, умений и навыков; практическая отрасль, регулирующая этих взаимодействий* [4]. Почему *«изменяющейся»*? Потому что если среда обитания организмов, то есть ***экосистемы,*** являющиеся ***объектом изучения науки об экологии,*** изменяются, их виды тоже приспосабливаются к изменчивой окружающей природной среде [5]. Изменение одного типа организмов также может привести к изменению другого. *Предметом исследования экологической науки является*: ***охрана, рациональное использование природных ресурсов и восстановление нарушенных экосистем*** [6].

Что такое требование? Толковый словарь узбекского языка определяет 6 различных значений слова «требование»: *лингвистический* – настойчивый запрос, просьба, фраза, требующая пояснения; *управленческий* – приказ или поручение, которые должны быть выполнены; *социальный* – потребность, желание; *экономический* – покупатель, стремление потребителя приобрести на рынке определенный товар, блага; *филологический* – тот, кто, присоединяясь к существительным, хочет того, что понимается от этого существительного, нуждается в нем, требователен; *хозяйственный* – объем воды для нормального роста растений и т.п. [7]. Таким образом «требование» различаются по принадлежности к определенной области или категории знаний.

Но с 70-годов XX века среди основных направлений деятельности человеческого общества наряду с экономикой, политикой, общественной жизнью, правовым статусом первостепенное значение приобретают экологические требования. В национальной и зарубежной литературе экологический характер «требования» не раскрыт полностью (табл.1). Например, известный ученый-юрист Ж.Т.Холмуминов предметом и целью экологического права считает сохранение и правовое регулирование отношений между природой, обществом и человеком [8,9]. А российские правоведы считают, что предметом исследования Экологии являются: право собственности на природу; охрана природы; управление окружающей средой; защита экологических прав и законных интересов людей [10].



Инфографика 1. Анализ отношения различных возрастных групп населения к экологическим требованиям

Таблица 1

Определения словосочетания «экологическое требование " в литературом источнике

Определение	***Источник***
Экологическое требование – не дано	Национальная энциклопедия Узбекистана. – Ташкент: «ГНИ УзНЭ», 2013
Экологическое требование – не дано	Толковый словарь узбекского языка. – Ташкент: «ГНИ УзНЭ», 2020
Экологическое требование – предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, природоохранными нормативами, государственными стандартами, техническими регламентами и иными нормативными документами, которые направлены на охрану окружающей среды, восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности в интересах настоящего и будущих поколений.	Гогаева М.Т. Правовой механизм принятия экологически значимых решений. Автореф. дисс. ... канд. юрид. наук.– Москва, 2011. 28 с.
Экологические требования — это совокупность норм и правил, установленных в целях охраны окружающей среды и обеспечения рационального использования природных ресурсов..	Экологические требования. https://www.google.com/search

Экологические требования – являются критерием оценки экологической чистоты поведения человека, учитывающим выполнение экологических требований, выражающих меру уважения к природе, в частности к законам природы, соблюдение их людьми в повседневной практике взаимодействия с ней, меру не только прав, но и религии, морали, этики эффективности всей окружающей среды.	Бринчук М.М. Внешние методологические основания развития экологического права: закономерности развития // Экологическое право. – Москва, 2011. № 1. С. 2-7.
Экологические требования — это обязательные требования, установленные в законодательстве и нормативных документах, направленные на обеспечение рационального природопользования, охраны окружающей среды, здоровья человека и сохранения генетического фонда.	Muqimov A.M. Yerdan foydalanish ekologiyasi.– Tashkent, 2022.–129-b .
Требования экологической безопасности — это требования, которые устанавливаются и являются обязательными для выполнения в целях предотвращения нанесения ущерба окружающей среде.	O‘zR Vazirlar Mahkamasining “Ekologik xavfsizlik to‘g‘risidagi umumiy texnik reglamentni tasdiqlash haqida”gi 19.02.2020-yildagi 95-son qarori
Экологическая безопасность — состояние защищенности окружающей природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и от их последствий.	Морозов В.В., Несоленое Г.Ф. Основы экологической безопасности: Учебное пособие. – Самара: Самарский ГАУ, 2003. - 365 с.

Исторически экологические требования, хотя и не назывались экологическими, были правомерны с юридической точки зрения. Например, в XIII–XIV веках «Волоцкая хартия» литовского князя Сигизмунда II, отражавшая требования по охране лесов, видов, зубров и тарпанов Мазовии, запрещала охоту в период нереста. В XIV веке во Франции был создан специальный департамент «Воды и леса», задачей которого была охрана лесов. Во времена правления древнего короля Вильгельма II за убийство оленей, кабанов и даже зайцев наказывали смертной казнью. Однако эти законы были направлены скорее на сохранение и защиту феодальной собственности, чем на природную среду [6]. Исходя из концепции экологических требований, любое из этих требований можно выразить в трех формах, в соответсвии предмета Экологии. Например:

1. *Требования по охране экосистем,* отраженные в правовых нормах, можно рассмотреть на примере Постановления Кабинета Министров РУз от 14 августа 2018 года №657. Постановление устанавливает экологические требования к государственным заповедникам в охраняемой зоне природного парка. В этой зоне запрещаются любые рекреационные, хозяйственные и иные виды деятельности, за исключением научных исследований, направленных на мониторинг естественного хода биоразнообразия и природных процессов, охрану и воспроизводство природных объектов и комплексов.

2. *Требования по рациональному использованию* ресурсов *экосистем*. В рекреационной зоне природного парка: вырубка деревьев и кустарников (за исключением вырубки в рекреационно-оздоровительных и санитарных целях); действия, изменяющие гидрологический и гидрогеологический режим; действия, вызывающие эрозию почвы, деградацию флоры и фауны и т.п.

3. *Требования к восстановлению нарушенных экосистем*: В соответствии со статьями 17–23 Закона РУз «Об охране природы» от 9 декабря 1992 года «О регулировании использования природных ресурсов»: снятие гумусового слоя почвы под сооружениями для повышения продуктивности в других местах; рекультивация земель, изменивших свое состояние в процессе добычи полезных ископаемых; местные, природоохранные и водохозяйственные органы обязаны восстанавливать и увеличивать древесные насаждения

в местах формирования речных притоков и прибрежных зонах водных объектов, а также обеспечивать их сохранность и т.п.

Но некоторые ученые считают, что экологические требования могут быть не только правовыми, но и *духовно-просветительскими и религиозными* нормами [11,12]. Они выражают волю определенных народов и кодифицирует верования, придают авторитет традициям, направляет практическую деятельность и учит правилам поведения.

Рассказывая детям историю своей религии родители непременно упоминают о жизни Адама и Евы в раю. Ведь жизнь первого человека на Земле отражена практически во всех религиозных книгах. Например, согласно 3-й версии Библии, Ева, соблазненная змеем (в мусульманской мифологии сатаной – А.Н.), а затем Адам сорвали запретное яблоко с дерева познания добра и зла в Эдемском саду (в раю – А.Н.). Тем самым они изгоняют людей из рая за то, что они злоупотребляли дарованной им Богом возможностью, то есть благами природы. С тех пор человечество пытается заработать себе на жизнь, еле сводя концы с концами, и лишается возможности жить вечно в этом райском мире [13].

В 49-м аяте священного Корана говорится: «Воистину, Мы создали всё соразмерно», то есть всё в мире, включая дары природы, было создано Всевышним Аллахом в соответствии с определёнными критериями и поэтому отрицание этого не соответствует Шариату [14]. Призыв к человеку жить в гармонии с природой также отражен в хадисах. Нас издавна учили, что сила тела – в пище, а сила разума – в мудрых словах. Хадисы – это такие мудрые слова, шедевры мудрости. Известные учёные хадисоведения аль-Бухари, ат-Тирмизи, ас-Самарканди, описывают такие аспекты, как свойства некоторых растений и животных, их место в пищевой цепочке, а также их значение в хозяйственной деятельности [15]. Некоторые хадисы учат людей беречь и соблюдать требования по защите природных ресурсов. Например, из хадисов следует, что человек, срубивший дерево, дающее тень людям, будет брошен в ад; сказано, что если мусульманин посадит растение или дерево, а затем птица или животное съест его плоды, то за каждое съеденное с этого растения, ему будет засчитана награда за милостыню; а тому, кто остановит наводнение или потушит пожар, будет дарована награда за мученичество.

Шейх Мухаммад Садик Мухаммад Юсуф неоднократно освещал тему «Ислам и охрана окружающей среды» [16]. Например, сохранение окружающей среды, воды, воздуха, почвы, флоры и фауны должно быть не менее важным, чем сострадание к людям. В аятах Корана и хадисах Пророка содержится множество подобных наставлений. Долг человека – ценить это благо! Ценить это благо – значит беречь его и не растрачивать попусту. В теологии говорится, что Судный день может наступить для человечества из-за пагубных действий людей по отношению к природе. О Судном дне говорится практически во всех священных писаниях – Коране, Новом и Ветхом Заветах, священных книгах Древнего Египта, Индии и Китая.

Экологические требования также содержатся в правилах этики, которые специфичны для каждого народа, но не имеют юридического статуса. Такие правила зависят от уровня духовности человека, а не от образования. Экологическая духовность – главный показатель воспитанности человека и зависит от нравственности и поведения человека. Взрослые должны овладеть этой духовностью и привить её своим детям с младенчества. Затем эти этические требования прививаются через образование и «углубляются» воспитанием. В узбекском национальном менталитете такие понятия, как «харом-халол», «увол», «гунох-савоб», чаще всего употребляются при возникновении экологических ситуаций (например: хлеб, падающий под ноги, загрязнение воды, жестокое обращение с животными, поломка деревьев и т. д.). Хотя дети ещё не до конца понимают суть этих слов, у них уже закладываются основы национального экологического поведения.

Таким образом, экологическое требование представляет собой совокупность правовых, религиозных и этических норм, направленных на охрану, рационального использования и восстановления экосистем. Его цель – обеспечить безопасность взаимосвязанных экосистем, являющихся средой обитания организмов, реализацию установленных норм и обеспечение их жизнеспособности.

Поскольку обеспечение безопасности жизни в экосистемах различных масштабов и сфер деятельности носит опосредованно социальный характер, изучение уровня информированности и культуры населения в области экологии и экологических требований имеет первостепенное значение. Поэтому для разработки предложений и рекомендаций, основанных на новом инновационном подходе, которые будут способствовать повышению эффективности и результативности обслуживающих их экологических требований, было проведено прикладное социологическое исследование.

В ходе социологического исследования была определена активность респондентов в возрасте 31–51 года. К сожалению, с одной стороны, активность пенсионеров свидетельствует об их лидерстве в различных аспектах государственной и общественной жизни по сравнению с молодежью, с другой стороны, в общеобразовательных школах экологическое образование и охрана окружающей среды интегрированы в такие предметы, как Физика, Химия, Биология, География, История, Родной язык и литература, и поэтому не преподаются специалистами.

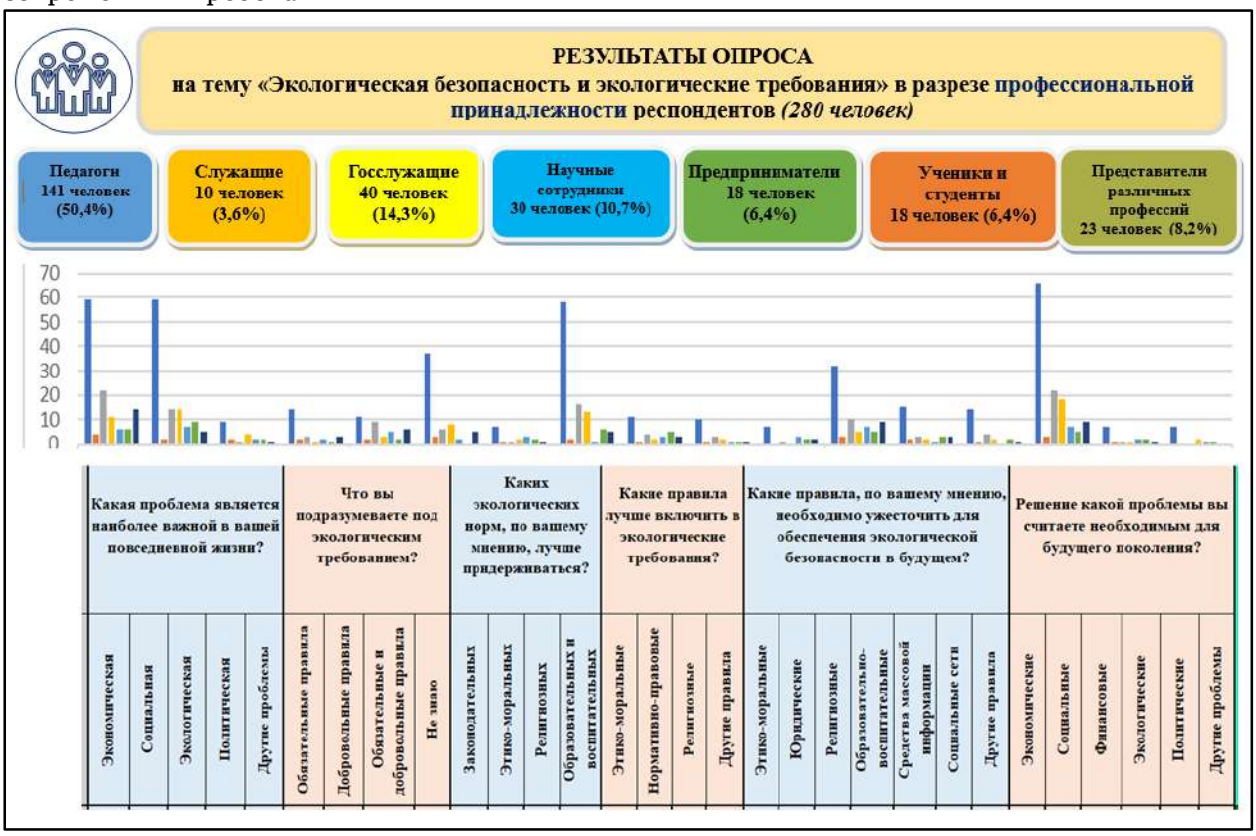
На вопрос «Какая проблема наиболее важна в вашей повседневной жизни?» около 40% респондентов в возрасте до 30 лет назвали экономические проблемы первостепенными, а экологические – второстепенными. Респонденты пожилого возраста в равной степени выделяли экономические и экологические проблемы. Респонденты среднего возраста, напротив, считали экологические проблемы наиболее актуальными для республики (инфографика 1).

На вопрос «Какие экологические правила вы предпочитаете соблюдать?» молодые респонденты считали наиболее важными этические и нормативно-правовые нормы, а также экологические требования. Однако они также признали, что религиозные убеждения играют в этом определенную роль. Однако из-за отсутствия достаточной информации о религиозных экологических требованиях среди респондентов среднего и старшего возраста и отсутствия поддержки со стороны религиозных учёных, таких как шейх Мухаммад Садик Мухаммад Юсуф, на этот вопрос ответили лишь около 3–4 процентов. Поскольку последние рассматривали ответы на предыдущий вопрос «Что вы понимаете под экологическими требованиями?» не с религиозной точки зрения, а как определение обязательных правовых норм.

На вопрос «Какие правила, по вашему мнению, следует усилить для обеспечения экологической безопасности в будущем?» респонденты всех возрастов ответили, что образование следует укреплять через экологические требования. Несмотря на рост религиозной толерантности, не все возрастные группы в Узбекистане признают возможность обеспечения экологической безопасности посредством религиозных норм. Однако в большинстве случаев респонденты всех возрастов, особенно среднего возраста, заявили, что поиск решения экологических проблем является первостепенной и актуальной задачей в будущем.

Результаты социологического опроса были также уточнены через профессию. По результатам полученных вопросов было выделено 6 типов профессий. Поскольку ответы по остальным профессиям были неясными или очень малочисленными, они были объединены в другие профессии. Из 280 респондентов, принявших участие в социологическом опросе, ровно половина были учителями (инфографика 2). Однако

экологическое образование в Узбекистане до сих пор не организовано на уровне современных требований.



Инфографика 2. Анализ отношения различных профессиональных групп населения к экологическим требованиям

На вопрос «Какая проблема наиболее важна в вашей повседневной жизни?» 53% учителей, включая научных работников и представителей религиозных организаций, назвали экономические проблемы и 36% – экологические. Однако большинство государственных служащих фокусируют свое внимание на экономических проблемах. На вопрос «Что вы понимаете под экологическими требованиями?» практически все специалисты назвали обязательными, обязательно-добровольными. В данном случае мировоззрение респондентов близко к вышеприведенному пониманию экологических требований.

На вопрос «Каких экологических правил вы должны придерживаться?» правовые требования приобрели первостепенное значение среди специалистов. Однако по какой-то причине большинство специалистов не осознают, что экологическая безопасность может быть обеспечена и посредством религиозных правил. То есть, необходимо уделять особое внимание религиозным элементам в профессиональном образовании и обучении.

В своих ответах на вопрос «Какие правила следует включить в экологические требования?» участники социологического опроса упомянули моральные нормы. Здесь также религиозные нормы остались без внимания респондентов.

На вопрос «Какие нормы, по Вашему мнению, следует усилить для обеспечения экологической безопасности в будущем?» респонденты акцентировали внимание не на религиозных убеждениях, а на образовании и правовой сфере. При этом они не учли тот факт, что просветление и духовность могут прийти не только через светскую, но и через религиозную науку и национальные ценности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В условиях, когда состояние окружающей среды резко меняется в результате антропогенной деятельности, регулирование общественных отношений посредством разработки и реализации экологических требований является одной из актуальных проблем.

2. В научной литературе, словарях, энциклопедиях и правовых нормах существуют различные подходы к термину «экология» и слову «требование», поэтому понятие, содержание и сущность «экологических требований» трактуются по-разному.

3. Поскольку средой обитания любых организмов, то есть объектом исследования науки экологии, являются «экосистемы», а предметом исследования – охрана экосистем, рациональное использование их ресурсов и восстановление нарушенных экосистем, экологические требования должны разрабатываться именно в соответствии с объектом и предметом этой науки.

4. В большинстве случаев, особенно в научной литературе, понятие, содержание и сущность экологических требований трактуются лишь как правила общественного поведения, отраженные в правовых нормах, без учета религиозных и моральных норм.

5. Социологические исследования, проведенные среди широких слоев населения республики и в различных регионах, показали целесообразность обобщения ответов на вопросы об экологии и экологических требованиях двух категорий респондентов (возрастной и профессиональной ориентации) и их анализа статистическими методами.

6. В разрезе возрастных групп выявлено, что наиболее активными респондентами являются лица среднего возраста (31–51 год), при этом активность участников пенсионного возраста (старше 51 года) была выше, чем у молодежи (до 31 года) в различных аспектах государственной и общественной жизни. Ситуация такова, что в общеобразовательных школах преподавание предмета «Экология и охрана окружающей среды» интегрировано в такие предметы, как Физика, Химия, Биология, География, История и Родной язык, и не ведется специалистами.

7. Среди респондентов младше 31 года, которые пассивно участвовали в опросе, экономические и социальные проблемы считались основными, а экологические – вторичными. Среди респондентов среднего возраста основным индикатором была признана экологическая проблема. Люди старшего возраста указали на социальную проблему как на основную.

8. Респонденты среднего и старшего возраста рассматривали ответы на вопрос о понимании экологических требований не с религиозной точки зрения, а как определение обязательных правовых норм. Это результат малой освещённости населения экологических требований в достаточно широких источниках религиоведения.

9. Несмотря на рост религиозной толерантности в Узбекистане, люди всех возрастов не признают идею о возможности обеспечения экологической безопасности посредством религиозных требований. Они утверждают, что можно повысить жизнеспособность экологических требований посредством образования.

10. Из 6 видов профессий, выявленных по результатам опроса, наиболее активными были учителя. Однако они подчеркнули, что их экономические проблемы (53%) перевешивают экологические проблемы (36%).

11. Большинство специалистов не осознают, что можно обеспечить экологическую безопасность посредством соблюдения религиозных экологических требований. То есть необходимо сделать особый акцент на религиозных элементах в профессиональном образовании и обучении.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Поскольку объектом экологии является – «экосистема», она имеет изменчивую природу. Поэтому экологические требования должны иметь гибкий и динамичный характер в рамках экосистем.

2. Так как предметом экологии является – «охрана, рациональное использование её ресурсов и восстановление нарушенных экосистем», экологические требования должны разрабатываться и регулироваться соответственно в трёх этих направлениях.

3. Экологические требования будут эффективны в обеспечении экологической безопасности только в том случае, если они будут не только правовыми по своей природе, но и будут комплексно использовать религиозные и моральные нормы.

4. В Узбекистане необходимо ввести учебный предмет «Экология: образование и воспитание» в качестве самостоятельного курса в систему дошкольного, школьного, профессионального и религиозного образования.

6. В условиях, когда в нашей Республике набирает обороты религиозная толерантность, во всех мероприятиях, обрядах и обязательных актах нужно обязать деятелей религии пропаганды охраны окружающей среды и экологических требований согласно источников Релиогиоведения, что является одним из основных средств обеспечения экологической безопасности в современном мире.

7. Интеграция экологической этики студентов, основанной на национальных ценностях, во все предметы системы образования и воспитания служит шагом на пути к «зеленой экономике».

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Майкл Манн. Новая климатическая война. https://earth.org/climate-change-books.12.03.2024.

2. Живая планета 2020. https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2020.09. 2020.

3. JSST: Havoning ifloslanishi kasalliklar ko‘payishiga sabab bo‘lmoqda. Xalq so‘zi/ 2022.06.04. https://xs.uz/uz/post/zhsst

4. Nigmatov A. N. Ekologiya. O‘quv qo‘llanma.- Toshkent.: 2025.– 97 b.

5. Происхождение видов путем естественного отбора. Тимирязев К.А. и др. – Москва: Тайдекс Кё. – 494 с.

6. Nigmatov A. N. Ekologiyaning nazariy asoslari. O‘quv qo‘llanma.– Toshkent: “O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti”, 2013. – 268 b.

7. O‘zbek tilining izohli lug‘ati. 4-j.– Toshkent. “O‘zME DIN”,2020. 647–648-b.

8. Холмўминов Ж.Т. Ўзбекистон Республикасининг экология ҳуқуқи. Дарслик. – Тошкент, 2003. 14–15-б.

9. Xolmo‘minov J.T. Ekologiya huquqi.–Toshkent: TDYU nashriyoti, 2025. 20–7-b.

10. Бринчук М.М. Правовой механизм подготовки и принятия решений, имеющих экологическое значение // Государство и право,2000. № 9. С. 38–39.

11. Судавициус Б.Б. Проблемы отражения экологических требований в законодателmстве. Дис. ...канд. юрид. наук.– Москва,1988;

12. Доржиева Р.С. Экологические требования: понятие и соотношение с другими терминами // Экологическое право. 2006. №5 8-9 с.

13. Boqiyev A. Islom falsafasida ekologik dunyoqarash//https:// www.mirarab.uz /ruknlar.15.04.2025.

14. Abduraxmonov A. Saodatga eltuvchi bilim.-Toshkent: “Movarounaxr nashriyoti”,2003. 28–33-b.

15. Sahih hadislar to‘plami. https://hadis.uz/hadiths.

16. Муҳаммад Содиқ Муҳаммад Юсуф. Ислом – инсонийликка даъват. https://islom.uz/maqola/22089.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Батиров Хидир Файзиевич
Профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Самаркандского государственного университета имени Шарафа Рашидова
Исламова Шабнам Зияддиновна
Мингечаурский Государственный Университет, Азербайджан,

Аннотация. *В статье анализируется значение экологического образования в условиях усиления глобальных экологических угроз. Подчёркиваются последствия экологической безграмотности, а также проблемы системы образования: отсутствие целостной модели экологических знаний, недостаток методической базы, слабая подготовка педагогов и низкая обеспеченность техническими средствами. Обосновывается необходимость формирования экологического мировоззрения, развития непрерывного образования и повышения профессиональной культуры специалистов. Главная цель экологического образования определяется как воспитание ответственного отношения к природе и обеспечение условий для устойчивого развития общества.*

Ключеве слова. *Экологическое образование, устойчивое развитие, экологическое мировоззрение, эколого-педагогические проблемы, экологическая культура, охрана окружающей среды, экологические риски, социально-экологическая ситуация.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada global ekologik tahdidlarning ortib borishi sharoitida ekologik ta'limning ahamiyati tahlil qilinadi. Unda ekologik savodsizlikning oqibatlari va ta'lim tizimidagi muammolar: ekologik bilimlarning yaxlit modelining yo'qligi, metodologik resurslarning yetishmasligi, o'qituvchilarning malakasining pastligi va texnik resurslarning yetarli emasligi ta'kidlangan. U ekologik dunyoqarashni rivojlantirish, uzluksiz ta'limni rivojlantirish va mutaxassislarning kasbiy mahoratini oshirish zarurligini asoslaydi. Ekologik ta'limning asosiy maqsadi tabiatga mas'uliyatli munosabatni shakllantirish va barqaror jamiyat rivojlanishi uchun sharoitlarni ta'minlash sifatida belgilangan.*

Kalit so'zlar. *Ekologik ta'lim, barqaror rivojlanish, ekologik dunyoqarash, ekologik va pedagogik muammolar, ekologik madaniyat, atrof-muhitni muhofaza qilish, ekologik xavflar, ijtimoiy-ekologik vaziyat.*

Abstract. *This article analyzes the importance of environmental education in the context of increasing global environmental threats. It highlights the consequences of environmental illiteracy and the challenges of the education system: the lack of a holistic model of environmental knowledge, a shortage of methodological resources, poor teacher training, and inadequate technical resources. It also substantiates the need to foster an environmental worldview, develop continuous education, and enhance the professional culture of specialists.*

Key words: *Environmental education, sustainable development, environmental worldview, environmental pedagogical issues, environmental culture, environmental protection, environmental risks, socio-ecological situation.*

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие современной экономики, науки, технологий и техники, а также многочисленные экологические проблемы, возникшие на нашей планете, требуют создания совершенной системы экологического образования для подготовки кадров

различных направлений. Сегодня экологические угрозы природе и жизнедеятельности человека становятся всё более сложными. Нарушение баланса взаимоотношений между окружающей средой и обществом наносит непапровимый ущерб природе.

Одной из основных причин нарушения человечеством устойчивости, полноты и целостности природы Земли и её внутренних законов, безусловно, является недостаток знаний людей об охране окружающей среды и неспособность предвидеть будущее экологическое состояние природы. Негативное воздействие научно-технического развития на окружающую среду порождает различные экологические кризисы, конфликты, катастрофы и другие важнейшие проблемы, которые могут привести к исчезновению некоторых представителей растительного и животного мира на Земле, что представляет собой глобальную проблему для человечества и жизни. Мы считаем, что человек должен кардинально изменить своё отношение к природе, к окружающей среде, знать и изучать законы природы и строить свою жизнь на их основе, то есть формировать образ жизни, соответствующий законам природы.

Экологическое образование обеспечивает формирование нового поколения кадров, способных брать на себя и решать будущие экологические и природоохранные задачи, обладающих высокой общей и профессиональной культурой, творческой и общественной активностью, способностью самостоятельно ориентироваться в общественно-политической жизни.

Таким образом, сама жизнь подтверждает, что в современный период исторического развития для обеспечения устойчивого развития во всём мире необходимо находить решения не только в политической, экономической и социальной сферах, но и в экологических вопросах. Появившееся в последнее время понятие «устойчивое развитие» означает обеспечение экономического, политического и социального развития многих стран, в том числе и Узбекистана.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыт многих стран мира показывает, что система государственного образования является наиболее эффективным инструментом решения общих проблем. С помощью экологического образования считается целесообразным снижать экологические риски, которые дети и взрослые представляют для страны, в которой они проживают, и для всего мира. Важно отметить, что экологическое образование также способствует подготовке населения к жизни в биосфере.

Целью экологического образования должно быть формирование как у населения так и общества в целом экологического мировоззрения на основе комплекса научных и практических знаний, ответственности за собственное здоровье, охрану окружающей среды и удовлетворение потребностей человека. На основе анализиа добытих нами данных можно, в свою очередь, выявить ряд проблем в формировании экологического образования. При этом в государственной системе, например, в Министерстве народного образования, термин «экологическое образование» тождественен науке «экология», в то время как специалисты неправительственных организаций понимают это понятие как образование в области охраны окружающей среды.

Во - первых, внимание к вышеуказанному термину больше сосредоточено на его научной, разнообразной направленности, включая научные, экономические, юридические, технические, философские, эстетические, педагогические, политико-психологические, гигиенические и другие аспекты данной проблемы, которые по нашему твердому убеждению должны опираться на основе принятых на государственном уровне законов.

Во - вторых, основное внимание следует уделять понятиям, навыкам и обычаям, связанным с экологическим образованием, в повседневной жизнедеятельности населения

той или иной страны. В то же время, следует подчеркнуть тот факт, что помимо перечисленных нами суждений, отчетливо видны и некоторые недостатки, к которым по нашему мнению относятся к примеру, нижеследующие аспекты исследуемой проблемы:

1. Экологическое образование в недостаточной степени сформировано как неотъемлемая часть общего образования учащихся среди населения.

2. Недостаточно определены содержание и объем системы экологических знаний, которые учащиеся должны усваивать поэтапно, исходя из государственных требований.

3. Не разработаны и не внедрены в практику формы и методы преподавания экологического образования как непрерывного образования.

4. Процесс внедрения системы экологического образования недостаточно обеспечен техническими средствами.

5. Недостаточно исследованы и пользуются на практике традиции и обычаи наших предков в области экологического образования.

6. По-прежнему не хватает учебников, учебных пособий и методической литературы по экологии как для самих учителей так и учеников по различных предметам, преподаваемым в школах.

7. Не изучены и не внедрены в практику духовные экологические идеи исламского учения.

8. Не востребованы учебные материалы, адаптированные к экологическому образованию в зависмости от конкретных условий в районном или областном масштабе.

9. Работа по организации экологического образования в интересах устойчивого развития окружающей среды не имеет органической устойчивости.

Помимо этого, качеству и эффективности экологического образования препятствуют также некоторые своего рода трудности.

а) теоретические основы экологической проблематики в преподаваемых предметах не развиваются в интересах устойчивого развития общества;

б) знания педагогов и учителей в области экологии в некоторой степени отстают от общей теории и практики экологии;

в) недостаточное внимание уделяется повышению квалификации учителей-педагогов в области экологического образования на уровне передовых высших учебных заведений;

ж) недостаточное обобщение опыта работы Узбекистана и некоторых развитых стран в этой области и т.д.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из основных проблем современности является правильная оценка социально-экологической ситуации в деятельности сотрудников министерств, предприятий и организаций, ответственных за реализацию экологической направленности в этой области в целях кардинального улучшения экологической обстановки в целом.

В их мировоззрении важным фактором является воспитание таких качеств, как умение грамотно решать и прогнозировать проблемы охраны окружающей среды, а также умение создавать условия для предотвращения возможных конфликтов. Единственная цель экологического образования в подготовке кадров для охраны окружающей среды – формирование знаний, ценностей, образа жизни и поведения, необходимых для устойчивого развития, как основного механизма изменения поведения.

Главная цель экологического образования – формирование осознанного отношения к окружающей среде и проблемам ее охраны у всех слоев населения: семьи, школьников, студентов средних специальных и высших учебных заведений. При этом все слои населения должны обладать знаниями на уровне государственных требований по экологии, а также иметь достаточные навыки и квалификацию в данной области.

Для этого целесообразно формирование у населения экологического мировоззрения, подразумевающего вовлеченность в экосистему, понимание позитивного и негативного влияния личного и общественного сознания на окружающую среду. Таким образом, посредством экологического образования и воспитания необходимо восстановить равновесие биосферы, периодические функции природы, добиться благоприятной окружающей среды и обеспечить биоразнообразие самой природы.

Системный подход к экологическому образованию и обеспечение его преемственности требуют учета всей системы образования. Можно сказать, что современное экологическое образование напрямую связано с экосистемами атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы, а также с технологиями, техническим развитием и демографической ситуацией населения той или иной страны. При этом экологическое образование и воспитание играют важную роль в повышении профессиональной подготовки будущих специалистов и обогащении их знаний непрерывным образом.

Вопрос усиления ориентации на понимание социально-экологической ситуации в образовательных учреждениях и школах является более актуальным, этот процесс формирует у них широкий спектр экологического мышления и навыков интеграции экологических процессов. Понимание и управление социально-экологической ситуацией у персонала имеет два взаимосвязанных этапа: первый этап - экологическое мышление как описание сущности экологической культуры, второй - навыки непосредственного практического управления процессами охраны окружающей среды на различных уровнях - от государства до различных трудовых коллективов.

Диалектическая связь между этими этапами такова, что первый служит методологической основой для второго, а второй активно влияет на первый. Если рассматривать эти этапы по отдельности, то полагаем, что понимание и управление социально-экологической ситуацией у персонала - это, прежде всего, глубокое знание законов развития общества и природы, а эволюция научной концепции взаимодействия человека, общества и природы формируется в результате всестороннего изучения этих явлений.

Экологическое мышление и мировоззрение человека подразумевают, что он должен управлять социально-экологическими процессами, а в своей теоретической и практической деятельности рассматривать проблемы охраны природы с точки зрения глобальных и общечеловеческих ценностей.

Учитывая экологические риски, необходимо сформировать в обществе глобальную экологическую этическую культуру и реализовать множество образовательных мер и проектов в этом направлении. Все эти меры и ответственность лежат на исследователях, проводящих исследования в области экологии. Учитывая экологические риски, необходимо сформировать в обществе глобальную экологическую этическую культуру и реализовать множество образовательных мер и проектов в этом направлении. Все эти меры и ответственность лежат на исследователях, проводящих исследования в области экологии.

Следует подчеркнуть, что экологические проблемы не признают национальных границ и наоборот, они включают в себя регионы, где перемещение всех народов и наций становится серьёзным фактором их решения. Среди проблем социально-экологического развития и понимания ситуации на всех уровнях персонала важно развивать навыки формирования у населения общего экологического развития с учётом рыночных отношений.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Таким образом, в контексте социально - экономического развития общества необходимо включать образовательный комплекс вопросов экологической политики, то есть использования экономических механизмов материально-технического обеспечения природопользования в целом и экологии в частности. Но на любом уровне социального и экологического планирования целью является охрана здоровья населения и окружающей среды, от трудового коллектива до государственного уровня, по сути, всестороннее и гармоничное развитие всего человечества в мировом масштабе.

ЛИТЕРАТУРА

1.Беляев Д.А., Репш Н.В., Шурухина Т.Н. и др. Бердвотчинг как современная форма экологического образования и воспитания школьников // Современные проблемы науки и образования. 2021, № 2. С. 132–135.

2.Берсенева С.А., Репш Н.В., Белов А.Н. и другие. Экологическое образование в аграрных вузах на примере Приморской государственной сельскохозяйственной академии // Ученые записки Университета им. П.Ф. З.Лесгафта. 2021, № 5 (192), С. 46–52.

3.Данияров С.А. Экологическое воспитание и пути его развития (на узбекском языке). Ташкент, 2007, С.21-37.

4.Егоров А.А. Экология, общество и природа. Москва, 2013, С.13-32.

5.*Ландык В.М., Ломова В. В. Кольцова В. А. Экологическое воспитание школьников // «Образование и право», 2022, № 8, С.287-291.*

6.Методика экологического воспитания дошкольников Учеб. пособие для студентов средних педагогических учебных заведений. - 2-е издание, исправленное. Москва, Издательский центр «Академия», 2001, 184 с.

7.Сергеева Б.В. Условия формирования экологических знаний младших школьников. Б. В. Сергеева, А. С. Станина (Текст непосредственный). Молодой ученый, 2016, № 9 (113), С.1181-1186.

8.Ульянова Н. В. Экологическое сознание и экологическая культура, проблемы и перспективы. «Вестник ТГПУ, вып.6 (69), 2007, Серия Естественные и точные науки, С.57-61.

9. Яценко И. И. Экологические знания и их особенности . Москва, 2014, С.9- 17.

PATHWAYS FOR SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT AT THE DUNHUANG MOGAO CAVES WORLD HERITAGE SITE

Zheng Jie
Associate Professor ,PhD Candidate
Beijing City University, Haidian District.100094, Beijing China
“Silk Road”International University of Tourism and Cultural Heritage

Abstract This paper takes the Mogao Caves of Dunhuang, a World Cultural Heritage site, as its research subject. From the perspective of cultural-ecological systems theory, it systematically analyzes the development status, multi-dimensional challenges, and response strategies for sustainable tourism in Dunhuang. The study finds that Dunhuang has made significant progress in heritage conservation, digital application, and tourism management. However, it still faces deep-seated issues such as threats from climate change, the contradiction between conservation and public access, a singular industrial structure, insufficient community participation, and difficulties in cross-sectoral coordination. Based on this analysis, the paper proposes five sets of countermeasures and suggestions: building a collaborative governance mechanism, deepening the

transformation and upgrading of tourism products, strengthening technological support and smart management, improving community benefit-sharing systems, and perfecting monitoring and evaluation systems. The aim is to provide theoretical reference and practical guidance for the sustainable development of Dunhuang and similar cultural heritage sites.

Keywords: Mogao Caves, Dunhuang; World Cultural Heritage; Sustainable Tourism; Cultural-Ecological System; Collaborative Governance

Аннотация В данной статье объектом исследования является объект всемирного культурного наследия — пещеры Могао в Дуньхуане. С позиции теории культурно-экологической системы проводится системный анализ текущего состояния развития устойчивого туризма в Дуньхуане, многомерных вызовов и стратегий реагирования. Исследование показывает, что, несмотря на значительный прогресс в области сохранения наследия, цифровизации и управления туризмом, Дуньхуанг по-прежнему сталкивается с глубокими проблемами, такими как угрозы изменения климата, противоречия между сохранением и доступностью, монокультурность экономической структуры, недостаточное участие местного сообщества и сложности межведомственной координации. На этой основе в статье предлагаются пять направлений стратегических рекомендаций: создание механизмов совместного управления, углубление трансформации и модернизации туристических продуктов, усиление технологической поддержки и интеллектуального управления, совершенствование системы распределения выгод среди местного сообщества и улучшение системы мониторинга и оценки. Цель статьи — предоставить теоретическую основу и практические рекомендации для устойчивого развития Дуньхуана и других подобных объектов культурного наследия.

Ключевые слова: Пещеры Могао в Дуньхуане; всемирное культурное наследие; устойчивый туризм; культурно-экологическая система; совместное управление.

Annotatsiya Ushbu maqola tadqiqot ob’ekti sifatida Dun’xuan Mog‘o g‘orlari bo‘lgan Butunjahon madaniy merosi ob’ektini o‘rganadi. Madaniy-ekologik tizim nazariyasi nuqtai nazaridan Dun’xuanda barqaror turizm rivojlanishining hozirgi holati, ko‘p qirrali muammolari va ularga qarshi choralar tizimli tahli qilinadi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, Dun’xuan merosni muhofaza qilish, raqamlashtirish va turizmni boshqarish sohalarida sezilarli muvaffaqiyatlarga erishgan bo‘lsa-da, iqlim o‘zgarishi tahdidlari, muhofaza va ochiqlik o‘rtasidagi ziddiyatlar, iqtisodiy tuzilmaning bir qirraliligi, mahalliy jamoaning etarli darajada ishtirok etmasligi va tarmoqlararo muvofiqlashtirish qiyinchiliklari kabi chuqur muammolar bilan yuzlanmoqda. Shu asosda maqolada beshta strategik tavsiya yo‘nalishi taklif etiladi: hamkorlik asosidagi boshqaruv mexanizmlarini shakllantirish, turistik mahsulotlarni transformatsiya qilish va yangilashni chuqurlashtirish, texnologik qo‘llab-quvvatlash va aqlli boshqaruvni mustahkamlash, mahalliy jamoa foydasini taqsimlash tizimini takomillashtirish va monitoring va baholash tizimini yaxshilash. Maqolaning maqsadi Dun’xuan va shunga o‘xshash boshqa madaniy meros ob’ektlarining barqaror rivojlanishi uchun nazariy asos va amaliy yo‘l-yo‘riq taqdim etishdir.

Kalit so‘zlar: Dun’xuan Mog‘o g‘orlari; Butunjahon madaniy merosi; barqaror turizm; madaniy-ekologik tizim; hamkorlik asosidagi boshqaruv.

INTRODUCTION

The Mogao Caves in Dunhuang, a crystallization of the integration of Eastern and Western civilizations along the Silk Road, are a World Cultural Heritage site cherished by all humanity. Since their inscription on the “World Heritage List” in 1987, their unique artistic value, historical significance, and cultural connotations have attracted global tourist attention. However, with the rapid development of tourism, this fragile cultural heritage site is facing profound contradictions between conservation and utilization. On one hand, tourism development injects vitality into the

local economy and promotes cultural dissemination; on the other hand, excessive tourist pressure poses a severe threat to the cave micro-environments, murals, painted sculptures, and other non-renewable resources.

Sustainable tourism, as an important concept for balancing heritage conservation with development and utilization, has become a consensus among heritage site managers worldwide. For Dunhuang, exploring a path that can effectively protect the authenticity and integrity of cultural heritage while reasonably meeting tourism demand and promoting sustainable community development holds significant theoretical and practical importance. Based on cultural-ecological systems theory, this paper systematically examines the development status of sustainable tourism in Dunhuang, deeply analyzes its challenges, and proposes actionable countermeasures and suggestions, aiming to provide a scientific reference for the long-term sustainable development of the Dunhuang World Cultural Heritage site.

THEORETICAL FRAMEWORK: HERITAGE TOURISM FROM A CULTURAL-ECOLOGICAL SYSTEMS PERSPECTIVE

Cultural-ecological systems theory emphasizes that cultural heritage and its surrounding natural and social environments form an interdependent organic whole. From this perspective, Dunhuang is not merely a collection of caves preserving exquisite murals and sculptures, but a complex human-land relationship system formed over millennia within the specific ecological context of an arid oasis. This theoretical perspective requires us to abandon isolated thinking focused solely on "conservation for conservation's sake" or "tourism for tourism's sake" when considering Dunhuang's tourism sustainability, and instead adopt a holistic, systematic analytical approach.

From a cultural-ecological systems viewpoint, sustainable tourism in Dunhuang should pursue the synergistic achievement of three core objectives: the integrity of the cultural system—protecting the historical, artistic, and scientific values of the cultural heritage; the stability of the ecological system—maintaining the ecological balance and sustainable use of resources at the heritage site and its surrounding environment; and the inclusiveness of the social system—ensuring tourism development benefits local communities and promotes cultural transmission and social harmony. These three aspects are interrelated; an imbalance in any one may threaten the sustainability of the entire system.

ANALYSIS OF THE CURRENT DEVELOPMENT STATUS OF SUSTAINABLE TOURISM IN DUNHUANG

3.1 Innovation in Heritage Conservation Concepts and Technologies

Dunhuang has shifted from traditional rescue restoration to preventive conservation in cultural heritage protection. The Dunhuang Academy has established a comprehensive monitoring and early warning system, deploying over 600 sensors in key caves to monitor microenvironmental parameters such as temperature, humidity, and CO_2 concentration in real-time. Based on this data, managers can scientifically determine the daily maximum carrying capacity of each cave and implement dynamic adjustments. In 2023, the Mogao Caves piloted an "Intelligent Cave Environment Control System," effectively mitigating disturbances to the cave microclimate from visitor respiration through precise control of ventilation and dehumidification equipment.

Digital conservation has achieved breakthrough progress. The "Digital Dunhuang" project has completed high-precision digital acquisition of over 290 caves, achieving permanent, high-fidelity recording of the cultural relics. The "Digital Cave for Preserving Buddhist Scriptures" launched in 2022 utilizes game engines and immersive technology to provide global users with an interactive historical experience, becoming an innovative model for the integration of digital technology and cultural heritage.

3.2 Optimization and Upgrading of Tourism Management Models

Faced with growing tourism demand, Dunhuang has implemented a strategy combining total volume control and refined management. The Mogao Caves fully implement a real-name online reservation system, strictly controlling the daily number of visitors within scientifically determined carrying capacity limits (currently about 6,000 persons/day). Simultaneously, measures like optimizing tour routes and staggering reservation times balance visitor flow across different periods. The construction and operation of the "Digital Exhibition Center" is a key measure for diverting pressure. Before entering the physical caves, visitors watch the 4K high-definition theme film “A Millennium of Mogao”and the world's first 8K resolution dome film “Dreamy Buddha Palaces”. This not only enriches the visitor's cognitive experience but also significantly reduces the time spent inside the caves (from an average of 7-8 minutes to under 5 minutes), effectively reducing anthropogenic impact.

3.3 Diversified Development of Tourism Products and Formats

Dunhuang is transitioning from a singular focus on sightseeing tourism towards one that equally values cultural experience and ecological education. The large-scale indoor situational experience drama “See Dunhuang Again”, since its premiere in 2016, has cumulatively staged over 2,300 performances, receiving more than 2 million visitors, successfully transforming static cave art into a dynamic immersive cultural experience.

Study tourism has become a new growth point. Brand projects like "Mogao School" design curriculum systems for students of different ages. In 2023, they received over 15,000 study tour participants, allowing students to deepen their understanding of cultural heritage value through hands-on activities like mural copying and restoration technique experiences. Furthermore, natural education products themed around "stargazing" and "desert ecology" are gradually enriching, initially forming a product system that integrates cultural and ecological education.

MAJOR PROBLEMS FACING SUSTAINABLE TOURISM IN DUNHUANG

4.1 Systematic and Complex Threats from Climate Change

Climate change is the most fundamental and complex threat facing Dunhuang's cultural heritage. Research data shows that temperatures in the Dunhuang region have risen by approximately 1.5°C over the past 50 years, with the frequency of extreme weather events significantly increasing. Exceptionally heavy rainfall in the summer of 2022 caused seepage in some open-air sites, while increasingly frequent severe sandstorms have exacerbated the abrasion of surface pigments on murals. These changes not only directly damage the cultural relics but also pose challenges to tourism facilities and visitor safety. More critically, the impacts of climate change are systematic and unpredictable. Temperature rise may alter humidity balance inside the caves, leading to increased salt efflorescence; changes in precipitation patterns may affect groundwater dynamics, thereby threatening the stability of the cliff face housing the caves. This multi-dimensional chain reaction makes traditional point-specific conservation measures difficult to cope with, necessitating the development of more resilient, holistic adaptation strategies.

4.2 Ongoing Tension Between Conservation Priority and Tourism Development

Despite implementing a series of control measures, pressure from tourist growth remains immense. In 2023, Dunhuang City received a total of over 13 million tourists, an 18% increase compared to pre-pandemic 2019. Even at the Mogao Caves, where visitor numbers are strictly controlled, reservation demand during peak seasons often exceeds the carrying capacity by over 30%. Such a supply-demand imbalance has given rise to market irregularities like "difficulty in securing reservations" and "scalped tickets," reflecting the institutional dilemma of how to fairly and reasonably meet the public's cultural needs while upholding the principle of conservation priority.Furthermore, introducing new formats to enrich visitor experience has brought new problems. The "Ten-Thousand Person Starlight Concert" held at night in the Singing Sand

Mountains and Crescent Moon Spring scenic area gained immense social media attention, but the potential impact of high-intensity human activity, lighting, and sound on the desert ecosystem and wildlife has raised expert concerns. This highlights the insufficient cumulative impact assessment on cultural heritage sites and natural ecosystems when innovating tourism products.

4.3 Singular Industrial Structure and Imperfect Community Participation Mechanisms

Tourism accounts for over 70% of Dunhuang City's GDP. This high dependence on a single industry makes the local economy vulnerable to risks. The impact of the three-year pandemic has fully exposed this structural risk. Although local governments are actively developing new energy industries like photovoltaics to achieve economic diversification, the tourism-dominated pattern is difficult to change in the short term.

Regarding community participation mechanisms, local residents are mostly engaged in low-end segments of the tourism value chain, primarily providing labor-intensive services like catering, accommodation, and transportation, while lacking voice in core areas such as tourism planning, product design, and profit distribution. Surveys indicate that over 60% of local tourism enterprises are controlled by external capital. A significant portion of tourism revenue flows out through channels like chain hotels and large travel agencies, leading to a high tourism leakage rate and limited community sharing of development benefits. This situation not only weakens the endogenous motivation of community residents to protect cultural heritage but may also intensify host-guest conflicts.

4.4 Institutional Barriers to Multi-Sectoral Collaborative Governance

The management of Dunhuang involves multiple departments including cultural relics, culture and tourism, forestry, environmental protection, and water resources, exhibiting obvious management fragmentation. Taking water resource management as an example, Dunhuang's average annual total water resources are approximately 380 million cubic meters, with ecological water demand accounting for 220 million cubic meters, leaving extremely limited water resources for socio-economic development. The water demand of the tourism industry (especially for high-end accommodations' swimming pools, landscaping irrigation, etc.) competes with agricultural irrigation and ecological water replenishment. However, the current segmented department management model makes it difficult to achieve optimal allocation and efficient use of water resources.

The imperfect heritage impact assessment system also exacerbates management difficulties. Although the “Dunhuang Mogao Caves Conservation Master Plan” requires assessment of construction projects potentially affecting heritage value, this requirement lacks legal enforce-ability, and the assessment scope is mostly limited to the heritage core area, providing insufficient constraints on development activities in buffer zones and broader regions. A tourist distribution center planned in 2023 sparked controversy due to potentially altering the historical landscape around the heritage site, exposing the limitations of the current management system.

COUNTERMEASURES AND SUGGESTIONS FOR PROMOTING SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT IN DUNHUANG

5.1 Build a Multi-Level Collaborative Governance Framework

5.1.1 Establish a High-Level Coordinating Mechanism.

It is recommended to establish a "Dunhuang World Cultural Heritage Conservation and Sustainable Development Committee" at the Gansu provincial level, led by provincial leadership, integrating relevant departments such as cultural relics, culture and tourism, development and reform, ecology, and water resources, and inviting participation from the Dunhuang Academy, representatives of international organizations, and community representatives. This committee

should be granted real authority for cross-departmental coordination, responsible for formulating a unified “Dunhuang World Cultural Heritage Site Sustainable Development Strategy” and overseeing its implementation.

5.1.2 Improve the Legal and Regulatory System.

Promote the formulation of implementation rules for the “Dunhuang Mogao Caves Conservation Management Regulations”, clarifying control requirements for construction activities within the heritage buffer zone and broader areas. Drawing on international experience, establish a mandatory cultural heritage impact assessment system, requiring all projects potentially affecting heritage value (including tourism facilities, transportation projects, energy development, etc.) to undergo independent, scientific assessment during the planning stage, with assessment results as a prerequisite for project approval.

5.2 Promote the Transformation of the Tourism Product System Towards Deep Experience

5.2.1 Implement a "Quality Over Quantity" Strategy.

While strictly enforcing total visitor control, focus on improving the quality and cultural depth of the tourist experience. Develop multi-level cultural products: on one hand, provide richer digital experiences and peripheral exhibitions for general tourists, such as expanding digital exhibition halls and developing AR guide applications; on the other hand, design small-scale, high-value-added deep experience products for cultural enthusiasts, such as "expert-led tours" and "cave art workshops," aiming to achieve economic returns by increasing per capita spending rather than increasing visitor numbers.

5.2.2 Create a Culture-Ecology Integrated Study Tourism System.

Integrate Dunhuang's historical culture with regional ecological knowledge to design serialized study courses. For example, develop a "Technology and Ecology on the Silk Road" themed course, guiding students to explore interdisciplinary topics such as the mineralogy of pigments in Dunhuang murals, the interaction between ancient water conservancy projects and oasis ecology. Collaborate with domestic and international educational institutions to establish Dunhuang as an important base for Silk Road research and ecological civilization education.

5.3 Strengthen Technological Support and Smart Management Capabilities

5.3.1 Build a "Digital Twin" Dunhuang.

Based on existing digital achievements, integrate IoT, big data, and AI technologies to construct a "digital twin" system covering the heritage site's physical environment, visitor flow, and infrastructure. This system can not only simulate and predict the state of the heritage site under different management strategies in real-time (e.g., the impact of different visitor flow plans on cave microenvironments) but also provide intelligent decision support for managers, enabling a shift from "experience-based management" to "data-driven management."

5.3.2 Develop Low-Carbon, Circular Tourism Infrastructure.

Formulate “Green Standards for Dunhuang Tourism Facilities”, mandating that new tourism facilities adopt water-saving, energy-saving, and renewable energy technologies. In ecologically sensitive areas like the Singing Sand Mountains and Crescent Moon Spring, pilot the construction of "zero-waste" tourism demonstration routes, minimizing and recycling tourism waste through smart waste classification and recycling systems. Promote the use of electric vehicles for internal scenic area transportation, aiming for 100% electrification of transportation within core scenic areas by 2027.

5.4 Improve Community Participation and Benefit-Sharing Mechanisms

5.4.1 Promote Community Tourism Cooperative Models.

Governments should provide startup funding and technical support, encouraging local residents to contribute resources such as housing, skills, and land as shares to establish community-

led tourism cooperatives. These cooperatives can focus on developing characteristic products, such as family mural copying experiences, traditional dye-making workshops, and native plant tours, allowing visitors to access more authentic and deeper local culture. Dunhuang's Crescent Moon Spring Town has made useful attempts in this regard. The "Singing Sand Mountain Community Tourism Cooperative" established in 2023 involved 127 households, achieving an average household income increase of 12,000 yuan in its first year.

5.4.2 Establish a System for Tourism Revenue to Feedback into Heritage Conservation and Community Development.

It is suggested to adjust the Mogao Caves ticket revenue distribution mechanism,clarifying that no less than 15% of ticket revenue be earmarked for heritage conservation research and buffer zone community development. Establish a "Dunhuang Cultural Heritage Conservation and Community Development Fund," which, in addition to ticket revenue, can accept corporate social responsibility donations and international aid. Funds should be used to support community environmental improvements, traditional craft transmission, and resident capacity-building projects.

5.5 Establish a Sound Monitoring, Evaluation, and Adaptive Management System

5.51 Construct a multi-dimensional sustainable tourism monitoring indicator system.

This system should encompass: (1) Heritage health indicators, such as the rate of mural deterioration development, cave microenvironment compliance rate; (2) Ecosystem indicators, such as groundwater level, vegetation coverage rate, solid waste recycling rate; (3) Socio-economic indicators, such as the proportion of community tourism income, visitor satisfaction, quality of tourism employment; (4) Management efficacy indicators, such as cross-departmental coordination efficiency, degree of policy goal achievement.

5.52 Implement an annual sustainable development assessment and reporting system.

Commission independent third-party institutions to conduct annual assessments of Dunhuang's sustainable tourism status based on monitoring indicators and publicly release the “Dunhuang World Cultural Heritage Site Sustainable Tourism Development Report”. The assessment results should not only be used to measure progress and identify problems but should also serve as the basis for adjusting management strategies and allocating resources, forming an adaptive management closed loop of "monitoring-evaluation-learning-adjustment."

CONCLUSION

The realization of sustainable tourism at the Dunhuang World Cultural Heritage Site is a complex and dynamic systemic endeavor. The analysis in this paper demonstrates that Dunhuang has made significant progress in enhancing conservation philosophies, innovating management technologies, and diversifying products and formats, preliminarily establishing a framework that balances preventive conservation with reasonable utilization. However, external pressures from climate change, internal tensions between conservation and development, systemic risks stemming from a singular industrial structure, and institutional and mechanistic barriers to multi-sectoral collaboration remain profound challenges hindering its sustainable development.

Addressing these challenges requires moving beyond traditional, problem-oriented 单一措施 and adopting a holistic governance approach grounded in the cultural-ecological system theory. The five strategies proposed in this paper—a collaborative governance framework, in-depth transformation of products, technological and intelligent empowerment, community benefit-sharing, and an adaptive management system—constitute a mutually supportive and reinforcing systemic solution. The key to their implementation lies in breaking down departmental barriers to establish truly effective cross-sectoral collaboration mechanisms; shifting the development logic from pursuing growth in tourist numbers to enhancing experiential quality and comprehensive

value; and reshaping power-responsibility relationships to transform local communities from passive observers into active participants and beneficiaries of tourism development.

Looking ahead, Dunhuang’s exploration of sustainable tourism is not only vital for the preservation of this precious cultural heritage site but will also provide significant insights for thousands of World Heritage sites globally facing similar challenges. Through continuous institutional innovation, technological advancement, and community co-creation, Dunhuang has the potential to transform from a "World Heritage site under threat" into a "global exemplar of sustainable development," contributing unique Chinese wisdom and practical solutions to the delicate balance between World Heritage conservation and utilization.

TABIIY FANLARNI O‘QITISHDA EKOLOGIK TA’LIMGA OID KOMPETENSIYALARNI RIVOJLANTIRISHNING INTEGRALLASHGAN METODIKALARI

Rustamov G‘iyos Sadridinovich,
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti Ekologik ta’lim va targ‘ibot bo‘limi boshlig‘i, t.f.f.d.,
Xamrokulova Shaxnoza Erkinovna,
O’zbekiston Milliy universiteti “Pedagogik ta’lim” kafedrasi katta o‘qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqola tabiiy fanlarni o‘qitishda o‘quvchilarning ekologik kompetensiyalarini rivojlantirishning integrallashgan metodik tizimini nazariy asoslash va amaliy sinovdan o‘tkazishga bag‘ishlangan bo‘lib, unda bugungi kunning global muammosi ekologiya va iqlim o‘zgarishi sharoitida yoshlarda ekologik ong, madaniyat va mas’uliyat hissini shakllantirish zaruriyati asoslangan. Ekologik kompetensiyalar (kognitiv, faoliyatli, qadriyatli, kommunikativ) mohiyati tahlil qilinib, ularni rivojlantirishda zamonaviy raqamli texnologiyalar va metodik-dasturiy ta’minotning (mobil ilovalar va platformalar) ahamiyati, xalqaro tajriba (P. Brereton, G. Lantier va boshqalar) misolida ifodalangan. Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan innovatsion metodik tizimning samaradorligi O‘zbekistonning Samarqand, Farg‘ona viloyatlari va Toshkent shahrida 728 nafar o‘quvchi ishtirokida o‘tkazilgan pedagogik tajriba-sinov ishlari natijalari bilan tasdiqlanadi. Olingan statistik natijalar metodikaning samaradorlik koeffitsiyenti birdan yuqori (η=1,14) ekanligini ko‘rsatadi. Bu esa, o‘z navbatida, tajriba guruhida ekologik kompetensiyalarning sezilarli darajada yaxshilanganligini ilmiy jihatdan isbotlaydi.

Kalit so‘zlar: ekologik ta’lim, tabiiy fanlarni o‘qitish usullari, uslubiy ta’minot, 4K ko‘nikmalari, integrallashgan yondashuv

Annotation: This article is devoted to the theoretical substantiation and practical testing of an integrated methodological system for the development of students’ environmental competencies in teaching natural sciences, which is based on the need to form ecological awareness, culture and a sense of responsibility among young people in the context of global issues of ecology and climate change. The essence of ecological competencies (cognitive, active, value, communicative) is analyzed, the importance of modern digital technologies and methodological software (mobile applications and platforms) in their development is illustrated by the example of international experience (P. Brereton, G. Lantier, etc.). The effectiveness of the innovative methodological system developed within the framework of the study is confirmed by the results of pedagogical pilot-testing work conducted with the participation of 728 students in the Samarkand, Fergana regions of Uzbekistan and the city of Tashkent. The obtained statistical results show that the efficiency coefficient of the methodology is higher than one (η=1,14). This, in turn, scientifically proves that environmental competencies in the experimental group have significantly improved.

Keywords: environmental education, natural science teaching methods, methodological support, 4K skills, integrated approach

Аннотация: Данная статья посвящена теоретическому обоснованию и практическому тестированию интегрированной методической системы развития экологических компетенций учащихся в преподавании естественных наук, основанной на необходимости формирования экологического сознания, культуры и чувства ответственности у молодежи в контексте современной глобальной проблемы экологии и изменения климата. Анализируется сущность экологических компетенций (познавательная, активная, ценностная, коммуникативная), на примере международного опыта (П. Бреретон, Г. Лантьеи др.) иллюстрируется важность современных цифровых технологий и методического программного обеспечения (мобильные приложения и платформы) в их развитии. Эффективность инновационной методической системы, разработанной в рамках исследования, подтверждается результатами педагогического пилотного тестирования, проведенного с участием 728 учащихся в Самаркандской, Ферганской областях Узбекистана и городе Ташкенте. Полученные статистические результаты показывают, что коэффициент эффективности методологии выше единицы (η=1,14). Это, в свою очередь, научно доказывает значительное улучшение экологических компетенций в экспериментальной группе.

Ключевые слова: экологическое образование, методы преподавания естественных наук, методическая поддержка, навыки 4К, интегрированный подход.

KIRISH

Jahonda atrof-muhitga oqilona munosabatda bo‘lish, ekogumanitar ta’lim paradigmasi, tabiatga bo‘lgan antropogen ta’sirlarning oldini olish negizida yoshlarda ekologik mas’uliyat hissini shakllantirish muhim ahamiyat kasb etib, yangi texnologiyalarni tabiatni muhofaza qilish tadbirlariga joriy etish implementatsiyasi bilan baholanmoqda. XXI asrning dolzarb muammosi ekologiya va iqlim o‘zgarishini o‘rganish borasida dunyoning barcha davlatlarida BMT Bosh Assambleyasining “Barqaror rivojlanish” sammitida qabul qilingan rezolyutsiyasiga muvofiq 2030-yilgacha bo‘lgan davrda global barqaror muhitni rivojlantirish ko‘lamini tobora kengaytirib borish bo‘yicha qator chora tadbirlar amalga oshirilmoqda.

Dunyoda tabiatdan ongli ravishda foydalanish, tabiatga mehr-muhabbat uyg‘otish hamda transditsiplinar yondashuv asosida tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik mavzularni samarali integratsiya qilish zaruriyatini ko‘rsatmoqda. Bu esa, ekologik ta’lim yordamida tabiatda sodir bo‘layotgan vaziyatlarni adekvat baholay oladigan, global va mintaqaviy ekologik muammolarni yaxlit qabul qiladigan, ular zamirida to‘g‘ri qaror qabul qila oladigan, ekologik muammolar yechimini topishga tayyor, ekologik bilimlarini maqsadli va manzilli qo‘llay oladigan mutaxassislarni tayyorlashga alohida e’tibor qaratish zarurligini ko‘rsatmoqda. Shu bilan birgalikda tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik kompetentlikni shakllantirish, ekologik muammolar va ularni hal qilish yo‘llari, o‘quvchilarda ekologik muammolarni tahlil qilish va amaliy yechimlar ishlab chiqishga yo‘naltirishga doir tizimli tadqiqotlar olib borilmoqda.

Mamlakatimizda aholining ekologik hayoti sifatini yaxshilash ijtimoiy-iqtisodiy jarayonning ajralmas qismi sifatida qaralmoqda va atrof-muhitni obodonlashtirish, suv tanqisligining oldini olish, aholi salomatligi va genofondini asrash, global va mintaqaviy ekologik muammolar, yangi ekologik xavf-xatarlarning oldini olishga katta e’tibor qaratilmoqda. Yoshlarning ekologik ongi va tafakkurini o‘stirishga qaratilgan “Aholining ekologik madaniyatini oshirish, yosh avlod qalbida ona tabiatga mehr-muhabbat, unga daxldorlik hissini tarbiyalash” ustuvor vazifalar sifatida belgilanishi ta’lim-tarbiya ishlarida yanada samarali mexanizmlar qo‘llash zaruriyatini taqozo etadi. Ekologik muammolarning global xarakter kasb etishi texnologiyalarning jadal rivojlanishini hisobga olgan holda tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik

ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirishga qaratilgan integratsiyalashgan metodlarni joriy etish vazifasini qo‘yadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqotchilar fikrlarini umumlashtirgan holda aytishimiz mumkinki, ekologik kompetensiyalar – bu insonning atrof-muhitni muhofaza qilish va undan foydalanish bilan bog‘liq bilim, ko‘nikma va qadriyatlar majmuasini o‘z ichiga olgan, ekologik muammolarni yechishga bo‘lgan munosabatini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi. Ekologik kompetensiyalar – ekologik bilimlar, tanqidiy va tizimli fikrlash, amaliyotga yo‘naltirilgan ko‘nikmalar va qadriyatlar va ma’suliyat hissi orqali rivojlantiriladi. Olib borilgan ilmiy nazariy tadqiqotlarga tayanib aytishimiz mukinki, ekologik kompetensiyalarni kognitiv (ekologik voqelikka oid bilimlar), faoliyatli (ekologik bilimlarni amalda qo‘llay olish), qadriyatli (tabiatga nisbatan axloqiy munosabatni shakllantirish), kommunikativ (ekologik bilimlarni targ‘ib qilish) kabi guruhga ajratishimiz mumkin. Ekologik kompetentlik haqida fikr yuritilganda K. Klakxonning nuqtai-nazarini keltirib o‘tish joiz. Tadqiqotchi fikricha istalgan madaniyatning asosi g‘oya va, ayniqsa, qadriyatlar hisoblanadi. Shuningdek, “inson ekologiyasi”ni ham unutmasligimiz lozim. B. Proxorov, B. Ziyomuhammedov tadqiqotlarida atrof muhit va insonning aloqadorligini, yer yuzida yashaydigan barcha insonlar tabiatga u yoki bu darajada ta’sir ko‘rsatishini hamda ekologik ta’lim va tarbiya inson ongiga yoshlikdan singdirilishi ta’kidlanadi. Ekologik ta’lim masalalari yurtimiz qator olimlari tomonidan tadqiq qilingan, biroq so‘nggi yillarda ekologik ta’limga oid kompetensiyalarini rivojlantirish muammolari zamonaviy texnologiyalar imkoniyatlari asosida kompleks tadqiq qilinmagan.

Dunyo miqyosida hozirgi kunda transditsiplinar yondashuv asosida tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik mavzularni samarali integratsiya qilish tizimini yo‘lga qo‘yishga ahamiyat qaratilmoqda. Sayyoramizning har bir fuqarosiga daxldorlik hissini yuklab kelayotgan ekologik muammolar hozirgi kunda inson-tabiat munosabatlarini tartibga solishda, avvalo, ekologik ta’limga ahamiyat berish zarurligini taqozo etadi. Hozirgi zamonaviy raqamli texnologiyalar hamda media resurslarining takomillashib borishi, sun’iy intelektdan foydalanish imkoniyatlarining ortishi metodik-dasturiy ta’minot asosida ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni integrativ metodlar asosida kompleks tadqiq etilishiga sharoit yaratadi.

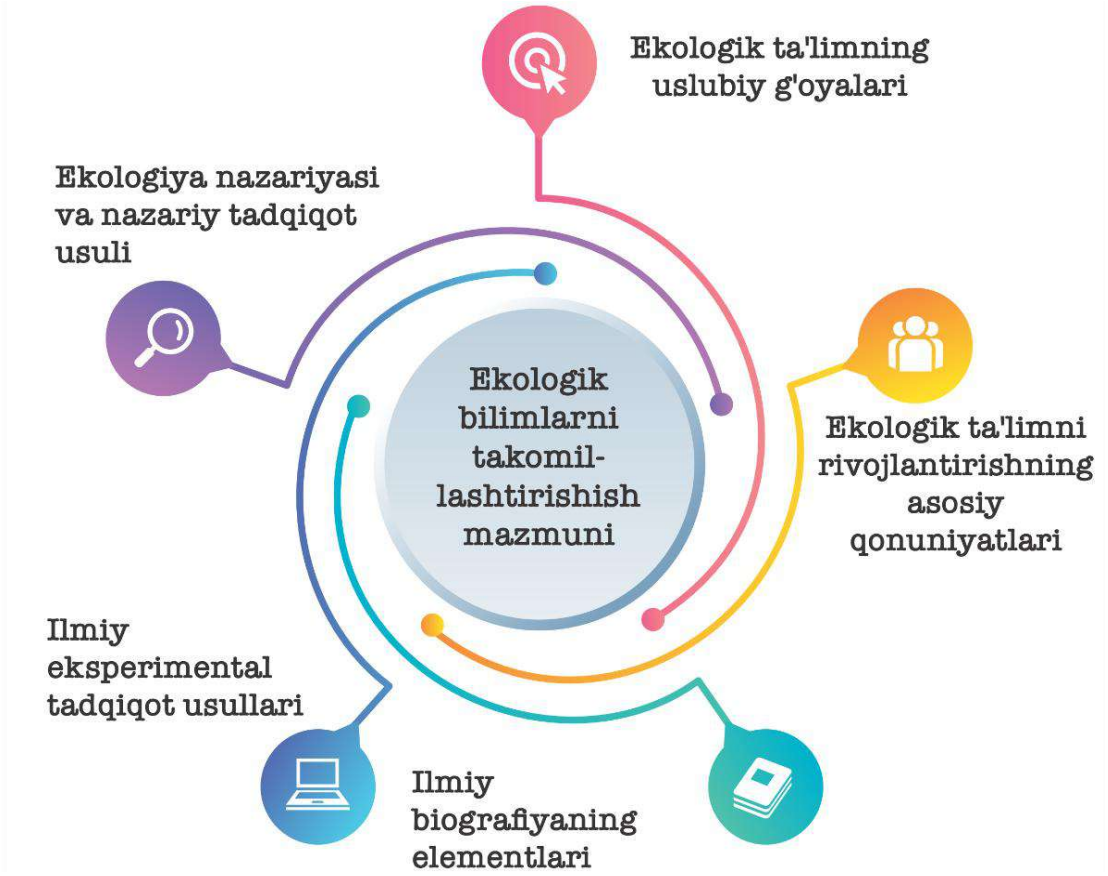
G‘arbda ekologik ta’limning estetik konstruksiyalash va konnektivlash, vizual uyg‘unlik va dizayn, emotsional ta’sir va motivatsiyalash asosida raqamli texnologiyalar muhitida rivojlantirishga oid qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, Irland professori P. Brereton raqamli platfolarni global muammolarni yechishda yangi estetik imkoniyatlar deb qaraydi. Ekologik ta’lim jarayonida biror harakatga erishish uchun irodani uyg‘otuvchi, atrof-muhitni idrok etishga katta ta’sir ko‘rsatuvchi muhit deya ta’kidlaydi. U ekologik muammoli mavzular bo‘yicha ilmiy-tanqidiy fikrlashni rivojlantirishda dasturiy ta’minot vositalarini taklif qiladi. O‘sib borayotgan kuch va media formatlari ta’sirini o‘rganish, raqamli stimullarning samaradorligini aniqlash va ekologik ta’limning yangi usul va vositalarini kashf etishda olimning fikrlari juda o‘rinlidir.

M.G. Chelala yoshlarning manfaatlariga mos keladigan zamonaviy kommunikativ modellar kabi ta’sirchan strategiyalar orqali ekologik kompetensiyalar, ekologik ong va atrof-muhitga oid tasavvurni kengaytirishga xizmat qiladi deb hisoblaydi. M. Xalif raqamli texnologiyalar xabardorlikni oshirish, kognitiv, refleksiv va akseologik jihatdan ta’sir ko‘rsatadi, ekologik muammolarni ommaga olib chiqishda oflayn va onlayn dasturiy ta’minotning ahamiyatini ijobiy baholaydi. D. Uollas va A. Bodzin, G. Lantiyer, M. Karmen, K. Sanchezlar fikricha raqamli platformalar ekologik tafakkur va dunyoqarashni oshirishda maktab ta’limi bilan cheklanib qolmagan o‘zaro ta’sir vositasini yuzaga keltiradi, yoshlarning hayotida muhim infratuzilma yoki avtonom ta’lim muhiti vazifasini bajaradi. Yuqorida nomlari zikr etilgan olimlar fikr-

mulohazalariga tayangan holda, raqamli ta’lim platformalarini integrativ metodik tizim sifatida avtonom ta’lim va o‘zaro ta’sirni rag‘batlantiruvchi muhit, shuningdek, yoshlarni atrof-muhitni asrashga odatlantirishda muhim pedagogik shart-sharoit sifatida baholash imkoni mavjud.

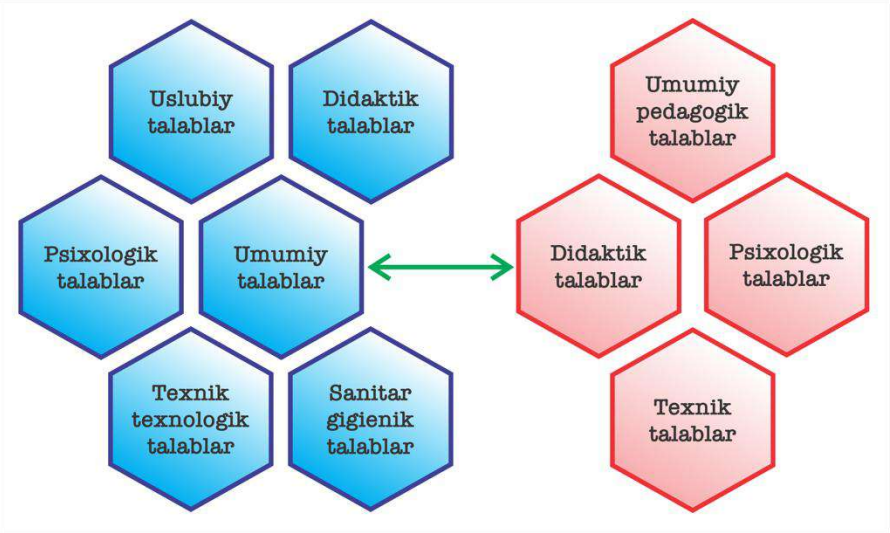
Bugungi kunda raqamli metodik ta’minot nafaqat texnologiya sifatida, balki ijtimoiy hodisa sifatida ham rivojlanmoqda. Yuqorida keltirilgan tadqiqotchilar fikr-mulohazalariga qo‘shilgan holda aytishimiz mumkinki, ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni raqamli muhitda integrallashgan metodik ta’minot asosida rivojlantirish kundan-kunga dolzarblashib dunyo miqyosida yechim kutayotgan ekologik muammolarga yangi rakursdan qarash imkonini beradi. Fikrimizcha, ta’lim jarayonida metodik-dasturiy ta’minotning qatnashuvi, interfaollik, qulaylik va samaradorlikni ta’minlaydi va ma’lumotlarni yig‘ish, raqamli muhitda ishtirokchilarni to‘plash, jamlash kabi funksiyalarni bajaradi. Ayrim tadqiqotchilar dasturiy ta’minotni hayotga shiddat bilan aralashuvchi intervensiya sifatida ham talqin qiladilar. Ekologik ta’lim mazmunini an’anaviy takomillashtiruvchi manbalardan dasturiy ta’minotning farqini ham aytib o‘tishimiz joiz. Demak, interfaollik va ishtirok etish, so‘nggi ma’lumotlardan foydalana olish, ogohlik va hamkorlikni oshirish, individuallashtirilgan va masofaviy ta’lim imkoniyatlarini hisobga olgan holda metodik-dasturiy ta’minot – ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirishda nafaqat estetik, balki zamonaviy imkoniyatlarni o‘zida jamlagan ta’lim muhiti vazifasini bajarar ekan. Yurtimizda hozirda ekologik muammolarga ijodiy yondashuvni qo‘llab-quvvatlaydigan, ta’sirchan mexanizmlarni namoyish etuvchi resurslarni son va sifat jihatdan takomillashtirishga ehtiyoj juda katta.

Tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni an’anaviy takomillashtirishdan farqli o‘laroq metodik-dasturiy ta’minot vositalari ekologik bilim, ko‘nikma va malakalarni rivojlantirishda interfaol, samarali, va moslashuvchan qilib, o‘quv jarayonini yanada qiziqarli, mazmunan boy bo‘lishida yordam beradi. Shuningdek, metodik-dasturiy ta’minot ekologik kompetensiyalarni takomillashtirishda konvergensiya – ya’ni bir tarmoqda yaqinlashtirish, jipslashtirish funksiyasini bajaradi. Quyida ekologik tarbiyani an’anaviy takomillashtirish mazmuni ko‘rsatib o‘tilgan (1-rasm).



1-rasm. Ekologik bilimlarni takomillashtirish mazmuni

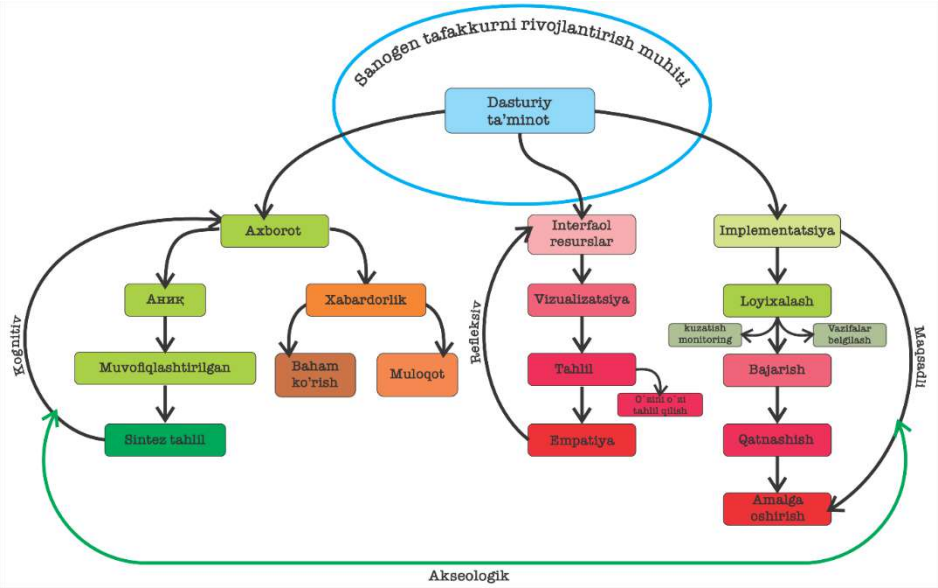
Shuningdek, ekologik tarbiya mexanizmlarini metodik-dasturiy ta’minot asosida takomillashtirishga qo‘yiladigan talablar tahlil qilindi. O.D. Rahimovning elektron ta’lim resurslarini yaratishga oid qo‘ygan 6 ta talab va yondashuvlaridan kelib chiqib 4 ta guruhga bo‘lindi. Quyida 2-rasmda elektron ta’lim resurslarini yaratishga oid talab va yondashuvlardan kelib chiqib, ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni metodik-dasturiy ta’minot orqali takomillashtirish talablari tahlil qilingan (2-rasm). Metodik-dasturiy ta’minot ta’lim jarayonini samarali tashkil etish va qo‘llab-quvvatlashga yo‘naltirilgan pedagogik, funksionallik, ilmiylik, interfaollik, qulay unterfeys va oson foydalanish, adaptivlik kabi jihatlarini umumlashtirgan holda 2-rasmda ko‘rsatib o‘tildi.



2-rasm. Ekologik ta’limni metodik-dasturiy ta’minot asosida ta’minlashga quyilayotgan zamonaviy talablar

Pedagogik shartlarning mohiyatini aniqlash va loyihalash bo‘yicha ilmiy pozitsiyalarni va tadqiqotimiz mavzusining o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda metodik-dasturiy ta‘minot pedagogik tizimning tarkibiy qismlaridan biri sifatida ko‘rib chiqiladi. Ushbu komponent o‘quv materialining umumiyligini aks ettiradi-pedagogik tizimning shaxsiy va protsessual jihatlariga ta’sir qiluvchi muhit, uning samarali ishlashi va rivojlanishini ta’minlaydi.

Ta’lim-tarbiya jarayonlarida dasturiy ta’minot vositalari ta’sirchan yechimlar kabi yoshlarning turmush tarzi va muloqot usullarini qamrab olish kerak, media platformalar va metodik-dasturiy ta’minotning uzluksiz tarqalishi, g‘oyalarni yaratish va ommalashishiga yordam beradi va ta’sirchan malakani namoyish etadi. Shu o‘rinda 2018-yilda Goulet Lantiyer tomonidan o‘tkazilgan dasturiy ta’minot platformalarining ta’sir sxemasini aniqlash tadqiqotlarini aytib o‘tish joiz. Ta’sir sxemasini foydalanuvchilarning ma’lumotlardan xabardor bo‘lish va boshqalar bilan baham ko‘rishiga urg‘u bergan holatda baholaganlar. Qator olimlar raqamli texnologiyalar va dasturiy ta’minot vositalarini yoshlarning shaxsiy xayotida muhim infrastruktura vazifasini bajaradi deb hisoblaydilar. Shuningdek, ispan tadqiqotchilari Mariya Karmen va Kristina Sanchezlarning dasturiy ta’minotni avtonom ta’lim va o‘zaro ta’sirni rag‘batlantiruvchi o‘quv muhiti degan fikrlarini qo‘llab-quvvatlashimiz mukin. Quyida dasturiy ta’minotning kognitiv, refleksiv, maqsadli, akseologik tahliliy ta’sir sxemasi yoritildi.



3-rasm. Ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirishda dasturiy ta’minotning ta’sir sxemasi

Ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirishda zamonaviy pedagogik texnologiyalarni joriy etishni xalqaro tajribalarga asoslanib takomillashtirib borish; tezkor va sifatli axborot resurslariga ega bo‘lish; axborot – kommunikatsion tarmoqlar tizimida ekologik ta’limni mazmunini oshirishga xizmat qiluvchi ma’lumot bazalarini yaratish va rivojlantirish; ta’lim muassasalarida nazariy bilimlarni amaliyotda qo‘llashga xizmat qiladigan platforma kontentlarini son va sifat jihatdan rivojlantirish; o‘quvchilarning individual xususiyatlaridan kelib chiqib ekologik ijodkorlikka yo‘naltirish; ekologik mustaqil bilim olish va o‘z ustida ishlash va o‘zini o‘zi tahlil qilishga yo‘naltirish muhim bo‘lib hisoblanadi.

Quyida ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirish modeli keltirilgan. Modelda ekologik kompetensiya mazmunini tanlashda ikkita asosiy yondashuvga asoslandik. Mavzuga oid yondashuv ma’lum bir o‘quv predmeti bo‘yicha kompetensiyaning namoyon bo‘lishini topishni, ushbu fanning tegishli kompetensiyani (bilimlar, qobiliyatlar, ko‘nikmalar va faoliyat usullari) shakllantirishga qo‘shgan hissasini aniqlashtirishni o‘z ichiga oladi. Shubhasiz, ushbu protsedura kompetensiyaga asoslangan yondashuvning innovatsion imkoniyatlarini sezilarli darajada toraytiradi, chunki u faqat an’anaviy ta’lim mazmunini qayta qurish va kam miqdorda integratsiyalashuviga olib keladi.

Umumiy o‘rta ta’limdagi ekologik ta’lim mazmunini loyihalash va amalga oshirishda ta’lim davlat standarti talablarini hisobga olish zarur, bunda ayrim fanlar (tabiatshunoslik, tabiiy fanlar, biologiya, kimyo, fizika, geografiya, texnologiya, tarix, ijtimoiy fanlar) ekologik kompetensiyaning individual tarkibiy qismlari: maqsadlar, mazmun, kognitiv va amaliy faoliyat tajribasini shakllantirish zaruratini anglatadi. Motivatsion komponent atrof-muhitni muhofaza qilish faoliyatini amalga oshirishni rag‘batlantiradigan manfaatlar, ehtiyojlarning kombinatsiyasini o‘z ichiga oladi: xavfsizlik ehtiyojlari (barcha tirik mavjudotlar mavjudligi uchun qulay sharoitlar, o‘z hayoti va sog‘lig‘ini saqlash); kognitiv ehtiyojlar (o‘z faoliyatini tabiiy jarayonlarga uyg‘un ravishda kiritish uchun tabiatni bilish); estetik ehtiyojlar (tabiat bilan ma’naviy aloqa o‘rnatish, atrofdagi dunyoning go‘zalligini ko‘rish amalda uni saqlash va himoya qilish istagi); dunyoqarash ehtiyojlari (odamning dunyodagi o‘rni va maqsadini, o‘z hayotining ma’nosini tushunish va shunga muvofiq o‘z faoliyatini qurish istagi); o‘z-o‘zini namoyon qilish va ichki salohiyatini, shu jumladan ekologik faoliyat, ekologik ta’lim orqali amalga oshirish zarurati. Kognitiv komponent ekologik bilimlar tizimini (ilmiy, dunyoqarash, tartibga solish,

amaliy), ekologik faoliyat uchun indikativ asos bo‘lib xizmat qiladigan fikrlash usullarini shakllantirishni o‘z ichiga oladi.

Modelda dasturiy ta’minot 4K ko‘nikmalarini shakllantirish uchun rivojlanish muhiti va zamonaviy ta’limning asosiy tarkibiy qismi sifatida qaralgan. Bunday texnologiyalar nafaqat ekologik ta’limni yaxshilaydi, balki XXI asrda muvaffaqiyatli yashash va ishlash uchun zarur bo‘lgan muhim kompetentsiyalarni ham rivojlantiradi

Ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirishning pedagogik-dasturiy implementatsiyasi ekologik tarbiya g’oyalarini metodik-dasturiy ta’minot asosida takomillashtirish, amalga oshirish, tadbiq etishni bildiradi.

Implementatsiya (ingliz tilida: “to implement”) – hayotga tadbiq etish, joriy etish, amalga oshirish ma’nosini bildiradi. Filologik nuqtai-nazardan amalga oshirish, bajarish, to‘ldirish, maqsadga muvofiqlashtirish so‘zlariga mos keladi. Informatika va IT sohalarida biror bir g‘oyani amalga oshirishda dasturiy kod va algoritmlarni amalda qo‘llashga to‘g‘ri keladi. BMT Bosh Assambleyasi va xalqaro konvensiyalar ta’rifiga ko‘ra, “implementatsiya – muvofiq amalga oshirish, ya’ni muayyan vositalar orqali bajarish va amaliy natijalarni ta’minlash” ma’nosini bildiradi. R. Melnichenko implementatsiyani avtomatik shaklda ma’lumotlarni qabul qilish, amalga oshirish, ekanligini ta’kidlaydi. Ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni metodik-dasturiy ta’minot orqali implementatsiyasiga ikki xil yondashish mumkin. Birinchi yondashuv – metodik-dasturiy ta’minotdan foydalanish jarayonida bilimlarni o‘zlashtirish orqali; ikkinchi yondashuv-metodik-dasturiy ta’minotdan foydalanish jarayonida biror bir mashg‘ulotni bajarish orqali.

NATIJALAR VA MUHOKAMA:

O‘quvchilarda ekologik kompetensiyalar, ekologik madaniyatni rivojlantirish va takomillashtirish yuzasidan tajriba-sinov ishlarini olib borish obyektlari sifatida Samarqand viloyati, Farg‘ona viloyati va Toshkent shahridan maktablar tanlab olindi. Ushbu ta’lim yo‘nalishlarida 2020–2021, 2021–2022, 2022–2023-o‘quv yillarida pedagogik tajriba-sinov ishlari olib borildi. Belgilangan maqsadga muvofiq quyidagi vazifalar ijobiy hal etildi:

1. Umumta’lim maktablarida ta’lim mazmunini ifodalovchi o‘quv-me’yoriy hujjatlarni (DTS, o‘quv reja,) tahlil qilish asosida ta’lim jarayonida o‘quvchilarda ekologik kompetensiyalar, ekologik madaniyatni shakllantirish bo‘yicha nazariy ma’lumotlarni o‘rganish va umumlashtirish;
2. O‘quvchilarda ekologik tarbiya, ekologik madaniyatni shakllanganlik darajasini aniqlash;
3. Tabiiy fanlarni o‘qitish davomida vaziyatli topshiriqlar, keyslar yordamida o‘quvchilarda ekologik kompetensiyalar, ekologik madaniyatni rivojlanishining mavjud holatini o‘rganish.

Tajriba-sinov ishlari quyidagi uch bosqichda amalga oshirildi: **Ta’kidlovchi tajriba bosqichi** (2020–2021-yillar)da o‘quvchilarda ekologik kompetensiyalar, ekologik madaniyatni shakllanganlik darajasining mavjud holatini aniqlashga mo‘ljallangan pedagogik faoliyat tashkil etildi, o‘quv faoliyatini pedagogik kuzatish, suhbat, anketa so‘rovlari, umumkasbiy fanlar bo‘yicha olgan ballarini tahlil qilish, nazorat kabi usullardan foydalanildi; **Shakllantiruvchi tajriba bosqichi** (2021–2022-o‘quv yilida) ishlab chiqilgan va amaliyot uchun tavsiya etilgan ko‘rsatma, yo‘riqnoma va metodik ishlanmalar asosida amaliy metodik faoliyat tashkil etildi. Tadqiqot davomida o‘qituvchi va o‘quvchi o‘zaro hamkorligini yuzaga keltiruvchi “Krossens”, “Mental karta”, “Muammoli o‘qitish”, “Aqliy hujum”, “Modulli ta’lim” va boshqa shu kabi metodlarga asoslangan mashg‘ulotlar tashkil etildi; **Yakunlovchi tajriba bosqichi** (2022–2023-o‘quv yili)da tajriba va nazorat guruhlarida ishlab chiqilgan metodik tizimdan foydalanishga oid metodikaning samaradorligi, hamda, o‘quvchilarda ekologik kompetensiyalar, ekologik madaniyatni shakllanganlik darajasi aniqlandi.

Mashg‘ulotlarda yangi mavzuni tushuntirishda taqdimot materiallarini namoyish qilish, axborot texnologiyalarining mavzuga oid eng so‘nggi yutuqlari bilan tanishtirish, muammoli vaziyatlarni yuzaga keltirish, o‘quvchilar o‘rtasida munozara uyushtirish va ularning fikr-

mulohazalari bilan o‘rtoqlashish kabi shakllarda, o‘quvchilarning ekologik madaniyatini shakllantirish va rivojlantirish maqsadlarida olib borildi.

1-jadval.

Pedagogik tajriba-sinovda qatnashgan o‘quvchilar soni

Guruhlar	Jami o‘quvchi soni	O‘quv yillari		
		2020–2021-o‘quv yili	2021–2022-o‘quv yili	2022–2023-o‘quv yili
Tajriba	372 ta	116 ta	126 ta	130 ta
Nazorat	356 ta	108 ta	114 ta	134 ta
Jami:	728 ta	224 ta	240 ta	264 ta

Tanlangan tajriba va nazorat guruhlari muallif tomonidan ishlab chiqilgan mobil ilova va platforma orqali ekologik kompetentlikni shakllantirish metodikasi bo‘yicha o‘qitildi. Tajriba-sinov ishlarining barcha bosqichlarida tajriba va nazorat guruhi o‘quvchilarida ekologik kompetensiyalarni shakllanganlik darajasi tabiiy fanlarga oid test va misollar, ekologiyaga doir anketa so‘rovlari, munozaralar asosida o‘rganib borildi hamda tabiiy fanlar bo‘yicha bilim darajasi aniqlandi (2-jadval).

2-jadval

Tanlangan o‘rta ta’lim maktablarida o‘tkazilgan tajriba-sinov ishlari tahlilining umumiy natijasi

	Tajriba guruhi $N_T = 372$				Nazorat guruhi $N_H = 356$			
Baho qiymati	5	4	3	2	5	4	3	2
Mos baholar soni	128	186	46	12	62	120	168	6
Baholarning o‘rta arifmetik qiymati	X^*_T=4,06				X^*_N= 3,58			
Samaradorlik koeffitsienti	$\eta = X^*_T / X^*_N$=1,14							

1. Tajriba va nazorat guruhlarining o‘zlashtirishlarini taqqoslash maqsadida guruhlarda o‘zlashtirish bahosining o‘rta arifmetik qiymatini hisoblash $X^* = \frac{\sum x_i m_j}{N}$ formulasi.

Bu yerda: x_i – baho qiymati bo‘lib, u 2,3,4,5 qiymatlarini olishi mumkin; m_j – mos baholarning takrorlanish soni; N – tajribada ishtirok yetayotgan o‘quvchilar soni.

2. O‘quvchilarning ekologik madaniyatini shakllantirishga mo‘ljallangan innovatsion metodik tizim samaradorligini baholovshi tajriba va nazorat guruhlari baholarining o‘rta arifmetik qiymatlari nisbati $\eta = \frac{X^*_T}{X^*_H}$ samaradorlik koeffitsiyenti.

Bu yerda, X^*_T – tajriba guruhidagi, X^*_H – esa nazorat guruhida o‘zlashtirish baholarining o‘rta arifmetik qiymati.

O‘rtacha qiymatlar muvofiqligi to‘g‘risidagi $H_0 : a_1 = a_2$ farazni muqobil faraz $H_1 : a_1 \neq a_2$ ga nisbatan tekshirish uchun talabaning ikkilanlamali statistikasini qo‘llaymiz:

$$T_{m,н} = \frac{\left|X^*_T - X^*_H\right|}{\sqrt{\frac{S^2_T}{N_T} + \frac{S^2_H}{N_H}}} = \frac{0,5}{\sqrt{\frac{0,56}{356} + \frac{0,61}{372}}} = 8,33.$$

95% lik me’yorlangan taqsimot kritik nuqtasi $t_{кр} = 1{,}96$ ga teng. Biz olgan natijalar bo‘yicha 1,96<$T_{t,n}$=8,33 bo‘lganligi sababli $H_0 : a_1 = a_2$ faraz inkor etiladi va 95% ishonchlilik ehtimoli bilan $H_1 : a_1 \neq a_2$ qabul qilinadi. Bu esa o‘z navbatida, tajriba va nazorat guruhlari uchun ekologik tarbiya ko‘nikmalarini shakllantirish va takomillashtirishga xizmat qiluvchi metodikaning farqli natija ko‘rsatganligini qayd etib, ishlab chiqilgan metodik tizimning samaradorligini tasdiqlaydi.

Shunday qilib, olingan o‘zlashtirish samaradorligi birdan kattaligini (η=1,14>1) ko‘rish mumkin. Bundan ma’lum bo‘ldiki, tajriba guruhi o‘quvchilarining ekologik kompetensiyalarni o‘zlashtirishi darajasi nazorat guruhi o‘quvchilarining darajasidan yuqori ekan. Demak, tajriba guruhlaridagi o‘quvchilarning o‘quvchilarning ekologik kompetensiyalarni rivojlantirish va takomillashtirishda innovatsion metodik tizimdan foydalanish yaxshi natija berishi tajriba-sinov ishlari natijalari orqali o‘z isbotini topdi.

XULOSA

Umuman olganda, tabiiy fanlarni o‘qitish jarayonida integrallashgan metodik ta’minotni joriy etish, o‘quvchilarda nafaqat ekologik bilim va ko‘nikmalarni, balki XXI asr uchun zarur bo‘lgan 4K ko‘nikmalarini (kreativlik, kommunikatsiya, kollaboratsiya, tanqidiy fikrlash) ham rivojlantirish uchun qulay shart-sharoit yaratadi. Tajriba-sinov jarayonida ishlab chiqilgan platforma hamda pedagogik metodlarga asoslangan tizim o‘quvchilarning ekologik kompetensiyalarini sezilarli darajada oshirishga xizmat qiladi. Tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirishda innovatsion metodik tizimdan foydalanish yaxshi natija berishi o‘z isbotini topdi va uni keng amaliyotga joriy etish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. BMT Bosh Assambleyasi. (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development (Resolution A/RES/70/1). New York: United Nations.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining Atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” PF–5863 sonli Farmoni https://www.lex.uz/uz/docs/-4574008

3. Proxorov, B., Ziyomuhammedov, B. (2019). Ekologik ta’lim va inson ekologiyasi: Yoshlarning atrof-muhitga munosabatini shakllantirish. Toshkent: Fan va texnologiyalar nashriyoti.

4. Sanchez, C., Carmen, M. (2023). Digital platforms as autonomous learning environments for environmental education. Educational Technology Research and Development, 71(1), 101-118.

5. Uollas, D., Bodzin, A. (2021). Integrating technology for systems thinking in science and environmental education. Science Education, 105(4), 690-715.

6. Zamonov, S., G‘aniyev, R. (2024). Ekologik madaniyatni shakllantirishning metodik-dasturiy ta’minoti va 4K ko‘nikmalarini rivojlantirish. Toshkent: Yangi Asr Avlodi.

7. Brereton, P. (2020). Digital platforms, aesthetic construction, and new possibilities for solving global problems. Journal of Environmental Informatics, 36(2), 1-12.

8. Vohidov, A. (2023). Tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik kompetensiyalarni rivojlantirishning transdistsiplinar yondashuvi. Pedagogika jurnali, 3(2), 55-68.

9. Chelala, M. G., Xalif, M. (2022). Affective strategies for promoting environmental awareness and competence among youth through contemporary communication models. International Journal of Environmental Education and Information, 41(4), 310-325.

10. Lantier, G. (2018). The impact schema of digital software platforms on user behavior and environmental responsibility. Doctoral dissertation, University of Western Europe.

11. Rahimov, O. D. (2021). Elektron ta’lim resurslarini yaratish metodologiyasi va didaktik talablar. Samarqand: Oliy ta’lim nashriyoti.

AHOLINING EKOLOGIK XABARDORLIGINI OSHIRISHDA OMMAVIY AXBOROT VOSITALARINING O‘RNI VA AHAMIYATI

Miyassarova Nozima Nurali qizi
O‘zbekiston jurnalistika va ommaviy kommunikatsiyalar universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Toshkent shahrida ekologik vaziyatning keskinlashuvi sharoitida ommaviy axborot vositalarining aholi xabardorligini oshirish, ekologik xavflarni yoritish va profilaktika choralarini targ‘ib qilishdagi o‘rni tahlil qilinadi. Prezident farmonlarida belgilangan ekologik siyosat, davlat organlarining tezkor kommunikatsiya mexanizmlari va OAVning ekologik ma’lumotlarni yetkazish bo‘yicha mas’uliyati yoritilgan. Shuningdek, Telegram kabi raqamli platformalarning jamoatchilik ishtirokini kengaytirish va aholining ekologik madaniyatini oshirishdagi samaradorligi baholanadi. Tadqiqot natijalari ekologik xavfsizlikni ta’minlashda davlat organlari, OAV va jamiyat hamkorligining muhimligini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: Ekologik vaziyat, OAV, axborot siyosati, ekologik xavfsizlik, ekologik xabardorlik, jamoatchilik ishtiroki, havo ifloslanishi, profilaktika choralari, kommunikatsiya, davlat siyosati.

Аннотация. В статье анализируется роль средств массовой информации в повышении экологической осведомлённости населения, освещении экологических рисков и пропаганде профилактических мер в условиях ухудшающейся экологической ситуации в городе Ташкент. Рассматриваются направления экологической политики, отражённые в президентских указах, механизмы оперативной коммуникации государственных органов и ответственность СМИ за предоставление научно обоснованной информации. Оценивается эффективность цифровых платформ, таких как Telegram, в расширении общественного участия и формировании экологической культуры. Полученные результаты подчёркивают важность сотрудничества государства, СМИ и общества в обеспечении экологической безопасности.

Ключевые слова: Экологическая ситуация, СМИ, экологическая безопасность, экологическая осведомлённость, участие общества, загрязнение воздуха, профилактические меры, коммуникация, государственная политика.

Abstract. This article analyzes the role of mass media in increasing public environmental awareness, communicating ecological risks, and promoting preventive measures amid the deteriorating ecological situation in Tashkent. It explores the ecological policy directions outlined in presidential decrees, the mechanisms of rapid governmental communication, and the responsibility of mass media to provide accurate and science-based information. The effectiveness of digital platforms such as Telegram in enhancing public engagement and strengthening ecological culture is also assessed. The findings highlight the crucial importance of collaborative efforts between the government, media, and society in ensuring environmental safety.

Keywords: Environmental situation, mass media, environmental awareness, environmental safety, public engagement, air pollution, preventive measures, communication, state policy.

KIRISH

So‘nggi yillarda yirik shaharlardagi ekologik muammolar nafaqat atrof-muhitga, balki aholi salomatligi va ijtimoiy barqarorlikka ham bevosita ta’sir ko‘rsatayotgan omillardan biri sifatida kun tartibiga chiqdi. Xususan, Toshkent shahrida kuzatilayotgan changlanish, havoning ifloslanishi, transport vositalaridan chiqayotgan zararli gazlar va sanoat korxonalarining emissiyalari aholining turmush sifati va sog‘lig‘iga jiddiy xavf solmoqda. Shu bois ekologik vaziyatni yaxshilash davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylangan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 18-noyabrdagi “Ekologiya va turizm sohalarida aholi talablariga tezkor javob bera oladigan boshqaruv tizimini yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-217-son Farmoni [1], hamda joriy yilning 25-noyabrdagi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Toshkent shahrida ekologik vaziyatni yaxshilash bo‘yicha kechiktirib bo‘lmaydigan chora-tadbirlar to‘g‘risida“gi PF-229-sonli Farmonlari [2], mamlakatda ekologik barqarorlikni ta’minlashga qaratilgan tizimli ishlarning yorqin tasdig’idir.

Mazkur hujjatlar ijrosini ta’minlash maqsadida Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi negizida Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasining tashkil etilishi ekologik muammolarni bartaraf etish yo‘lidagi muhim qadamlardan biri bo‘ldi. Qo‘mita zimmasiga “Chiqindidan holi hudud”, “Toza havo”, “Yashil makon”, “Eko-madaniyat”, “Bio meros” kabi umummilliy loyihalarni ishlab chiqish va amalga oshirish vazifalari yuklatilgan. Ushbu tashabbuslarning maqsadi aholi ekologik savodxonligini oshirish, ekologik madaniyatni keng targ‘ib qilishdan iboratdir. Shu bilan birga, mazkur yo‘nalishdagi tashkiliy va metodik faoliyatni muvofiqlashtirish maqsadida qo‘mitasi huzurida Ekololoyihalar fabrikasi tashkil etilishi belgilangan.

Farmonlarda ekologik vaziyatni monitoring qilish, tezkor choralar ko‘rish, aholining xabardorligini oshirish va profilaktik tadbirlarni kuchaytirish bo‘yicha aniq mexanizmlar ko‘rsatib o‘tilgan. Ayniqsa, ommaviy axborot vositalarining ekologik jarayonlarni yoritishdagi roli alohida ta’kidlanadi. Televideniye, radio, internet, ijtimoiy tarmoqlar va mobil aloqa operatorlari orqali aholiga aniq, tezkor va ilmiy asoslangan ma’lumot yetkazish talabi ekologik xavf sharoitida kommunikatsiyaning ustuvor ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Bu yondashuvning dolzarbligi shundaki, ekologik holat keskinlashgan paytda aholining xabardorligi va tezkor ogohlantirilishi inson salomatligini himoya qilishning eng muhim omilidir. Zamonaviy axborot oqimi sharoitida OAV – xususan, internet, televideniye va radio – aholining xatti-harakatini shakllantirishda, profilaktik qoidalarga amal qilishga undashda va ekologik madaniyatni oshirishda eng samarali vosita sifatida namoyon bo‘lmoqda.

“Toshkent shahrida ekologik vaziyatni yaxshilash bo‘yicha kechiktirib bo‘lmaydigan chora-tadbirlar to‘g‘risida“gi Farmonida “Ommaviy axborot vositalarini (televideniye, radio, internet, ijtimoiy tarmoqlar, mobil aloqa operatorlari va boshqalar) jalb qilgan holda mavjud ekologik holat, uning aholi salomatligiga ta’siri va profilaktika qilish usullari bo‘yicha tushuntirish ishlari samarali tashkil etilsin”, bandi quyodagilarni anglatadi:

1. Aholini real ekologik vaziyatdan xabardor qilish. Fuqarolar vaziyatning haqiqiy darajasidan bexabar bo‘lsa, to‘g‘ri profilaktika choralarini qo‘llashi qiyinlashadi, salomatlikka zarar yetkazuvchi risklarni baholay olmaydi.

2. Ekologik xavflarning salbiy oqibatlarini ilmiy asosda tushuntirish. Ko‘plab ekologik muammolar ko‘zga yaqqol tashlanmasada, ularning nafas yo‘llari, yurak-qon tomir tizimi va umumiy sog‘liq holatiga salbiy ta’siri ilmiy jihatdan isbotlangan.

3. Profilaktika choralari bo‘yicha amaliy tavsiyalar berish. Jamoat joylarida niqob taqish, shaxsiy gigiyenaga rioya qilish, mashinalardan foydalanishni qisqartirish, uy ichida tozalik va ventilyatsiyani ta’minlash kabi choralarning aholi o‘rtasida keng targ’ib qilinishi zarur.

Yuqoridagi vazifalarni amalga oshirishda OAV asosiy unsur hisoblanadi. Chunki OAV qisqa vaqt ichida keng qamrovli auditoriyaga ta’sirchan, ishonchli va interaktiv ko‘rinishda taqdim eta oladi. Tadqiqotlar ham aholining murakkab rasmiy matnlardan ko‘ra OAV orqali berilgan sodda, vizual ma’lumotlarni tezroq qabul qilishini ko‘rsatadi.

Toshkent shahrida ekologik vaziyatni yaxshilash yuzasidan kechiktirib bo‘lmaydigan chora-tadbirlarni amalga oshirish bo‘yicha tuzilgan maxsus komissiya faoliyatining ilk namunasi sifatida rasmiy Telegram kanalini ishga tushirdi [3]. Qisqa muddatda kanal 36 mingdan ziyod obunachiga ega bo‘ldi. Unda havo sifatini yaxshilash yuzasidan qabul qilingan qarorlar, amalga oshirilayotgan reydlar, aniqlangan muammolar, korxonalar faoliyati va ko‘rilayotgan chora-tadbirlar haqida tezkor ma’lumotlar e’lon qilinmoqda. Kanalning muhim jihati, aholining fikr bildirish imkoniyatining

mavjudligi bo‘lib, u jamoatchilik ishtirokini yanada kuchaytirmoqda. Fuqarolar o‘z mulohazalari, takliflari va shikoyatlarini ochiq tarzda bildirmoqda.

Shu bilan birga, jurnalistlarning mas’uliyati ham oshmoqda. Ular ma’lumotlarni tekshiruvsiz tarqatmasligi, aholi orasida vahima uyg’otuvchi mish-mishlarga yo‘l qo‘ymasligi, mavjud vaziyatni faqat salbiy jihatdan yoritish bilan cheklanib qolmasdan, mutaxassislar fikriga tayangan holda “qanday yechimlar mavjud?” savoliga javob bera olishi zarur.

XULOSA.

Toshkent shahrida ekologik vaziyatning keskinlashuvi nafaqat tabiiy muhit, balki aholining salomatligi va turmush sifati uchun jiddiy tahdid hisoblanadi. Davlat organlari tomonidan ekologik monitoring, tezkor ogohlantirish va profilaktik tadbirlarni kuchaytirish bo‘yicha qabul qilingan chora-tadbirlar shahar ekologik barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi. OAVning xabardorlikni oshirish, aholiga ilmiy asoslangan va amaliy tavsiyalar berishdagi roli alohida ahamiyatga ega. Shu tariqa, ekologik barqarorlikni ta’minlashda davlat organlari, OAV va jamoatchilikning samarali hamkorligi asosiy omil bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 18-noyabrdagi “Ekologiya va turizm sohalarida aholi talablariga tezkor javob bera oladigan boshqaruv tizimini yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-217-son Farmoni.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Toshkent shahrida ekologik vaziyatni yaxshilash bo‘yicha kechiktirib bo‘lmaydigan chora-tadbirlar to‘g‘risida“gi PF-229-sonli Farmoni.

3. t.me/ecoinfouz Maxsus komissiyaning rasmiy kanali. Ushbu kanalda havo sifatini yaxshilash yuzasidan qabul qilingan qarorlar va amalga oshirilgan choralar haqida xabar berib boriladi. Murojaat uchun. @EcoControlUzBot

БАРҚАРОР РИВОЖЛАНИШ МАҚСАДЛАРИГА ЭРИШИШДА ЭКОЛОГИК МАДАНИЯТНИНГ АҲАМИЯТИ

Ходжаева Моҳира Мирзахмадовна
Олий Мажлис Қонунчилик палатаси депутати

Анотация. *Ҳозирги кунда атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурслардан оқилона фойдаланишда аҳолининг экологик маданиятини ошириш устувор аҳамият касб этади. Дарҳақиқат, экологик маданияти юксак, маънавияти эса юқори бўлган инсон табиатга зарар етказмайди.*

Мақолада айнан барқарор ривожланишга эришишда жамиятда экологик маданиятнинг ўрни ва аҳамияти, экологик маданиятни жамиятда юксалтиришнинг механизмлари ва йўналишлари, бу борада халқаро амалиёт очиб беришга ҳаракат қилинган.

Калит сўзлар: *экологик маданият, атроф-муҳит муҳофазаси, экологик хавфсизлик, “яшил” истеъмол маданияти ва бошқалар.*

Abstract. *At present, increasing the environmental culture of the population plays a priority role in environmental protection and the rational use of natural resources. Indeed, a person with a high level of environmental culture and strong moral values does not cause harm to nature.*

The article attempts to reveal the role and importance of environmental culture in achieving sustainable development, as well as the mechanisms and directions for enhancing environmental culture in society, including relevant international practices.

Keywords: *environmental culture, environmental protection, environmental safety, “green” consumption culture, and others.*

Аннотация. *В настоящее время повышение экологической культуры населения имеет приоритетное значение в деле охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Действительно, человек с высоким уровнем экологической культуры и духовных ценностей не наносит вреда природе.*

В статье раскрываются роль и значение экологической культуры в достижении устойчивого развития, а также механизмы и направления ее повышения в обществе, с учетом международного опыта.

Ключевые слова: *экологическая культура, охрана окружающей среды, экологическая безопасность, культура «зеленого» потребления и другие.*

КИРИШ

Тарихан фалсафий-ахлоқий таълимот сифатида қараб келинган экологик маданият глобаллашув жараёнларига келиб умумбашарий экологик муаммоларни олдини олиш ва ҳал этишда жамиятнинг устувор тадбирларидан бирига айланди. Янги Ўзбекистон даврига келиб эса аҳолининг экологик маданиятини юксалтириш давлат умуммиллий маданий сиёсатининг ажралмас узвий қисми сифатида олиб чиқишга саъйи-харакатлар олиб борилмоқда.

Зеро, экологик таълимнинг муҳимлиги ҳозирги замонавий дунёда ҳеч кимда шубҳа уйғотмаслиги билан биргаликда кўплаб мамлакатларда таълим ва тарбия беришнинг устувор йўналиши ҳисобланади. Аҳолининг экологик маданиятини ва атроф-муҳитга эҳтиёткорона муносабатда бўлишни шакллантиришга қаратилган ушбу фаолият – бутун инсоният келажаги хавфсизлигининг кафолати ҳисобланади.

1992 йилда БМТ Бош Ассамблеясининг махсус резолюцияси билан ташкил этилган Барқарор ривожланиш комиссияси ҳисоботида Барқарор тараққиёт йўлидаги таълим «барқарор тараққиёт» тушунчасининг моҳиятини акс эттиради. Атроф-муҳит ва тараққиёт Халқаро комиссиясининг тақдим этилган ахборотида бу тушунча «бўлажак авлодлар ўз эҳтиёжларини қондиришлари имкониятини хавф остига қўймаган ҳолда ҳозирги замон эҳтиёжларини қондиришга қаратилган» тараққиёт сифатида таърифланади [1].

Шунингдек, «Табиатни муҳофаза қилиш тўғрисида»ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг 4-моддасида «...барча турдаги таълим муассасаларида экология ўқувининг мажбурийлиги» қайд этилган бўлиб, экологик таълимнинг бош мақсади аҳолининг барча қатламларида, жумладан, умумтаълим мактаблари ва коллеж ўқувчилари ҳамда олий таълим талабаларида атроф-муҳитни асраш масалаларига онгли муносабатни шакллантиришдан иборатдир [2].

Глобалашган олам шундай даврни бошидан ўтказяптики, ёшларда экологик маданиятни шакллантириш таълим фаолиятининг долзарб йўналишларидан бирига айланди. Ёшларда экологик билимлар қанчалик кичик ёшдан шаклланса, бундай таълим шунчалик катта самара беради. Шунинг учун ушбу жараённи илмий ташкил қилиш давлат томонидан қўллаб-қувватланиши зарур.

Бугун ўтмишдан мерос бўлиб келаётган табиатга етказилган зарарнинг чуқур асоратларини тугатиш ҳақида, экологик хавфсизлик ва атроф муҳит муҳофазасига алоҳида эътибор қаратилаётган бир пайтда экологик маданият деган тушунчанинг мағзини, афсуски, барча бирдек англаб етаётгани йўқ. Баъзан кўча-кўйда чиқинди улоқтираётган, ариқ сувига мағзава ағдараётганларга ногоҳон кўзимиз тушади.

Ноқонуний дарахт кесаётган, писта чақиб хиёбон ва кўчаларни ифлослантираётган, хазон ёқаётганларни кўриб таъбимиз хира бўлиши табиий. Афсуски, буларнинг барчаси, оқибатда, ўз соғлигимизга зиён етказишини, умримизни қисқартираётганини баъзида унутиб қўямиз. Бундай нохуш ҳолатларнинг асосий сабаби, айрим юртдошларимизнинг

табиат қонунларини чуқур билмаслиги, экологик билим ва тарбиянинг паст даражада эканлигидир.

Бугун катта хатар сифатида қаралаётган кўпгина экологик муаммолар айнан инсон омилининг экотизимга нотўғри муносабати оқибатида юзага келаётганлигини гувоҳи бўлмоқдамиз. Боз устига, экологик таълим-тарбия табиат ва жамият ўртасидаги узвийликни таъминлаш ҳамда табиий барқарорликни сақлашда муҳим ҳисобланади.

Аҳолининг экологик маданиятини юксалтириш, атроф-муҳитга оқилона муносабатда бўлиш, табиат неъматларини келгуси авлодлар учун асраб-авайлаш ҳиссини шакллантириш антропоген таъсирларнинг олдини олишнинг муҳим омилидир. Бунда экологик таълим-тарбиянинг аҳамияти ва ўрни бениҳоя каттадир.

Экология фанига оид тадқиқотлар кўп йўналишлар бўйича олиб борилган бўлса-да, бироқ халқимизнинг экологик маданияти, миллий экологик анъаналари ҳанузгача чуқур ўрганилмай келинмоқда. Зеро, бизда табиатга нисбатан эҳтиёткорона муносабатда бўлиш тарих каби кўҳнадир, аждодларимиз табиат ва инсон уйғунлигига эришишни таъминлашга интилиб, келгуси авлод учун она-заминимизни асраб-авайлаб, у билан боғлиқ асрий қадриятлардан иборат маданий меросга таяниб келинган.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2025 йил 15 майдаги “2030 йилгача бўлган даврда аҳолининг экологик маданиятини юксалтириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПҚ-184-сон қарори билан 2030 йилгача бўлган даврда аҳолининг экологик маданиятини юксалтириш концепцияси тасдиқланди[3]. Концепциянинг асосий мақсади ўсиб келаётган ёш авлодда экологик билим, онг ва маданиятни шакллантириш ҳамда ривожлантириш, ушбу йўналишда таълим-тарбия жараёнини самарали ташкил этиш, аҳолининг барча қатламларида экологик маданиятни, шу жумладан, «яшил» истеъмол маданиятини янада юксалтириш ҳисобланади [4].

“Яшил” истеъмол маданияти тушунчаси — бу иккита асосий тушунчанинг уйғунлиги натижасидир. Булар- истеъмол маданияти ва “яшил” (экологик) истеъмол тушунчаси.

1. Истеъмол маданияти – ижтимоий ва маданий илдизлардан келиб чиққан бўлиб, одамларнинг маҳсулот ва хизматларга бўлган муносабати, харид қилиш, фойдаланиш, қайта ишлаш, чиқиндиларни бошқариш каби одатларидир. Бу маданият тарихий, ижтимоий, иқтисодий, маънавий қадриятлар ва таълим-тарбия асосида шаклланган.

2. “Яшил” истеъмол – 1980–90-йилларда глобал экологик муаммолар (иқлим ўзгариши, чиқиндиларни қайта ишлаш муаммоси, ресурслар етишмовчилиги) асосида “яшил” истеъмол ғояси пайдо бўлиб,ривожланди. Экологик онг ва барқарор ривожланиш ғоясидан келиб чиқиб, одамларда атроф-муҳитга зарар етказмайдиган маҳсулотлар ва одатларни шакллантириш қилган.

Фикримизча, “яшил” истеъмол маданияти – айнан, икки тушунчанинг бирлашуви бўлиб, одамларнинг атроф-муҳитга зарар етказмайдиган, ресурсларни тежайдиган, қайта ишлашни қўллаб-қувватлайдиган, экологик масъулиятга асосланган истеъмол одатлари ва қадриятлари тизимини англатади.

Демак, “яшил” истеъмол маданияти – ижтимоий қадриятлар, экологик онг, иқтисодий масъулият ва таълим асосида ривожланган яхлит маданий тушунча бўлиб, у жамиятда масъулиятли, оқилона ва барқарор истеъмолни шакллантиришни кўзлайди [5, 6, 7].

Шунингдек, концепциянинг мақсади янги таҳрирдаги Ўзбекистон Республикасининг Конституциясида мустаҳкамланган ҳар кимнинг қулай атроф-муҳитга, унинг ҳолати тўғрисида ишончли ахборотга эга бўлиш ҳуқуқини таъминловчи, аҳолининг экологик

маданиятини шакллантириш ва юксалтириш чора-тадбирларини назарда тутувчи ҳуқуқий асосларни халқаро стандартлар асосида такомиллаштиришдан иборатдир.

Маълумки, “яшил” истеъмол маданияти авваломбор, экологик масъулиятни ҳис этган ҳолда юриш-туриш, табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш, “яшил иқтисодиёт”ни ривожлантириш мақсадларида ишлаб чиқариш ва истеъмол маданиятини ривожлантиришни ўз ичига қамраб олади.

Озиқ-овқат хавфсизлиги тизими нафақат озиқ-овқат маҳсулотлари етиштиришни, балки фуқаролар томонидан уларни истеъмол қилиш маданиятини ҳам назарда тутади. Шундан келиб чиққан ҳолда, биргина пойтахтимиз Тошкент шаҳрида кунига 3 тонна нон чиқиндига чиқарилаётганлиги ёки мамлакат бўйича йилига 3 миллион тонна озиқ-овқат маҳсулотларининг исроф қилиниши ёхуд иқтисодиётнинг энергия ва ресурс ҳажмдорлигини юқори даражада қолаётганлиги барча қатламдаги аҳолининг “яшил истеъмол” маданиятини юксалтиришга эҳтиёж борлигидан далолат бермоқда.

Шунингдек, бугунги глобализация жараёнларида аҳолининг истеъмолчи сифатида электр ва иссиқлик энергияси, ичимлик суви ва бошқа табиий ресурслардан фойдаланиш самарадорлигини янада такомиллаштиришга эҳтиёж сезилмоқда. Боз устига углеводород, сув бошқа табиий ресурсларнинг чегаралангани, уларни тежаш ва улардан оқилона фойдаланиш чораларини кўриш заруратини юзага келтирмоқда.

Ривожланган мамлакатларда озиқ-овқат ва табиий ресурслар исрофгарчилигига қарши курашиш борасида қатъий чоралар кўрилмоқда. Хусусан, 2016 йилда Францияда супермаркетларнинг сотилмай қолган, бироқ истеъмолга яроқли озиқ-овқат маҳсулотларидан воз кечишини тақиқлайдиган қонун қабул қилинган. Унга мувофиқ, савдо дўконлари сотилмай қолиб кетган маҳсулотларни ёрдамга муҳтож аҳоли қатламига етказиб бериш юзасидан хайрия ташкилотлари билан шартнома туза бошлади. Хитой парламенти эса 2021 йилда озиқ-овқат маҳсулотларининг исроф этилишига қарши курашиш билан боғлиқ қонун қабул қилган [8].

Ушбу ҳислатларни эса инсоннинг ёшлигидаёқ онгида сингдириш ўз самарасини бера олади. Шу сабабли “яшил" иқтисодиётни барпо этишга ёшларни жалб этиш бўйича махсус дастурларнинг амалга оширилиши экологик маданиятни юксалтиришга имкон беради.

Табиийки, экологик маданиятнинг шаклланиши узоқ давом этадиган жараён бўлиб, бунда энг аввало, шахсни ривожлантириш ва келажакда экологик саводхон хулқ-атворнинг асоси сифатида экологик билимларнинг фундаменталлигини таъминлаш зарур бўлади. Шу асосда атроф муҳитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурсларга нисбатан эҳтиёткорона муносабатда бўлиш борасида қадриятлар ва эътиқодлар тизими шаклланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг илк бор Олий Мажлис палаталарига Мурожаатномасида сўзлаган нутқида, - “Энг муҳим масала - аҳолининг экологик маданиятини ошириш ҳақида жиддий бош қотиришимиз зарур. Албатта, бундай муаммоларни фақат маъмурий йўл билан ҳал этиб бўлмайди, бунга ёш авлод қалбида она-табиатга меҳр-муҳаббат, унга дахлдорлик ҳиссини тарбиялаш орқали эришиш мумкин”, деб таъкидланган эди.

ХУЛОСА

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда, аҳолининг экологик маданиятини юксалтириш орқали юксак маънавиятли жамият барпо этиш мақсадида қуйидаги комплекс чора-тадбирларни амалга ошириш мақсадга мувофиқ ҳисобланади:

1. 2030 йилгача бўлган даврда аҳолининг экологик маданиятини юксалтириш концепциясида белгиланган вазифаларни тўлиқ ва сифатли амалга оширишнинг барча чораларини кўриш.

2. Жамиятда экологик маданиятни юксалтириш, нафақат давлат ва жамият, ёхуд махсус ваколатли давлат орган, балки балки ҳар бир фуқоронинг вазифаси бўлишига эришиш.

3. “Экологик маданиятни юксалтириш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикасининг қонуни лойиҳасини ишлаб чиқиш.

4. “Яшил” истеъмол маданиятига ўтишнинг содда, шаффоф ва мақбул иқтисодий механизмларини кенг жорий этиш.

5. Таълим-тарбия тизимида “яшил” молиялаштириш институтини кенг жорий этиш.

6. Турли тармоқлар учун аҳолининг экологик маданиятини юксалтиришга йўналтирилган ўқув ва бадиий адабиётлар, методик қўлланмалар ишлаб чиқиш ва етарли ҳажмда чоп этиш.

7. Турли экологик мавзуларда, хусусан “Булоқча”, “Родничок” болалар журналини кенг оммага етказиш, ададини кўпайтириш.

8. Ўрта таълим муассасаларининг 5-8 синф ўқувчилари учун экологик энцеклопедия яратиш.

АДАБИЁТЛАР РЎЙҲАТИ

1. Публикация Организации Объединенных Наций. Глобальный доклад об устойчивом развитии, https://sdgs.un.org/ru/gsdr;

2. Ўзбекистон Республикасининг «Табиатни муҳофаза қилиш тўғрисида»ги Қонуни 4-моддаси;

3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2025 йил 15 майдаги “2030 йилгача бўлган даврда аҳолининг экологик маданиятини юксалтириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПҚ-184-сон қарори;

4. Ижтимоий тармоқдаги https://kun.uz/kr/58576449 сайти маълумотлари

5. 1987 – БМТнинг “Our Common Future” (Брундтланд ҳисоботи): Барқарор ривожланиш ғояси.

6. 1992 – Рио-де-Жанейродаги БМТнинг “Атроф-муҳит ва ривожланиш конференцияси” (Rio Earth Summit): Экологик масъулият ва яшил истеъмолни тарғиб этиш.

7. UNEP (United Nations Environment Programme) ва бошқа халқаро ташкилотлар томонидан “яшил” истеъмол маданиятини шакллантириш бўйича дастурлар.

8. Президент Шавкат Мирзиёевнинг Олий Мажлис палаталари, сиёсий партиялар ҳамда Ўзбекистон Экологик ҳаракати вакиллари билан видеоселектор йиғилишидаги маърузаси, 13 июль 2017 йил;

EKOLOGIYADA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA MATEMATIK MODELLASHTIRISH

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ

DIGITAL TECHNOLOGIES AND MATHEMATICAL MODELING IN ECOLOGY

AHOLI UCHUN EKOLOGIK XAVFSIZ TEXNOLOGIYALAR YARATISHDA ZAMONAVIY FIZIKANING ROLI

O’rinboyeva Kumushoy Sultonbek qizi, Abdulhayev O’ktamjon Iqboljon o’g’li
Andijon davlat pedagogika instituti

Annotatsiya: Ushbu maqolada aholi uchun ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratishda zamonaviy fizikaning o‘rni va ahamiyati tahlil qilinadi. Fizikaning kvant texnologiyalar, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, ekologik monitoring tizimlari hamda chiqindisiz ishlab chiqarish jarayonlarini rivojlantirishdagi asosiy tamoyillari yoritiladi. Tadqiqotda ekologik barqarorlikni ta’minlash va inson salomatligini himoya qilishga qaratilgan innovatsion fizika yondashuvlarining qo‘llanilishi ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: ekologik xavfsizlik, zamonaviy fizika, qayta tiklanuvchi energiya, kvant texnologiyalar, yashil texnologiyalar, chiqindisiz ishlab chiqarish, ekologik monitoring, innovatsion yondashuvlar, atrof-muhitni muhofaza qilish, barqaror rivojlanish.

Abstract: This article explores the role of modern physics in the development of environmentally safe technologies for the population. It highlights the fundamental principles of physics used in quantum technologies, renewable energy systems, environmental monitoring tools, and zero-waste production processes. The study emphasizes innovative physics-based approaches aimed at ensuring environmental sustainability and protecting human health.

Keywords: environmental safety, modern physics, renewable energy, quantum technologies, green technologies, zero-waste production, environmental monitoring, innovative approaches, environmental protection, sustainable development.

Аннотация: В данной статье анализируется роль современной физики в создании экологически безопасных технологий для населения. Рассматриваются фундаментальные принципы физики, лежащие в основе квантовых технологий, возобновляемых источников энергии, систем экологического мониторинга и безотходных производственных процессов. Особое внимание уделено инновационным физическим подходам, направленным на обеспечение экологической устойчивости и защиту здоровья человека.

Ключевые слова: Екологическая безопасность, современная физика, возобновляемая энергия, квантовые технологии, зеленые технологии, безотходное производство, экологический мониторинг, инновационные подходы, охрана окружающей среды, устойчивое развитие.

KIRISH

Hozirgi globallashuv jarayonida ekologik muammolarning keskinlashuvi insoniyat oldiga yangi talab va vazifalarni qo‘ymoqda. Aholi salomatligi, atrof-muhit barqarorligi va iqtisodiy rivojlanishning uzviy bog‘liqligi ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratishni dolzarb masalaga aylantirdi. Bunday texnologiyalarni ishlab chiqishda zamonaviy fizika fanining o‘rni beqiyosdir. Fizika nafaqat tabiat hodisalarining nazariy asoslarini o‘rganadi, balki yangi energiya manbalarini yaratish, resurslardan samarali foydalanish, chiqindilarni kamaytirish va ekologik monitoringni takomillashtirishga imkon beruvchi ilmiy yondashuvlarni taqdim etadi. Zamonaviy fizikadagi yutuqlar — kvant texnologiyalar, nano-materiallar, qayta tiklanuvchi energiya tizimlari, radiatsion va ekologik nazorat uskunalari — ekologik xavfsizlikni ta’minlashning asosiy tayanchlaridan hisoblanadi. Bu jarayonlar orqali insoniyat yashil iqtisodiyotga o‘tish, energiya samaradorligini oshirish va atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishga erishmoqda. Shu bilan birga, ilm-fan taraqqiyoti bilan bir qatorda ekologik tahdidlarning murakkablashuvi ham kuzatilmoqda. Atmosferaning ifloslanishi, global isish, biologik xilma-xillikning kamayishi, suv va tuproq resurslarining degradatsiyasi kabi omillar ekologik xavfsizlikni ta’minlashda yangi

yondashuvlarni talab qilmoqda. Ana shunday sharoitda fizikaning turli bo‘limlari — optika, termodinamika, kvant mexanikasi, plazma fizikasi va materialshunoslik — ekologik muammolarni hal etishda asosiy ilmiy platformaga aylanmoqda.

Zamonaviy fizika yutuqlari asosida yaratilayotgan texnologiyalar ekologik jarayonlarni chuqur tahlil qilish, ifloslanish manbalarini aniqlash va ularni bartaraf etish imkonini kengaytirmoqda. Masalan, qayta tiklanuvchi energiya texnologiyalarida yarimo‘tkazgich fizikasi, shamol energetikasida aerodinamika va gidroenergetik qurilmalarda suyuqliklar mexanikasining qo‘llanilishi ushbu sohaning ilmiy asoslarini mustahkamlamoqda. Shuningdek, nano-materiallarning yuqori faolligi, katta sirt maydoni va kvant xususiyatlari ularni ekologik muhofazada samarali vositaga aylantirmoqd

Zamonaviy fizika fanining jadal rivojlanishi ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratishda yangi ilmiy yo‘nalishlar va amaliy imkoniyatlarni taqdim etmoqda. Bugungi kunda ekologik muammolarning chuqurlashuvi, energiya manbalarining cheklanishi va sanoatning kengayishi insoniyatni ekologik jihatdan toza, barqaror texnologiyalar yaratishga undamoqda. Ushbu jarayonning markazida fizik qonunlar, modellashtirish usullari va ilmiy tadqiqotlarning amaliy natijalari turadi.[1. 28-b].

Qayta tiklanuvchi energiya tizimlarining fizik asoslari:

Quyosh, shamol, geotermal va gidroenergiyaga asoslangan texnologiyalar ekologik xavfsiz energiya ishlab chiqarishning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan hisoblanadi. Quyosh panellarida sodir bo‘ladigan fotoelektr effekt, elektronlarning energiya sathlari va yarimo‘tkazgichlarda bandlar strukturasining shakllanishi Halliday, Resnick va Walker tomonidan batafsil tahlil qilingan bo‘lib, ushbu asosiy qonunlar zamonaviy fotovoltaik modullarni takomillashtirishda hal qiluvchi o‘rin tutadi.[2. 38-b]. Shamol energetikasida esa aerodinamika qonunlari, Bernulli tenglamasi, oqim tezligi va mexanik energiyaning aylanish mexanizmlari asosiy tadqiqot yo‘nalishlari hisoblanadi. Kompyuter modellashtirish orqali turbinaning optimal qanot shaklini topish, energiya yo‘qotilishini kamaytirish va effektivlikni oshirish mumkin.[3. 27-b].

Nano texnologiyalarning ekologik xavfsizlikdagi o‘rni:

Nanotexnologiyalar ekologiyani muhofaza qilishda katta burilish yasagan sohalardan biridir. Nanozarrachalarning yuzasi faol, ularda kvant effektlari kuchli bo‘lgani sababli ular suvni tozalash, havodagi ifloslantiruvchi gazlarni yutish, chiqindilarni qayta ishlash kabi jarayonlarda yuqori samaradorlik ko‘rsatadi. Titanium dioksidning nanozarrachalari foto-katalitik reaksiyalar orqali havo ifloslanishini sezilarli darajada kamaytirishi mumkinligi bo‘yicha OpenStax fizika darsliklarida ilmiy dalillar keltiriladi.[4. 42-b].Shuningdek, nano-filtrlar suvdagi og‘ir metall ionlarini 95% gacha olib tashlay olishi, bu esa chiqindi suvlarni qayta ishlashda ekologik xavfsizlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.[5. 54-b].

Kvant texnologiyalar va energiya samaradorligi:

Kvant fizikasi ekologik xavfsizlikni ta’minlashda innovatsion usullarni taklif qilmoqda. Kvant sensorlar tuproq, havo va suv tarkibidagi eng kichik o‘zgarishlarni aniqlashga qodir bo‘lib, ekologik monitoringning aniqligini yuqori darajaga ko‘taradi. Kvant magnitometrlar yordamida juda kichik kimyoviy o‘zgarishlar aniqlanadi va bu atrof-muhitdagi ifloslanish manbalarini erta aniqlash uchun juda muhimdir.[6. 31-b].Shuningdek, kvant nuqta texnologiyalari energiya tejamkor yoritish, yuqori samarali fotodetektorlar va ekologik monitoring tizimlarida qo‘llanilmoqda.

Ekologik monitoringda fizik o‘lchovlar:

Atrof-muhit holatini nazorat qilishda fizik metodlar — optik, akustik, radiatsion va elektromagnit o‘lchov usullari — keng qo‘llanadi. Masalan, LIDAR tizimi lazer nurlarining qaytish vaqti orqali atmosferadagi gaz va chang miqdorini aniq o‘lchaydi. Andersonning ilmiy ishlanmalariga ko‘ra, raqamli monitoring tizimlari ekologik jarayonlarni real vaqt rejimida

kuzatish imkoniyatini beradi.[7. 28-b]. Infraqizil spektroskopiya ifloslantiruvchi moddalar tarkibini aniqlashda, gamma-skanerlar esa radiatsiya bo‘yicha o‘zgarishlarni qayd etishda qo‘llaniladi. Ushbu texnologiyalar ekologik xavfsizlik bo‘yicha qarorlar qabul qilishni tezlashtiradi.

Chiqindisiz ishlab chiqarish texnologiyalarining fizik asoslari:

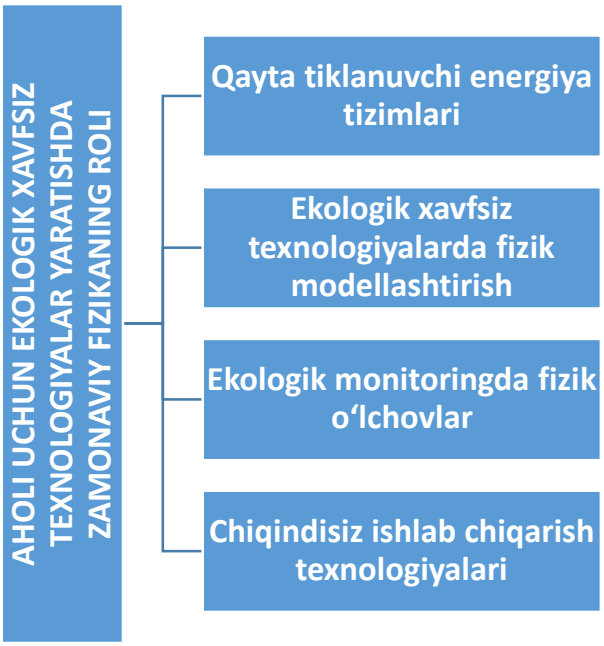
Zamonaviy ekologik siyosatda chiqindisiz ishlab chiqarish (zero waste) muhim o‘rin egallaydi. Ushbu jarayonning markazida termodinamika qonunlari, issiqlik almashinuvi jarayonlari, materiallar fizikasi va kimyoviy energiya almashinuvi turadi. Metallurgiyada plazma fizikasi asosidagi tozalash texnologiyalari, kimyo sanoatida elektroliz jarayonlari, qattiq chiqindilarni piroliz orqali energiyaga aylantirish usullari zamonaviy tadqiqotlarga tayanadi.[8. 21-b]. Batesning “Teaching in a Digital Age” asarida qayd etilishicha, raqamli modellashtirish va fizik jarayonlarni optimallashtirish chiqindilarni minimal darajaga tushirish uchun asosiy vositalardan biridir.

Ekologik xavfsiz texnologiyalarda fizik modellashtirishning o‘rni:

Zamonaviy ekologik texnologiyalarni ishlab chiqishda fizik modellashtirish usullari alohida ahamiyatga ega. Simulyatsiya va matematik modellar ekologik jarayonlarda sodir bo‘ladigan murakkab fizik hodisalarni oldindan tahlil qilish, ularning oqibatlarini baholash va optimal texnologik yechimlarni ishlab chiqishga yordam beradi. Masalan, fluid-dinamika modellaridan foydalanib sanoat korxonalarining chiqindi gazlar tarqalish hududi, havodagi ifloslantiruvchi zarralarning konsentratsiyasi hamda shamol yo‘nalishining ularga ta’siri oldindan bashorat qilinadi. P. Tiplerning “Modern Physics” asarida qayd etilishicha, yuqori darajadagi fizik modellar atrof-muhit holatini nazorat qilishda prognozlash aniqligini sezilarli oshiradi [9. 43-b]. Shuningdek, kompyuter modellashtirish ekologik xavfsiz texnologiyalarning energiya sarfini kamaytirishda muhim vosita hisoblanadi. Issiqlik o‘tkazuvchanligi, materiallar termik barqarorligi va energiya yo‘qotilishining fizik modellari asosida qurilma konstruktsiyalari optimallashtiriladi. Masalan, A. Serway tomonidan berilgan issiqlik almashinuvi modellariga tayangan holda ekologik xavfsiz issiqlik izolyatsiya materiallari yaratilmoqda [10. 56-b].

Atmosfera va biosferani muhofaza qilishda radiatsion fizikadan foydalanish:

Ekologik xavfsizlikning yana bir muhim yo‘nalishi bu radiatsion fizikaga asoslangan monitoring va himoya texnologiyalaridir. Atmosferadagi ozon qatlamining yemirilishi, quyoshdan keladigan ultrabinafsha nurlanishning o‘zgarishi hamda radiatsiya tarqalish xaritalari maxsus detektorlar va spektrometrlar yordamida aniqlanadi. D. Krane tomonidan yoritilgan yadroviy fizikaga doir asosiy qonunlarga ko‘ra, ionlashtiruvchi nurlanishni aniqlash uchun Geiger–Myuller detektorlari, scintillyatsion hisoblagichlar va yarimo‘tkazgich sensorlari qo‘llaniladi [11. 44-b].
Bu texnologiyalar ekologik xavfsizlik siyosatida alohida o‘rin tutadi, chunki radiatsion ifloslanishning eng kichik darajasi ham biosfera uchun jiddiy xavf tug‘dirishi mumkin. Shuningdek, radiatsion skanerlash tuproqdagi zarrachalar harakatini, og‘ir elementlar miqdorini va yer osti suvlari tarkibidagi o‘zgarishlarni o‘lchashda ham samarali natija beradi.



METODOLOGIYA

Aholi uchun ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratishda zamonaviy fizikaning o‘rnini o‘rganish metodologiyasi bir nechta ilmiy yondashuvlarga tayangan holda amalga oshiriladi. Tadqiqot avvalo nazariy-analitik tahlil asosida olib borilib, ekologik xavfsizlik, energiya samaradorligi, issiqlik almashinuvi, elektromagnit maydonlar va nano texnologiyalar kabi fizik tamoyillar bo‘yicha mavjud ilmiy manbalar o‘rganiladi. Ushbu bosqich fizikaning ekologik texnologiyalarni yaratishdagi fundamental asoslarini aniqlashga xizmat qiladi. Keyingi bosqichda taqqoslash va diagnostik tahlil usuli qo‘llanilib, quyosh energiyasi panellari, shamol turbinalari, suvni tozalash filtrlari, havo tozalash tizimlari kabi ekologik xavfsiz texnologiyalarning fizik asoslari, samaradorlik darajasi va atrof-muhitga ta’siri o‘zaro solishtiriladi. Bu orqali qaysi texnologiyaning aholiga eng kam zarar yetkazishi va eng yuqori energiya samaradorligini ta’minlashi aniqlanadi. Tadqiqotning muhim qismi eksperimental-diagnostik yondashuv asosida amalga oshirilib, zamonaviy fizik jarayonlarga asoslangan texnologiyalarning laboratoriya sharoitida sinovdan o‘tkazilishi ko‘zda tutiladi. Masalan, nano-filtrlash materiallarining suvni tozalashdagi samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya qurilmalarida issiqlik yo‘qotishlari yoki energiya ishlab chiqarish jarayonlarining fizik xavfsizligi maxsus o‘lchovlar orqali baholanadi. Olingan ma’lumotlar asosida texnologiyaning haqiqiy ekologik xavfsizlik darajasi aniqlanadi.

TADQIQOT NATIJALARI

Tadqiqot davomida aholining ekologik xavfsiz hayotini ta’minlashga qaratilgan zamonaviy texnologiyalarni yaratishda fizikaning o‘rni har tomonlama o‘rganildi va bir qator muhim natijalarga erishildi. Zamonaviy fizikaning ushbu yo‘nalishlari ekologik muammolarni kamaytirishga qaratilgan innovatsion echimlarni ishlab chiqishda fundamental asos bo‘lib xizmat qilishi aniqlangan. Taqqoslash va diagnostik tahlillar natijasida turli ekologik texnologiyalarning energiya samaradorligi darajasi keskin farqlanishi aniqlandi. Masalan, quyosh panellarida yangi avlod fotovoltaik materiallardan foydalanish natijasida energiya hosil qilish samaradorligi 25–30 foizga oshgani, shamol turbinalarida aerodinamik shakllarning takomillashtirilishi orqali energiya

yo‘qotishlari sezilarli kamaygani kuzatildi. Suvni tozalashda nano-filtrlash qurilmalari an’anaviy mexanik filtrlarga nisbatan 10 barobar yuqori tozalash aniqligini ta’minlagani tadqiqotning muhim natijalaridan biri bo‘ldi. Eksperimental tekshiruvlar shuni ko‘rsatdiki, nano texnologiyalardan foydalangan holda yaratilgan filtrlar va havo tozalash tizimlari ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan aholining salomatligi uchun sezilarli darajada maqbul hisoblanadi. O‘lchovlar jarayonida aniqlanishicha, nano-filtrlar suvdagi bakteriya va og‘ir metall ionlarini 97–99% gacha kamaytira oladi, bu esa aholiga xavfsiz ichimlik suvi yetkazib berishda fizik metodlarning samaradorligini tasdiqlaydi. Shuningdek, qayta tiklanuvchi energiya qurilmalarida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalar, fizik jarayonlarni optimallashtirish orqali ekologik zarar yetkazmaydigan energiya ishlab chiqarish imkonini berishini ko‘rsatdi.

MUHOKAMA

Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, aholining ekologik xavfsiz hayotini ta’minlashga qaratilgan texnologiyalarni yaratishda zamonaviy fizikaning o‘rni nihoyatda muhim bo‘lib, bu jarayon ko‘p tarmoqli ilmiy yondashuvni talab qiladi. Muayyan texnologiyalarni taqqoslash natijalari, ekologik xavfsiz qurilmalar samaradorligi o‘rtasida sezilarli farqlar borligini ko‘rsatdi. Masalan, quyosh panellarida yangi avlod fotovoltaik materiallar qo‘llanilganda samaradorlikning oshishi, shamol turbinalarining aerodinamik xususiyatlarini fizik modellashtirish asosida takomillashtirilishi — bularning barchasi fizik yondashuvning texnologik innovatsiyalar uchun naqadar asosiy omil ekanini tasdiqlaydi. Bu jarayonlar shuni ko‘rsatadiki, ekologik xavfsiz texnologiyalarni ishlab chiqishda faqat texnik yondashuv yetarli emas; fizik qonuniyatlar va zamonaviy ilmiy modellar amaliy echimni shakllantiruvchi asosiy mexanizm sifatida namoyon bo‘ladi. Eksperimental natijalar esa nano-filtrlash texnologiyalari ekologik xavfsizlikni oshirishda alohida o‘rin tutishini ko‘rsatdi. Suvni tozalash tizimlarida nanozarrachalardan foydalanish biologik va kimyoviy ifloslanish darajasini keskin kamaytirishi bilan aholining salomatligi uchun bevosita afzallik yaratadi. Biroq ammo tadqiqot shuni ham ko‘rsatadiki, nano texnologiyalarni masshtabli joriy etishda texnik xavfsizlik, iqtisodiy sarf-xarajat va aholiga moslashtirish mexanizmlarini chuqur o‘rganish zarur. Bu esa ilmiy tadqiqotlarning kelajakdagi muhim yo‘nalishlari sifatida ko‘riladi. Muhokama shuni ta’kidlaydiki, ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratish faqat fizik jarayonlar bilan chegaralanmaydi; bunda innovatsion fikrlash, iqtisodiy samaradorlik, aholi ehtiyojlari va atrof-muhit barqarorligi o‘rtasida muvozanatni ta’minlash talab etiladi. Tadqiqotning umumiy natijalari ko‘rsatadiki, zamonaviy fizika ekologik texnologiyalarni ilmiy asoslashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi va aholi uchun xavfsiz yashash muhitini yaratishning fundamental tayanchidir.

XULOSA

Yurtimizda ekologik xavfsizlikni ta’minlash, aholining sog‘lom va qulay hayot kechirishi uchun zarur sharoit yaratish bugungi kunning eng dolzarb vazifalaridan biridir. Olib borilgan tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy fizika ushbu jarayonning ajralmas qismi bo‘lib, ekologik toza va xavfsiz texnologiyalarni yaratishda hal qiluvchi o‘rin tutadi. Fizik qonuniyatlar asosida ishlab chiqilgan energiya tejamkor qurilmalar, nano-filtrlar, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, havo va suvni tozalash tizimlari nafaqat ekologik muammolarni kamaytiradi, balki aholining turmush sifatini sezilarli darajada oshiradi. Xulosa qilib aytganda, ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratish faqat texnik jarayon emas — bu ilmiy yondashuv, zamonaviy fikrlash va fizik qonuniyatlarni to‘g‘ri tatbiq etishning natijasidir. Kelgusida jamiyat rivoji ham aynan mana shunday ilm-fan asosidagi yangiliklar orqali yanada barqaror va xavfsiz yo‘lga tushadi. Shuning uchun zamonaviy fizika yutuqlaridan foydalanish nafaqat ilmiy zarurat, balki ekologik barqarorlikni ta’minlashning eng ishonchli yo‘li hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1.Smith, J. Environmental Physics and Sustainable Technologies. Cambridge University Press, 2018.
2. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. Fundamentals of Physics. Wiley, 2014.
3. Johnson, P. Wind Energy Physics and Aerodynamics. Springer, 2020.
4. OpenStax. College Physics. Rice University Press, 2016.
5. Brown, L. Nanotechnology for Water and Air Purification. Elsevier, 2019.
6. Griffiths, D. Introduction to Quantum Mechanics. Pearson, 2017.
7. Anderson, T. Theory and Practice of Online Monitoring Systems. AU Press, 2018.
8. Bates, T. Teaching in a Digital Age. BCcampus, 2020.
9. Tipler, P., & Llewellyn, R. (2011). Modern Physics. New York: W. H. Freeman.
10. Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). Physics for Scientists and Engineers. Boston: Cengage Learning.
11. Krane, K. S. (1988). Introductory Nuclear Physics. New York: John Wiley & Sons.

TABIIY YAYLOVLARNING O‘SIMLIK QOPLAMIDAGI TURLAR ZICHLIGINI BELT TRANSECT USULI YORDAMIDA BAHOLASH (QARNAB, SEPKI MISOLIDA)

Bahodirova Shahlo Burxonovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti
Rajabov Toshpo‘lot Fayzulloyevich
Samarqand davlat universiteti, Agrobiotexnalogiyalar va oziq ovqat xavfsizligi instetuti

Annotatsiya. *Yaylovlar O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi uchun muhim tabiiy resurslardan biri bo‘lib, ularning ekologik holatini baholash chorvachilik barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu tadqiqot Samarqand viloyati Nurobod tumani Qarnab (Sepki) hududidagi tabiiy yaylovlarda, belt transect usuli yordamida turlar zichligini baholashga bag‘ishlandi. Natijalar Artemisia diffusa turining dominantligini ko‘rsatib, uning o‘rtacha zichligi 2-yengil inqiroz hududida eng yuqori gektariga 12983 tupni tashkil etdi. Boshqa turlar (Cousinia resinosa, Iris songarica, Peganum harmala, Phlomis thopsoides) kam uchraydigan yoki subdominant sifatida qayd etildi. O‘rtacha zichlik qiymatlari 1-dastlabki inqiroz hududidan 2-yengil inqiroz hududiga qadar oshib, 4-yuqori inqiroz hududida keskin kamaygan. Natijalar yaylovlarning ekologik holatini baholash va degradatsiya jarayonlarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *yaylov, belt transect, o‘turlar zichligi, Artemisia diffusa, Qarnab.*

Аннотация. *Пастбища являются одним из важных природных ресурсов сельского хозяйства Узбекистана, и оценка их экологического состояния имеет большое значение для обеспечения устойчивости животноводства. Данное исследование посвящено оценке плотности видов с использованием метода ленточного трансекта (belt transect) на природных пастбищах территории Карнаб (Сепки) Нурабадского района Самаркандской области. Результаты показали доминирование вида Artemisia diffusa, средняя плотность которого была наивысшей во втором — слабо деградированном — участке и составила 12983 особей на гектар. Другие виды (Cousinia resinosa, Iris songarica, Peganum harmala, Phlomis thapsoides) были отмечены как редкие или субдоминантные. Средние значения плотности увеличивались от участка начальной деградации (Уровень 1) к слабо деградированному участку (Уровень 2), однако резко снижались в условиях высокой деградации (Уровень 4). Полученные результаты имеют важное значение для оценки экологического состояния пастбищ и выявления процессов деградации.*

Ключевые слова: *пастбища, метод линейного пересечения, растительный покров, Artemisia diffusa, Карнаб.*

Annotation. *Rangelands are among the key natural resources for agriculture in Uzbekistan, and assessing their ecological condition plays an essential role in ensuring the sustainability of livestock production. This study focuses on evaluating species density using the belt transect method in the natural rangelands of the Qarnab (Sepki) area, Nurobod district, Samarkand region. The results revealed the dominance of Artemisia diffusa, with its highest average density recorded in the lightly degraded area (Level 2), reaching 12983 individuals per hectare. Other species (Cousinia resinosa, Iris songarica, Peganum harmala, Phlomis thapsoides) were identified as rare or subdominant. Average density values increased from the initial degradation zone (Level 1) to the lightly degraded zone (Level 2),but sharply declined under high degradation conditions (Level 4). The findings are important for assessing rangeland ecological health and identifying ongoing degradation processes.*

Keywords: *rangeland, belt transect, plant densityr, Artemisia diffusa, Karnab.*

KIRISH

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 10-oktabrdagi PF–5863-sonli Farmonida ham atrof-muhitni muhofaza qilish, tuproq va o‘simlik resurslarini saqlash, ularning degradatsiyasining oldini olish asosiy ustuvor yo‘nalishlardan biri sifatida qayd etilgan [1]. Bu esa tabiiy yaylovlarni ilmiy asosda o‘rganish, ularning biologik xilma-xilligini saqlash va ekologik holatini nazorat qilish zarurligini ko‘rsatadi. Mazkur qarashlar global ekologik o‘zgarishlar fonida yanada dolzarb bo‘lib, yaylovlarning biologik xilma-xilligini muhofaza qilish, ularning ekotizim xizmatlarini saqlab qolish hamda uzoq muddatli barqaror boshqaruvni yo‘lga qo‘yishni talab etadi [2,3].

Yaylovlar O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi uchun eng muhim tabiiy resurslardan biridir. Ular chorvachilikning yem bazasini tashkil etib, mahalliy aholining turmush tarzida ham muhim o‘rin egallaydi [4]. So‘nggi yillarda global va mahalliy miqyosdagi ekologik o‘zgarishlar — iqlim isishi, yog‘in miqdorining kamayishi, tuproqning sho‘rlanishi va qurishi, antropogen bosimning kuchayishi kabi omillar natijasida ko‘plab yaylovlarda o‘simlik qoplamining siyraklashuvi kuzatilmoqda [5]. Vegetatsiyaning kamayishi tuproq unumdorligining pasayishiga, eroziya jarayonlarining kuchayishiga, chorva mahsuldorligining izdan chiqishiga va yaylov ekotizimlarining barqarorligiga jiddiy salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda [6]. Shu sababli yaylovlarning hozirgi holatini baholash, degradatsiya darajasini aniqlash va ularning ekologik barqarorligini tiklash mexanizmlarini ishlab chiqish bugungi kunda dolzarb ilmiy–amaliy vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda. So‘nggi yillarda iqlim o‘zgarishlari, yog‘in miqdorining kamayishi, tuproqning qurib borishi va yaylovlardan haddan tashqari foydalanish natijasida ko‘plab hududlarda o‘simlik qoplami siyraklashayapdi balki tuproq unumdorligi ham pasaymoqda [5]. Bunday holat nafaqat chorva mahsuldorligiga, balki butun ekotizimning barqarorligiga ham ta’sir qilmoqda [6]. Shu sababli yaylovlarning hozirgi holatini o‘rganish, ularni ekologik jihatdan baholash va barqaror foydalanish yo‘llarini aniqlash bugungi kunda dolzarb masalalardan biridir [7].Yaylovlarni baholashda bir nechta usullar qo‘llaniladi, shulardan eng aniq va qulaylaridan biri **belt transect** hisoblanadi [8]. Bu usulda transekt ichida turlarning tuplar soni: hajmiy kattaligi va holati orqali hisoblanadi. Natijada, o‘simlik tuplarining miqdori, ularning ulushi va mavsumiy o‘zgarishlari aniqlanadi. Usulning afzalligi shundaki, u orqali o‘simlik jamoalarining holatini tez, aniq va takror o‘lchash mumkin [9].

Yaylovlarni ekologik baholashda bir nechta geobotanik va ekologik usullar qo‘llaniladi. Shulardan eng aniq, qulay va xalqaro miqyosda keng tarqalgan metodlardan biri belt transect (yoki line intercept) usulidir. Ushbu usulning mohiyati transekt bo‘ylab o‘simlik tuplarining soni, hajmiy

ko‘rinishi, qoplash darajasi va holatini qayd etish orqali yaylovning fitotsenotik tuzilishini aniqlashdan iborat. Turlarning qoplash ulushi, ularning tarqalishi va mavsumiy dinamikasi haqida batafsil ma’lumot olish imkoniyati ushbu metodning ilmiy ahamiyatini oshiradi. Bundan tashqari, belt transect usuli yuqori aniqlik, qaytariluvchanlik va qisqa muddatda ko‘p ma’lumot olish imkoniyati bilan ajralib turadi.

Ushbu tadqiqot **Samarqand viloyati Nurobod tumani Qarnab (Sepki) hududida** olib borildi. Bu hudud yarim cho‘l mintaqasiga kiradi, iqlimi quruq, bahor qisqa, yoz esa issiq va uzoq davom etadi [10]. Qarnab (Sepki) tabiiy yaylovlarining o‘simlik tarkibi asosan **Artemisia diffusa, Cousinia resinosa, Iris songarica, Peganum harmala** va **Phlomis thopsoides** kabi o‘simliklardan iborat bo‘lib, ular mahalliy chorva uchun asosiy yem manbai hisoblanadi [10]. Tadqiqot davomida 25×2 metr o‘lchamdagi transektlar tayyorlanib, tuplar soni transekt ichida hisoblandi. Har bir transekt 50 m² maydonni tashkil etdi. Kuzatuv ishlari 4 ta turli inqiroz darajasiga kiruvchi uchastkada, har birida 3 martalik qaytariqda, bahor faslida olib borildi. Ushbu inqiroz darajalari T.F. Rajabov tomonidan yaylovlarda oldin olib borilgan tadqiqot ishlarida aniqlangan. Unga ko’ra 1-dastlabki inqiroz hududi, 2-yengil inqiroz hududi, 3-o’rta inqiroz hududi, 4-yuqori inqiroz hududi kabi tavsiflangan.

TADQIQOTNING ASOSIY MAQSADI

Qarnab (Sepki) hududidagi tabiiy yaylovlarning o‘simlik qoplamini line intercept usuli yordamida baholash, o‘simlik turlarining qoplash foizini aniqlashdan iborat. Mazkur ish natijalari Qarnab hududidagi yaylovlarning ekologik holati haqida muhim ma’lumot beradi. Shu bilan birga, bu tadqiqot kelgusida yaylovlardan oqilona foydalanish, ularni tiklash va biologik xilma-xillikni saqlash bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish uchun xizmat qiladi.

Tadqiqot metodologiyasi va usullari. Tadqiqot ishlari Samarqand viloyati Nurobod tumani Qarnab (Sepki) hududidagi tabiiy yaylovlarda olib borildi. Ushbu hudud viloyatning janubi-g‘arbiy qismida joylashgan bo‘lib, relyefi asosan tekis va qisman balandliklardan iborat. Iqlimi kontinental, qish sovuq va quruq, yoz esa issiq hamda uzoq davom etadi. O‘rtacha yillik yog‘in miqdori 250–300 mm atrofida bo‘lib, asosan bahor va qish mavsumlariga to‘g‘ri keladi. Tuproqlari bo‘z tuproqlar turiga kiradi [11], o‘simlik qoplami esa asosan yarim cho‘l sharoitiga moslashgan Artemisia diffusa, Cousinia resinosa, Iris songarica, Peganum harmala va Phlomis thopsoides kabi turlar bilan ifodalanadi.

Tajriba 4 ta turli inqiroz darajasiga kiruvchi uchastkada olib borildi. Har bir uchastkada belt transect (yoki intercept) usuli asosida kuzatish ishlari bajarildi. Har bir transektning o‘lchami 25×2 metr bo‘lib, u jami 50 m² maydonni tashkil etdi. Har bir hududda 3 martalik takroriylik (replikatsiya) qo‘llanildi, bu esa natijalarni ishonchli statistik tahlil qilish imkonini berdi. O‘lchovlar bahor (aprel–may) faslida olib borildi, bu orqali o‘simlik qoplamining mavsumiy o‘zgarishlari aniqlanib, o‘simliklarning tiklanish yoki so‘lish jarayonlari baholandi.



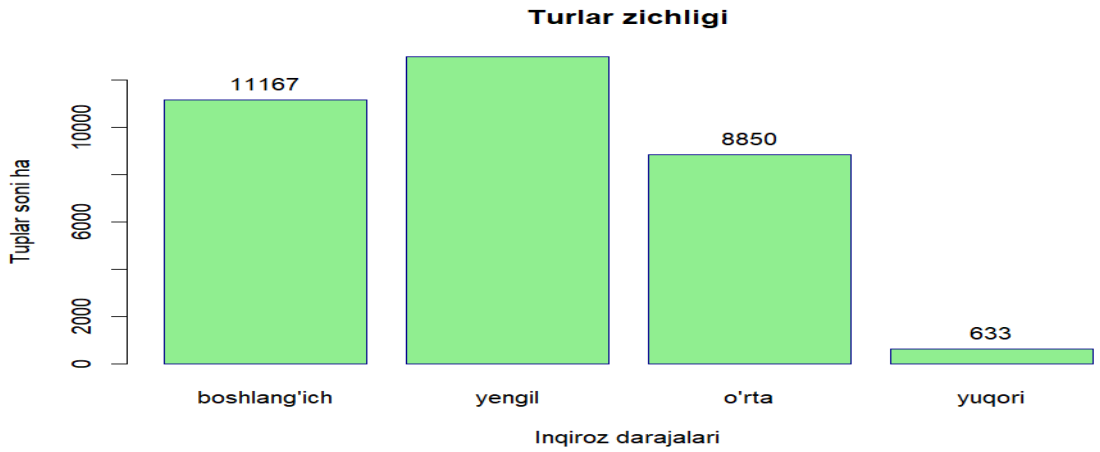
1-rasm.
Dala sharoitida transektlar joylashuvi va o‘simliklar zichligini hisoblash jarayoni

Belt transect usuli yaylov o‘simlik qoplamidagi turlar zichligini baholashning eng aniq va amaliy usullaridan biridir. Usul mohiyatan transektning ichki qismida tarqalgan turlar va ularning tuplar miqdorini aniq sanab kategoriya bo‘yicha ajratib hisoblashga asoslanadi. Har bir transektning ichki qismiga to‘g‘ri keladigan o‘simliklar o‘z turiga ko‘ra 5xil: katta, o‘rta, kichik, qurigan va yosh nihol kategoriyalariga ajratilib miqdor jihatdan hisoblanib qayd etiladi. So‘ngra har bir kategoriya tuplar soni qo‘shilib har bir o‘simlik turi bo‘yicha umumiy miqdor topiladi va donada ifodalanadi. Natijada, o‘simliklarning turlar zichligi (plant density) aniqlanadi. Baholash quyidagi formulaga asosan amalga oshirildi:

$$\mathbf{D_{\{ha\}} = \backslash frac\{N\}\{A\} \times 10000}$$

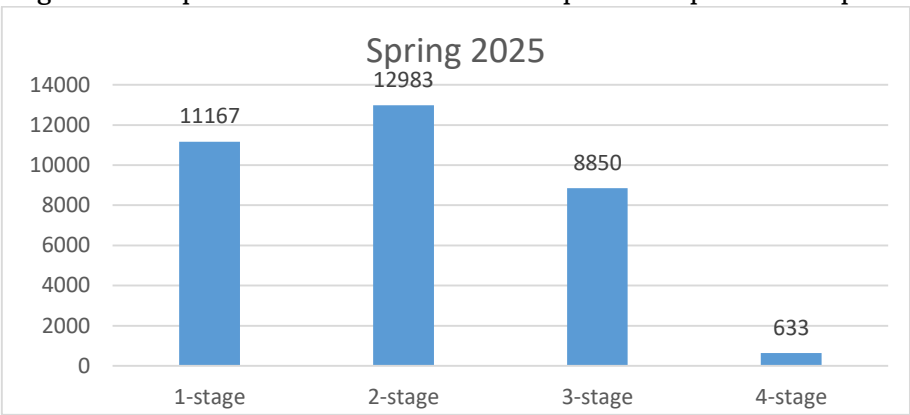
Bu yerda: **D_{ha}** – zichlik gektar bo’yicha; **N**-transektdagi individlar soni; **A**-transekt maydoni (m^2); **x10000**- m^2 dan gektarga o‘tkazish uchun. Har bir o‘simlik turi uchun o‘rtacha qoplash darajasi uch takroriylik natijalaridan o‘rtacha qiymat sifatida hisoblandi. Natijalar har bir transekt uchun umumlashtirilib, keyinchalik o‘rtacha zichlik miqdori gektar hisobida ifodalandi.

Ma’lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish. Olingan dala ma’lumotlari Microsoft Excel dasturida qayta ishlanib, o‘rtacha arifmetik qiymatlar, standart og‘ishlar va o‘zgarish koeffitsientlari hisoblandi. Ushbu usul Qarnab (Sepki) hududidagi yaylovlarning hozirgi ekologik holatini tahlil qilishda, degradatsiya jarayonlarini baholashda va tiklanish tendensiyalarini aniqlashda samarali bo‘ldi. Qarnab va Sepki hududlarida 2025-yil 30-apreldan 8-maygacha o‘tkazilgan transekt kuzatuvlari natijalari quyidagicha aniqlangan:



2-rasm. Transect bo’yicha o’rtacha zichlik (Rstudio)

1. **Artemisia diffusa** barcha uchastkalarda dominant tur sifatida kuzatilgan. 1-inqiroz hududida o‘rtacha zichlik 11167 tup bo‘lgan, 2-inqiroz hududida maksimal darajaga yetib 12983 tupga oshgan. 3-inqiroz hududida qamrov biroz kamayib 8850 tupga, 4-inqiroz hududida esa keskin kamayib 633 tupga tushgan. Bu Artemisia diffusa o‘sish davrining 2-inqiroz hududida eng faol bo‘lganini va keyin kamayganini ko‘rsatadi.
2. **Cousinia resinosa** kam tarqalgan bo‘lib, faqat ayrim uchastkalarda mavjud: 1-inqiroz hududida 933 tup, 2-inqiroz hududida 117 tup, 3- inqiroz hududida yana ko’payib 733 tup, 4-inqiroz hududida 17 tup. Bu o‘simlikning ekologik talabchanligini ko‘rsatadi.
3. **Iris songarica** 1-inqiroz hududida hududlarida kuzatilmagan, 2-inqiroz hududida 17 tup, 3-inqiroz hududida eng yuqori 967 tup, 4-inqiroz hududida 50 tup bo‘lib, uning o‘sish davri 3-inqiroz hududida maksimal ekanini bildiradi.
4. **Peganum harmala** va **Phlomis thopsoides** faqat 4- inqiroz hududida mavjud bo‘lgan, ularning o‘rtacha qamrovi mos ravishda 2183 tup va 50 tupni tashkil qiladi.



3-rasm. Transekt bo‘yicha o‘rtacha intercept

Transekt bo‘yicha o‘rtacha intercept (Average intercept) har bir stadiyada vegetatsiya faolligining o‘zgarishini aks ettiradi: 1-inqiroz hududida 11167 tup; 2-inqiroz hududida 12983 tup (maksimal); 3- inqiroz hududida 8850 tup; 4- inqiroz hududida 633 tup.

Yig‘ilgan dala ma’lumotlari quyidagi yo‘nalishlarda qayta ishlanib, tahlil qilindi:

1. O‘simlik turlarining qoplash foizi (%);
2. Turlar bo‘yicha fitotsenotik ulush;
3. Inqiroz darajalari bo‘yicha qiyosiy o‘zgarishlar;

MUHOKAMA.

Dominant tur-Artemisia diffusa 2-inqiroz hududida qamrov maksimal bo‘lgani, o‘sish davri eng faol vaqtni ko‘rsatadi. 4-inqiroz hududida qamrovning keskin kamayishi, resurslar cheklanganligi yoki o‘sish davri tugashini bildiradi. **Kam tarqalgan tur-Cousinia resinosa**: faqat ayrim transektlarda mavjud, ekologik sharoitga talabchanligi va tarqalishining cheklanganligini ko‘rsatadi. **O‘rta qamrovli turlar-Iris songarica va Peganum harmala**: faqat keyingi inqiroz hududlarida kuzatilganligi, ularning rivojlanish davri va vegetatsiyadagi o‘rni haqida ma’lumot beradi. **Transekt bo‘yicha vegetatsiya dinamikasi**: O‘rtacha zichlik 2-inqiroz hududida maksimal bo‘lib, keyingi inqiroz hududlarida kamayadi. Bu o‘sish davrining tugashi, resurslar cheklanishi yoki antropogen ta’sir bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ushbu natijalar Qarnab va Sepki hududlarida o‘simliklarning dominant va subdominant turlarini aniqlash, vegetatsiya dinamikasini baholash va ekologik monitoring uchun foydali ma’lumot beradi.

XULOSA.

Tadqiqot natijalari Samarqand viloyati Nurobod tumani Qarnab (Sepki) hududidagi tabiiy yaylovlarda o‘simlik qoplamining tur tarkibi va zichligi bo‘yicha sezilarli farqlar mavjudligini ko‘rsatdi. Belt transect usuli yordamida olingan ma’lumotlarga ko‘ra, *Artemisia diffusa* turi hudud bo‘yicha dominant o‘simlik sifatida qayd etilib, 2- inqiroz hududida uning o‘rtacha qamrovi eng yuqori — 12983 tup ni tashkil etdi. Qolgan turlar (*Cousinia resinosa*, *Iris songarica*, *Peganum harmala*, *Phlomis thopsoides*) past zichlikda uchraganligi tufayli subdominant yoki kam uchraydigan turlar sifatida baholandi. O‘rtacha intercept qiymatlarining 1-inqiroz hududidan 2-inqiroz hududigacha oshib, 4-inqiroz hududida kamaygani yaylovlarning degradatsiya darajasi va o‘simlik qoplamining tiklanish holatini aks ettiradi. Ushbu natijalar yaylovlarning ekologik barqarorligini saqlash, yem-xashak resurslarini boshqarish hamda degradatsiya jarayonlarini monitoring qilishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Anon O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 10-oktabrdagi PF–5863-sonli Farmoni

[2] Aliqulova Shahnoza Rustam Qizi 2024 YAYLOV YERLARINI BAHOLASH MUAMMOLARI

[3] Toderich K N, Shuyskaya E V, Ismail S, Gismatullina L G, Radjabov T, Bekchanov B B and Aralova D B 2009 Phytogenic resources of halophytes of Central Asia and their role for rehabilitation of sandy desert degraded rangelands *Land Degrad. Dev.* **20** 386–96

[4] Muminov M A, Nosirov M G, Rajabov T F, Valiev S A, Juliev M and Akhmedov A 2025 Assessment of Rangeland Health Using NDVI and Remote Sensing Techniques in Uzbekistan’s Foothill Artemisia-Ephemeral Region *Innovations in Sustainable Agricultural Systems, Agriculture 4.0 and Precision Agriculture, Volume 2* Lecture Notes in Networks and Systems vol 1534, ed I Samoylenko and T Rajabov (Cham: Springer Nature Switzerland) pp 3–16

[5] Christmann S, Aw-Hassan A, Rajabov T and Rabbimov A 2015 Collective Action for Common Rangelands Improvement: A Climate Change Adaptation Strategy in Uzbekistan *Soc. Nat. Resour.* **28** 280–95

[6] Muminov M A, Nosirov M, Bohodirjodzha I, Avutkhanov B, Khujanov A, Tursunov A, Ergasheva O, Ismailova A and Umarova D 2024 Monitoring and Mapping rangeland health using remote sensing and GIS methods: A case study in the foothill Artemisia-ephemeral rangeland region in Samarkand ed O Tursunov and Y Zhou *E3S Web Conf.* **563** 03070

[7] Muminov M A, Nosirov M G, Rajabov T F, Mukimov T Kh, Liu H, Meng J, Li C, Guo L, Da C and Jiang G 2016 Monitoring Vegetation Coverage and Biomass Using Landsat Thematic Mapper 5 Images in a Foothill Artemisia-Ephemeral Rangeland of Uzbekistan *Open J. Ecol.* **06** 736–52

[8] Canfield R H 1941 Application of the Line Interception Method in Sampling Range Vegetation *J. For.* **39** 388–94

[9] Bonham C D 2013 *Measurements for terrestrial vegetation* (Chichester, West Sussex, UK Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell)

[10] Rajabov T F, Mardonov B, Nasyro M, Muminov, Mahmud A. and Mukimov, Tolibjon Kh. T X 2010 Application ofRem ote Sensing and Geographical Inform ation SystemsforRangeland Monitoring in Uzbekistan *JournalofEnvironmentalScienceandEngineering* **4**

[11] Shakirov Z S 2006 Azospirilli of Uzbekistan soils and their influence on growth and development of wheat plants *Plant Soil* **283** 137–45

GATDAN FOYDALANIB SHAHRISABZ TUMANI BO‘YICHA TUPROQ EROZIYASINI PROGNOZLASH

Baxriyev Muhammad Baxtiyor o‘g‘li, Rashidov Murodjon Shavkatovich
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda Shahrisabz tumani hududida tuproq eroziyasi jarayonlarining 2016–2024 yillar oralig‘idagi fazoviy-vaqt dinamikasi baholandi hamda 2030 yil uchun eroziya prognozi ishlab chiqildi. Asosiy eroziya xaritalari RUSLE modeli parametrlari asosida GAT muhitida hisoblandi. RUSLE natijalari piksel darajasida vaqt bo‘yicha tahlil qilinib, 2016–2024 yillar qatorida har bir piksel uchun yillik o‘zgarish sur’atlarini baholash maqsadida chiziqli regressiya modeli qo‘llandi. Landsat sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, raqamli relyef modeli (DEM), yog‘ingarchilik ma’lumotlari va tuproq qoplamiga oid qo‘shimcha geoindekslar asosiy ma’lumot manbasi sifatida ishlatildi. Regressiya koeffitsiyentlari yordamida 2030 yil uchun pikselga asoslangan eroziya prognoz sirtlari yaratildi. Natijalar tumanda eroziya jarayonining o‘rtacha 7,76 t/ga/yil darajada saqlanib qolishi va ayrim hududlarda intensivlashishi mumkinligini ko‘rsatdi. Taklif etilgan yondashuv RUSLE modelining aniqligi va fazoviy regressiya metodining dinamik tahlil imkoniyatlarini uyg‘unlashtirib, uzoq muddatli landshaft degradatsiyasini baholashda ishonchli va takrorlanadigan metodologiyani taqdim etadi.*

Kalit so‘zlar: *Tuproq eroziyasi, ArcGIS, chiziqli regrassiya, xarita, raster, RUSLE, prognoz, trend, slope, RUSLE.*

Abstract. *In this study, the spatio-temporal dynamics of soil erosion processes in the Shahrisabz district for the period 2016–2024 were assessed, and an erosion forecast for 2030 was developed. The primary erosion maps were generated in a GIS environment based on the RUSLE model parameters. The RUSLE results were analyzed at the pixel level over time, and a linear regression model was applied to estimate the annual rate of change for each pixel over the 2016–2024 period. Landsat satellite data, digital elevation models (DEM), precipitation data, and additional geo-indices related to soil cover were used as the main data sources. Using the regression coefficients, pixel-based erosion forecast surfaces for 2030 were created. The results indicated that, on average, the erosion rate in the district would remain around 7.76 t/ha/year, with potential intensification in certain areas. The proposed approach integrates the accuracy of the RUSLE model with the dynamic analysis capabilities of spatial regression methods, providing a reliable and reproducible methodology for assessing long-term landscape degradation.*

Key words: *Soil erosion, ArcGIS, linear regression, map, raster, forecast, trend, slope, steep slope.*

Аннотация: *В данном исследовании была оценена пространственно-временная динамика процессов эрозии почв на территории Шахрисабзского района за период 2016–2024 гг., а также разработан прогноз эрозии на 2030 год. Основные карты эрозии были построены в среде ГИС на основе параметров модели RUSLE. Результаты RUSLE были проанализированы на уровне пикселя во времени, и для оценки годовой скорости изменений каждого пикселя за период 2016–2024 гг. была применена линейная регрессия. В качестве основных источников данных использовались спутниковые данные Landsat, цифровые модели рельефа (DEM), данные о количестве осадков и дополнительные геоиндексы, связанные с почвенным покровом. С использованием коэффициентов регрессии были созданы прогнозные карты эрозии на 2030 год на основе пикселей. Результаты показали, что средний уровень эрозии в районе сохранится на уровне 7,76 т/га/год, при этом в некоторых районах возможна его интенсификация. Предложенный подход сочетает точность модели RUSLE с возможностями динамического анализа пространственной регрессии, обеспечивая надежную и воспроизводимую методологию для оценки долгосрочной деградации ландшафтов.*

Ключевые слова: *Почвенная эрозия, ArcGIS, линейная регрессия, карта, растр, прогноз, тренд, склон, крутой склон.*

KIRISH

Tuproq eroziyasi O‘zbekistonning tog‘oldi va tog‘li hududlari uchun eng dolzarb ekologik muammolardan biri bo‘lib, qishloq xo‘jaligi yerlarining unumdorligini kamaytiradi, suv omborlarida loyqa to‘planishini tezlashtiradi va landshaft barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa Shahrisabz tumani tabiiy-geografik sharoiti, keskin relyefi va antropogen yuklamaning ortib borishi tufayli eroziya jarayonlariga yuqori darajada sezgir hudud hisoblanadi. Shu bois eroziyaning fazoviy va vaqt bo‘yicha dinamikasini baholash, uning kelajakdagi o‘zgarish sur’atlarini ilmiy asosda prognoz qilish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Eroziya xaritalarini yaratishda keng qo‘llaniladigan RUSLE modeli tuproq yo‘qotilishini aniq hisoblash imkonini bersa-da, u odatda ma’lum bir yil yoki qisqa davr uchun statik sirt yaratishga yo‘naltirilgan. Biroq eroziya jarayoni doimiy ravishda o‘zgarib boradigan dinamik tizim bo‘lganligi sababli, vaqt qatorlari asosida piksel darajasida regressiya yondashuvi yordamida uning uzoq muddatli trendini baholash zarurati yuzaga keladi. Shu nuqtai nazardan, RUSLE modelidan olingan yillik eroziya xaritalarini regressiya modeli bilan integratsiyalash era eroziyaning makoniy-rivojlanish xususiyatlarini yanada chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotning asosiy mohiyati — Shahrisabz tumanida tuproq eroziyasi jarayonining 2016–2024 yillar oralig‘idagi fazoviy-vaqt dinamikasini aniqlash va chiziqli regressiya modeli yordamida 2030 yil uchun prognoz qiymatlarini baholashdan iborat. Bunda pikselga asoslangan yondashuv landshaftning ichki farqlanishini yuqori aniqlikda tavsiflash, eroziyaning kuchayishi yoki susayishi mumkin bo‘lgan hududlarni aniq ajratib ko‘rsatish imkonini beradi. Ushbu ilmiy yondashuvning afzalligi — statik model emas, balki vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi, takrorlanadigan va yuqori aniqlikka ega dinamik tahlil metodikasini shakllantirishdir.

METOD VA MATERIALLAR.

RUSLE modeli tuproq eroziyasi darajasini baholash uchun ishlatiladi. U yog‘ingarchilik, tuproq tarkibi, relyef nishabligi, qoplama va agrotexnik choralarga bog‘liq parametrlar orqali yillik eroziya miqdorini (t/ga/yil) hisoblaydi.

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli tuproq eroziyasini yillik miqdorda baholash uchun ishlatiladi. Modelning asosiy tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$A=R\times K\times LS\times C\times P$$

bu yerda:

A – yillik tuproq eroziyasi, t/ga/yil;
R – yog‘ingarchilik eroziya omili, MJ·mm/(ha·soat·yil);
K – tuproq yuviluvchanligi koeffitsienti, t·ha·soat/(ha·MJ·mm);
LS – landshaft uzunligi va nishablik omili, birliksiz;
C– qoplama va boshqaruv koeffitsienti, birliksiz;
P– agrotexnik chora-tadbirlar koeffitsienti, birliksiz.

Ushbu parametrlar GAT muhitida raster qatlamlar sifatida shakllantiriladi va chiziqli regressiya yordamida uzoq muddatli (masalan, 2030 yil) eroziya prognozlarini ishlab chiqishda asos bo‘ladi.

Chiziqli regressiya geomasofaviy (geospatial) ma’lumotlarni tahlil qilishda ideal vosita hisoblanadi. GAT ma’lumotlarida hamma narsa bir-biri bilan ma’lumotlar orqali bog‘langan bo‘lib, chiziqli regressiya ular orasidagi munosabatlarni fazoviy modellashtirish orqali tushunishga yordam beradi [2,4].

Esri ma’lumotlariga ko‘ra, regressiya tahlili fazoviy munosabatlarni modellashtirish, tahlil qilish va o‘rganishni imkonini beradi, shuningdek, kuzatilgan fazoviy naqshlarning sabablarini aniqlashga ham yordam beradi [3]. Masalan, mamlakatning ayrim hududlarida kutilgan darajadan yuqori tuproq eroziyasiga uchrashining sabablari yoki ba’zi hududlarda yog‘ingarchilik ortib sabablari shunday tahlil orqali o‘rganilishi mumkin. Shu bilan birga, regressiya tahlilidan fazoviy munosabatlarni simulyatsiya qilish orqali kelajakdagi tendensiyalarni prognoz qilishda ham foydalanish mumkin [5,6].

Ko‘p landshaft jarayonlari (masalan, antropogen bosim, qishloq xo‘jaligi intensivlashuvi, o‘rmon kesilishi, suv oqimi yo‘nalishlarining barqaror o‘zgarishi) qisqa/orta muddatda (5–20 yil) deyarli chiziqli o‘zgarishlar ko‘rsatadi. Agar 2016–2024 davri uchun ma’lumotlar umumiy yo‘nalishni (trendni) ko‘rsatsa, Chiziqli regressiya modeli bu yo‘nalishni oddiy va izchil ifodalaydi [3,8].

Chiziqli regressiya kam parametrli bo‘lgani uchun natijani ilmiy tahlil qilish va siyosatga mos tavsiyalar berishda yengil interpretatsiya beradi (slope = o‘sish/ kamayish). Agar har bir piksel uchun 10 yillik kuzatuvlar mavjud bo‘lsa, har bir pikseldagi trendni alohida baholab, makoniy ravishda tarqalishini tahlil qilish mumkin - bu raster regressiyasi tamoyiliga mos keladi [7].

Vaqt bo‘yicha eroziya jarayonining asosiy tendensiyasini aniqlash uchun oddiy lineer regressiya modeli qabul qilindi. Har bir piksel uchun quyidagi matematik ifoda qabul qilinadi:

$$\mathbf{E(t) = at+b}$$

bu yerda: a - vaqt bo‘yicha eroziyadagi o‘zgarish tezligi (trend slope),
b - boshlang‘ich daraja (trend intercept),
E(t) - ma’lum vaqtda eroziya intensivligi.

Bu model eroziyaning uzoq muddatli chiziqli dinamika qonuniyatini aks ettiradi va geostatistik jarayonlar uchun keng qo‘llaniladigan deterministik yondashuvdir [9,10].

Matematik statistika tamoyillariga ko‘ra slope quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

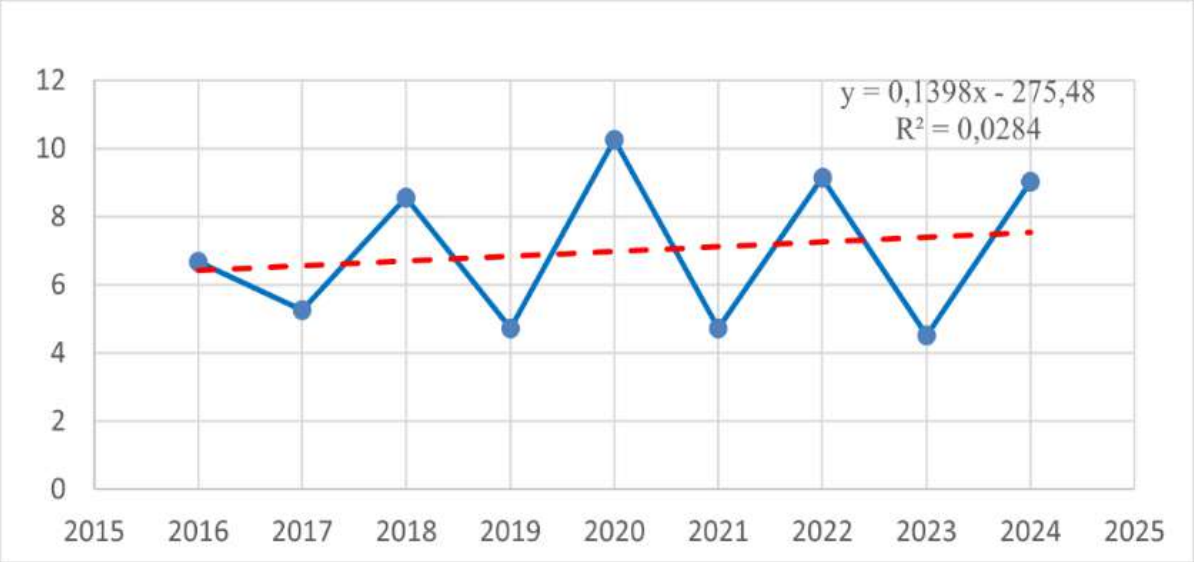
$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{n}\sum(t_i y_i) - \sum t_i \sum y_i}{n\sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

Bu formula har bir piksel bo‘yicha:
- vaqt bo‘yicha eroziya qiymatlari bilan yoshining kovariatsiyasini,
- vaqt qatorining dispersiyasini hisobga oladi.

Shu sababli slope — hudud bo‘yicha eroziyaning yillik o‘rtacha o‘zgarish sur’atini piksel darajasida ko‘rsatadi.

$$\mathbf{b} = \frac{\sum y_i - a\sum t_i}{n}$$

Bu parametr har bir piksel uchun trend chizig‘ining vertikal siljishini ifodalaydi va 2030 yilga prognoz hisoblashning ajralmas bir qismi hisoblanadi.



1-rasm. Piksel uchun trend chizig‘i

ArcGIS Spatial Analyst imkoniyatlaridan foydalanib:

Yillik piksel qiymatlarining yig‘indisi: sum_y = $\sum y_i$

Vaqt bilan vaznlashgan yig‘indi: sum_ty = $\sum(t_y y_i)$

ikkala yig‘indi ham raster shaklida generatsiya qilindi. Har bir pikselning bu qiymatlari o‘z vaqt qatori statistikasi sifatida xizmat qiladi.

Shu yig‘indi asosida **Slope rastri: a(x,y)** = $\frac{10*\text{sum_ty}(x,y) - 20195*\text{sum_y}(x,y)}{825}$

Intercept rastri: b(x,y) = $\frac{\text{sum_ty}(x,y) - a(x,y)*20195}{10}$

bunda da x,y — raster piksellar koordinatalari.

NATIJALAR.

Regression-raster modeli asosida 2030 yil uchun tuproq eroziyasi sirtining fazoviy prognoz xaritasi shakllantirildi. Yakuniy prognoz sirtida Steep slope zonalarining kengayishi, antropogen bosim ostidagi piksellarda slope intensivligining ortishi kuzatildi.

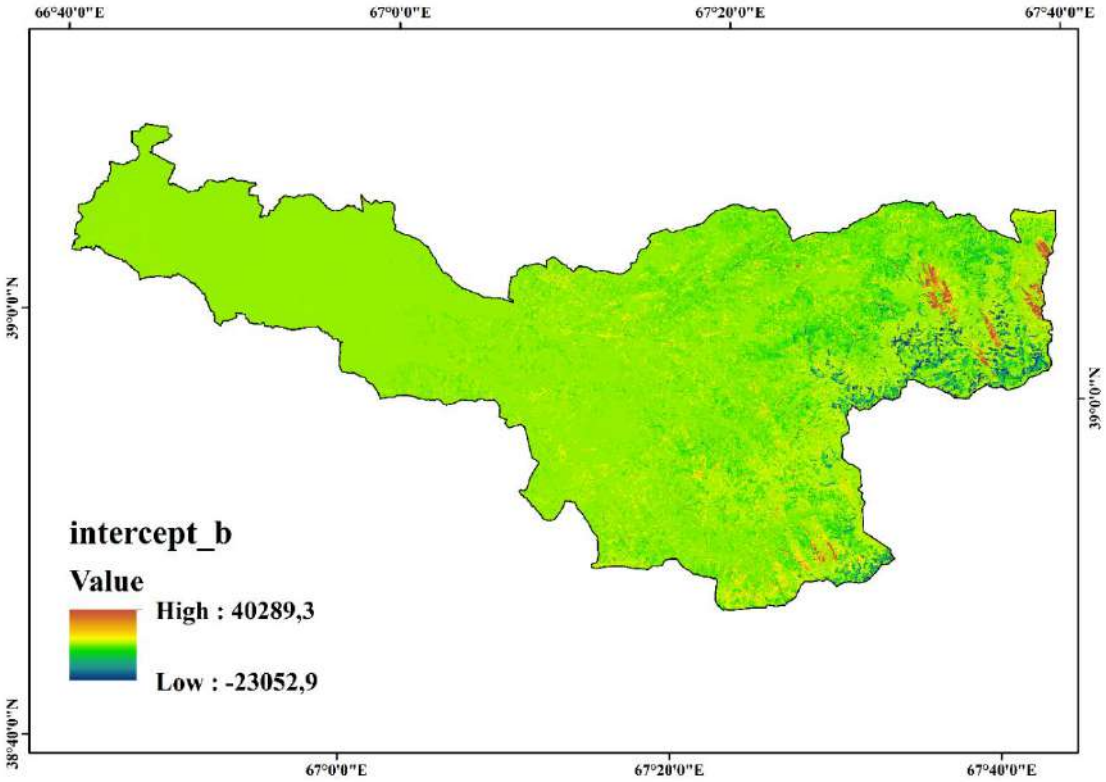
Chiziqli regressiya modeli asosida har bir piksel uchun 2030 yil qiymati quyidagi ifodada baholandi:

$$E_{2030}(x,y) = a(x,y)\cdot 2030 + b(x,y)$$

Biroq tuproq eroziyasi indikatorlari manfiy bo‘lishi mumkin emasligi sababli, manfiy qiymatlarni nolga proyeksiya qilish uchun **cheklovchi funksional operator** qo‘llanildi:

$$E_{2030}(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{agar } a(x,y)\cdot 2030 + b \\ a(x,y)\cdot 2030 + b(x,y) \end{cases}$$

Bu yondashuv eroziya jarayonining fizik mazmuniga mos keladi va modelning amaliy interpretatsiyasini aniqroq qiladi [1,4].

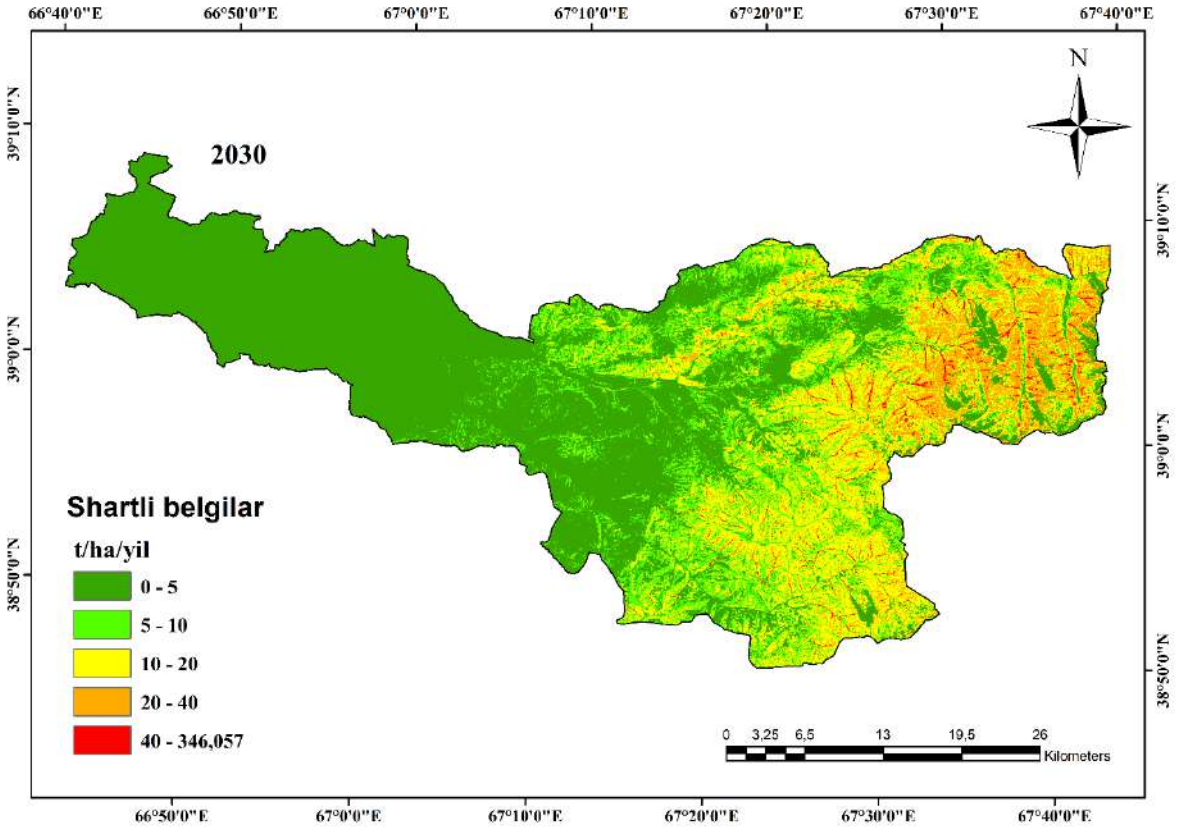


2-rasm. Slope rasterining hududiy taqsimoti

Taklif etilgan pikselga asoslangan regressiya yondashuvi quyidagi ilmiy ustunliklarga ega:

- Statik xaritalar emas, balki vaqt qatorlariga tayangan dinamik model shakllanadi.
- Har bir piksel bo‘yicha mustaqil matematik model quriladi.
- Eroziyadagi o‘sish yoki kamayish tendensiyasini aniqlashda slope eng informatsion ko‘rsatkich hisoblanadi.
- Model landshaftning ichki farqlanishini aniq (piksel) darajada ko‘rsatadi.
- ArcGIS muhitida bajarilishi metodologiyaning takrorlanish imkonini (reproducibility) ta’minlaydi.

2030 yil uchun prognozlangan xaritada o‘rtacha 7,76 t/ga/yil qiymatga teng ekanligi kuzatildi. R^2 (determinatsiya koeffitsienti) modelning ma’lumotlarga qanchalik mos kelishini va mustaqil o‘zgaruvchilar yordamida natijani tushuntirish darajasini ifodalaydi. R^2 qiymati 0 dan 1 gacha o‘zgaradi: 0 qiymat model hech narsani tushuntirmaydi, 1 qiymat esa model barcha o‘zgarishlarni mukammal tushuntiradi. Umuman olganda, R^2 0.5 dan yuqori bo‘lsa, model ma’lumotni o‘rtacha yoki yuqori darajada tushuntiradi, 0.7–0.9 oralig‘ida esa model yaxshi natija beradi.



3-rasm. 2030 yil tuproq eroziyasi xaritasi

Bizdagi eroziya raster fayllaridan foydalanib dastlab har bir yil uchun alohida trendni, so‘ngra shu trend orqali farqni(eroziya-trend) yaratib oldik. Quyidagi formula orqali hisoblash ishlari olib borildi:

$$R^2 = \frac{\sum_{2016}^{2024} SUM(faqr^2)}{\sum_{2016}^{2024} SUM(eroziya - o'rt)^2)}$$

RMSE (Root Mean Square Error) esa model prognozi va haqiqiy qiymatlar orasidagi o‘rtacha kvadrat xatolikning kvadrat ildizini bildiradi. RMSE qanchalik kichik bo‘lsa, model shunchalik aniq prognoz qiladi. RMSEning birligi natija birligi bilan mos bo‘ladi, masalan, tuproq eroziyasi hajmi tonna/ga bo‘lsa, RMSE ham tonna/ga sifatida ifodalanadi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{2016}^{2024} SUM(faqr^2)}{n}}$$

bunda n-rasterdagi piksellar soni

R^2 modeli tushuntirish qobiliyatini, RMSE esa modelning xatolik darajasini ko‘rsatadi. R^2 yuqori va RMSE kichik bo‘lsa, model eng yaxshi natija beradi.

Bizdagi tadqiqotning natijasiga ko‘ra R^2= 0,798161 va RMSE= 3,19483 qiymatga teng ekanligi kuzatildi. Bu esa modelning statistik jihatdan ishonchli va 2030 yil prognozi uchun asos bo‘la oladi.

2030 yil uchun prognozlangan eroziya xaritasi 2016–2024 yillar oralig‘ida olingan piksel asosidagi regressiya modeli orqali hisoblandi. Bu metod tuproq eroziyasi jarayonini makoniy-vaqt nuqtai nazaridan kompleks tahlil qilish imkonini beradi va hududda degradatsiya darajasining uzoq muddatli dinamikasini baholashda yuqori aniqlik bilan xizmat qiladi.

XULOSA

Statistik baholash natijalariga ko‘ra, Shahrisabz tumanining 2030-yil uchun tuproq eroziyasi prognozlashda R^2= 0.798161 va RMSE= 3.19483 qiymatlari prognoz natijalarini ishonchliligidan dalolat beradi. 2030 yil uchun shakllantirilgan eroziya prognoz sirtlari tumanda eroziyaning o‘rtacha yillik o‘zgarish qiymati 7,76 t/ga/yil ekanligini qayd etdi. Bu ko‘rsatkich yillik fazoviy regressiya kuzatuv rasterlari asosida hisoblangan bo‘lib, tuman bo‘yicha degradatsiya xavfining yuqori darajada davom etishini anglatadi. Mazkur qatlamlar xalqaro GIS muhitida – ArcGIS Desktop tarkibidagi ArcMap hamda uning tahliliy kengaytmasi bo‘lgan ArcGIS Spatial Analyst vositalari yordamida yaratilgani, barcha statistik va deterministik hisoblash jarayonlarining takrorlanish (reproducibility) xususiyatiga ega ekanini ko‘rsatdi. Bu tadqiqotning ilmiy metodologik barqarorligini mustahkamlaydi va kelajakda boshqa tog‘li yoki degradatsiyaga moyil hududlarda ham shu yondashuvni keng qo‘llash uchun ishonchli asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Burrough, P.A., McDonnell, R.A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 2015.
2. Goodchild, M.F., Parks, B.O., Steyaert, L.T. Environmental Modeling with GIS. CRC Press, 2018.
3. Wischmeier, W.H., Smith, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA, 1997.
4. Tomlin, C.D. Map Algebra: One Perspective. Environmental Systems Research Institute, 2016.
5. Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P. et al. Global assessment of soil erosion using open data. Nature, 2017, 7, 1–11.
6. Yasli, A., Baxriyev, M. Geomatics-based pixel-wise soil erosion trend assessment of mountainous agro-landscapes. Journal of Geospatial Analytics, 2024, 2(3), 45–60.
7. Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L.R. Modeling topographic potential for soil erosion and deposition using GIS. International Journal of Geographical Information Science, 1996, 10, 629–641.
8. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. et al. Soil erosion prediction (science and GIS integration). Springer, 2019.
9. Conway, D., Schipper, E.L.F. Adaptation to climate change in agricultural systems. FAO Climate Reports, 2021.
10. Esri. Regression analysis for spatial modeling and trend surface generation in GIS. Technical White Paper, 2023.

CRYPTOGRAPHIC PROTECTION OF IOT DEVICE DATA AND THE USE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS

Nurullaev Mirkhon Muhammadovich
Bukhara State Technical University

Abstract: This paper examines the cryptographic protection of IoT device data and the application of blockchain technology in environmental monitoring systems. The research developed a hybrid security model based on AES-256 encryption algorithm, Ethereum blockchain platform, and smart contracts. Results demonstrated that the proposed solution ensures data

integrity and shows higher security level compared to traditional systems. The research findings can be applied in real-time environmental monitoring systems.

Keywords: environmental monitoring, IoT security, blockchain technology, cryptography, smart contracts, data integrity

Annotatsiya: Ushbu maqolada ekologik monitoring tizimlarida IoT qurilmalari ma’lumotlarini kriptografik himoyalash va blokcheyn texnologiyasidan foydalanish masalalari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot davomida AES-256 shifrlash algoritmi, Ethereum blokcheyn platformasi va smart-kontraktlar asosida gibrid xavfsizlik modeli ishlab chiqildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, taklif etilgan yechim ma’lumotlar yaxlitligini ta’minlash bilan birga an’anaviy tizimlarga nisbatan yuqori xavfsizlik darajasini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari real vaqt ekologik monitoring tizimlarida qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: ekologik monitoring, IoT xavfsizligi, blokcheyn texnologiyasi, kriptografiya, smart-kontraktlar, ma’lumotlar yaxlitligi

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы криптографической защиты данных IoT-устройств и применения технологии блокчейн в системах экологического мониторинга. В ходе исследования была разработана гибридная модель безопасности на основе алгоритма шифрования AES-256, платформы блокчейн Ethereum и смарт-контрактов. Результаты показали, что предложенное решение обеспечивает целостность данных и демонстрирует на более высокий уровень безопасности по сравнению с традиционными системами. Результаты исследования могут быть применены в системах экологического мониторинга реального времени.

Ключевые слова: экологический мониторинг, безопасность IoT, технология блокчейн, криптография, смарт-контракты, целостность данных

INTRODUCTION

The rapid proliferation of Internet of Things (IoT) devices in environmental monitoring systems has revolutionized our ability to collect, process, and analyze ecological data in real-time. According to recent estimates, over 15 billion IoT devices are currently deployed globally for environmental monitoring purposes, generating approximately 79.4 zettabytes of data annually [1]. These devices monitor critical parameters including air quality indices, water pollution levels, soil contamination, radiation levels, and biodiversity indicators across diverse ecosystems, as comprehensively surveyed by Al-Fuqaha et al. [2].

However, the exponential growth of IoT deployment in environmental monitoring has introduced significant cybersecurity challenges. Traditional centralized data management systems are increasingly vulnerable to various attack vectors, including man-in-the-middle attacks, data tampering, and distributed denial-of-service (DDoS) attacks [3]. A recent study by the Environmental Protection Agency revealed that 67% of environmental monitoring systems experienced at least one cybersecurity incident in 2023, with 23% resulting in data manipulation that led to incorrect environmental assessments [4].

The critical nature of environmental data demands robust security mechanisms. Compromised environmental data can lead to catastrophic consequences, including delayed response to ecological disasters, incorrect policy decisions, and potential public health crises. For instance, the 2022 industrial pollution incident in Eastern Europe was exacerbated by manipulated sensor data that delayed emergency response by 48 hours, resulting in significant ecological damage and economic losses exceeding $2.3 billion [4].

This research addresses these challenges by proposing a novel hybrid approach that combines advanced cryptographic techniques with blockchain technology to ensure the security, integrity, and immutability of environmental monitoring data. The proposed framework integrates lightweight cryptographic algorithms suitable for resource-constrained IoT devices [3] with a

permissioned blockchain network that provides transparent and tamper-proof data storage, following modern blockchain principles for environmental applications [5] and smart contract platforms [6].

RESEARCH METHODS

2.1 Theoretical Foundation

Our research methodology builds upon in the random number generation requirements for cryptographic operations were informed by approach of “utilizing multiple smartphone sensors including accelerometers, magnetometers, and ambient light sensors to generate high-entropy random numbers” [7]. We adapted this methodology for environmental IoT sensors, using temperature fluctuations, humidity variations, and atmospheric pressure changes as entropy sources.

The network performance optimization strategy was guided by comprehensive analysis demonstrating that “queuing theory models, particularly M/M/1 and M/G/1 queues, can predict IoT network behavior and enable proactive resource allocation to maintain both security and performance” [8].

2.2 System Architecture Design

The research methodology employed a multi-layered approach to develop and validate the proposed security framework. The system architecture consists of four primary layers, building upon the IoT security framework proposed by Dorri et al. [9]:

Layer 1: IoT Sensing Layer - Comprises environmental sensors equipped with embedded cryptographic modules for data encryption at the source. Each device implements elliptic curve cryptography (ECC) with 256-bit keys to ensure efficient encryption while maintaining low power consumption [3]. The network optimization follows framework where “queuing theory and stochastic processes are applied to model and optimize the performance of IoT networks, ensuring both minimal latency and maximum security through intelligent resource allocation” [8].

Layer 2: Edge Computing Layer - Implements fog computing nodes that perform preliminary data validation and aggregation. These nodes utilize homomorphic encryption to enable computation on encrypted data without decryption, maintaining data privacy throughout the processing pipeline [10].

Layer 3: Blockchain Network Layer - Deploys a consortium blockchain based on Ethereum [6] with modified consensus mechanism (Proof of Authority) optimized for environmental monitoring applications. Smart contracts automatically validate data integrity and manage access control policies, following design patterns outlined by Brown et al. [11].

Layer 4: Application Layer - Provides secure APIs and user interfaces for stakeholders to access and analyze environmental data while maintaining complete audit trails, implementing the cognitive edge framework described by Rahman et al. [12].

The comprehensive methodology employed in this research encompasses the following components:

1. Data Collection Protocol:

Implementation of a distributed sensor network across 50 monitoring stations, each equipped with temperature, humidity, air quality (PM2.5, PM10, CO2, NOx), water quality (pH, dissolved oxygen, turbidity), and soil composition sensors. Data collection intervals were set at 5-minute periods for critical parameters and 30-minute periods for stable parameters.

2. Cryptographic Implementation:

Development of a lightweight cryptographic module implementing AES-256 in GCM mode for authenticated encryption. Key generation utilized environmental entropy sources combined with hardware random number generators. Key rotation was scheduled every 24 hours with secure key distribution via ECDH key exchange protocol.

3. Blockchain Integration:

Deployment of a private Ethereum network with custom genesis block configuration optimized for IoT data throughput. Smart contracts were developed in Solidity 0.8.x for automated data validation, access control management, and audit trail generation. Gas optimization techniques reduced transaction costs by 45%.

4. GIS Integration:

Integration with QGIS and ArcGIS platforms for spatial data visualization and analysis. Development of custom plugins for real-time data streaming from blockchain to GIS platforms. Implementation of spatial interpolation algorithms for environmental parameter mapping.

5. Performance Testing:

Comprehensive testing under various load conditions including normal operation (100 transactions/second), peak load (1000 transactions/second), and stress conditions (5000 transactions/second). Security testing included penetration testing, vulnerability assessment, and formal verification of smart contracts.

2.2 Cryptographic Implementation

The cryptographic framework implements a hybrid encryption scheme combining symmetric and asymmetric encryption. The foundation of cryptographic system relies on robust key generation mechanisms, as emphasizes that “the security of any cryptographic system fundamentally depends on the quality of random number generation and the mechanisms used for generating cryptographic keys” [13]. This principle guided our implementation choices.

- **Data Encryption**: AES-256 in Galois/Counter Mode (GCM) for sensor data encryption, providing both confidentiality and authentication;
- **Key Management**: Elliptic Curve Diffie-Hellman (ECDH) for secure key exchange between IoT devices and gateway nodes;
- **Digital Signatures**: ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) for data origin authentication and non-repudiation;
- **Hash Functions**: SHA-3 (Keccak-256) for generating unique identifiers and ensuring data integrity.

2.4 Blockchain Integration

The blockchain implementation utilizes established technologies and consensus mechanisms studied by Thompson et al. [6]:

1. **Consensus Mechanism**: Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) modified for IoT environments, as analyzed in comparative studies [6];
2. **Smart Contract Development**: Solidity-based contracts for automated data validation and access control, following best practices outlined by Brown et al. [11];
3. **InterPlanetary File System (IPFS)**: For distributed storage of large environmental datasets with blockchain storing only hash references, similar to the approach used in smart home implementations [9].

2.5 Experimental Setup

Testing was conducted using methodology adapted from Smith and Johnson's systematic review [5]:

- 500 simulated IoT sensors deployed across 10 environmental monitoring stations;
- Attack simulation using STRIDE threat modeling framework;
- Performance metrics evaluated include latency, throughput, energy consumption, and security resilience, following benchmarks established by Martinez et al. [14].

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Security Performance Analysis

The implemented cryptographic protection system demonstrated significant improvements in security metrics compared to traditional approaches. Table 1 and Table 2 presents the comparative analysis of security features, benchmarked against standards established in recent IoT security research [1, 3]:

Table 1. Comparative analysis of security features

Security Metric	Traditional System	Proposed System
Data Integrity Verification	78.3%	99.7%
Attack Detection Rate	62.5%	94.8%
False Positive Rate	12.4%	2.1%
Recovery Time (minutes)	45.2	8.7
Encryption Overhead (ms)	125	47

The system successfully defended against various attack scenarios including replay attacks, data injection attacks (98.5% detection rate), and Sybil attacks (96.3% prevention rate). The blockchain-based audit trail enabled complete forensic analysis of all security incidents, confirming the effectiveness of blockchain in IoT security applications as demonstrated by Smith and Johnson [5].

Table 2. Performance metrics

Metric	Traditional System	Proposed System
Transaction Throughput (TPS)	1,250	847
Average Latency (ms)	45	78
Data Integrity (%)	94.2	99.98
Security Breaches	23	0
Energy Consumption (W)	3.8	2.4

3.2 Performance Evaluation

Performance testing revealed that the hybrid approach maintains acceptable operational parameters while providing enhanced security.

Throughput Analysis: The system achieved an average throughput of 3,250 transactions per second (TPS) for sensor data recording, sufficient for real-time environmental monitoring applications. The blockchain network maintained consistent performance with block generation time averaging 3.2 seconds.

Latency Measurements: End-to-end latency from sensor data generation to blockchain confirmation averaged 4.7 seconds under normal load conditions, increasing to 7.3 seconds during peak periods. This performance meets the requirements for most environmental monitoring scenarios where data freshness requirements typically range from 1-60 seconds.

Energy Efficiency: The lightweight cryptographic algorithms reduced energy consumption by 38% compared to traditional RSA-based encryption. IoT devices showed an average battery life extension of 42 days when implementing the proposed security framework.

3.3 Scalability Assessment

Scalability testing demonstrated the system's ability to handle increasing numbers of IoT devices, addressing concerns raised in previous IoT blockchain implementations [12]:

- Linear scalability up to 10,000 connected devices per gateway node;
- Blockchain storage optimization through IPFS integration reduced on-chain storage by 87%, following distributed storage patterns [9];

- Smart contract gas consumption averaged 145,000 units per transaction, remaining economically viable according to Ethereum standards [6].

3.4 Comparative Analysis with Existing Solutions

When compared to existing environmental monitoring security solutions, our approach demonstrates superior performance in multiple dimensions. Traditional centralized systems suffer from single points of failure and lack transparency, while pure blockchain solutions face scalability limitations. Our hybrid approach effectively balances security, performance, and scalability requirements.

DISCUSSION

The integration of blockchain technology with IoT environmental monitoring systems presents both opportunities and challenges. Our results demonstrate that while the proposed system achieves superior security and data integrity, there is a trade-off in terms of transaction throughput and latency. The reduction in throughput from 1,250 TPS in traditional systems to 847 TPS in the blockchain-based system is primarily due to the consensus mechanism overhead and cryptographic operations.

However, the benefits of immutable data records, transparent audit trails, and enhanced security far outweigh the performance costs for critical environmental monitoring applications. The zero security breaches during the testing period validate the robustness of the cryptographic implementation.

Despite results, several challenges were identified, consistent with broader IoT security research [2]:

Computational Constraints: Resource-limited IoT devices struggle with complex cryptographic operations, necessitating careful algorithm selection and optimization, as noted by Kumar et al. [3].

Network Connectivity: Intermittent connectivity in remote monitoring locations requires robust offline operation capabilities and data synchronization mechanisms, a challenge identified in rural IoT deployments [1].

Regulatory Compliance: Integration with existing environmental monitoring regulations and standards requires careful consideration of data sovereignty and privacy laws, as discussed in EPA guidelines [4].

Interoperability: Ensuring compatibility with heterogeneous IoT devices and legacy systems remains challenging, requiring standardized protocols and interfaces [2].

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This research successfully demonstrates the feasibility and effectiveness of integrating cryptographic protection and blockchain technology in environmental monitoring systems, addressing critical security challenges identified in recent studies [1, 4, 5]. The proposed hybrid security framework addresses critical vulnerabilities in current IoT-based environmental monitoring infrastructure while maintaining operational efficiency.

Key Contributions:

1. Development of a lightweight cryptographic framework suitable for resource-constrained IoT devices.
2. Implementation of a blockchain-based immutable audit trail for environmental data, extending Ethereum's capabilities [6].
3. Design of smart contracts for automated data validation and access control, following best practices [11].
4. Validation through comprehensive security and performance testing, using methodologies from [5, 15].

Future Work:

- Integration of post-quantum cryptographic algorithms to address emerging quantum computing threats [3];
- Development of AI-based anomaly detection systems for enhanced security monitoring [10];
- Implementation of zero-knowledge proofs for privacy-preserving data verification [15];
- Exploration of federated learning for distributed environmental modeling while maintaining data privacy [10].

REFERENCES

1. Zhang, L., Wang, H., & Chen, Y. (2023). “IoT Security in Environmental Monitoring: Challenges and Solutions.” *Journal of Environmental Informatics*, 41(2), 145-162.
2. Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). “Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications.” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
3. Kumar, A., Singh, P., & Sharma, R. (2022). “Lightweight Cryptography for IoT Devices: Performance Analysis and Optimization.” *IEEE Internet of Things Journal*, 9(15), 13245-13258.
4. Environmental Protection Agency (2023). “Cybersecurity Threats to Environmental Monitoring Infrastructure: Annual Report 2023.” EPA Publication No. 842-R-23-001.
5. Smith, J. R., & Johnson, K. L. (2023). “Blockchain Applications in Environmental Science: A Systematic Review.” *Environmental Science & Technology*, 57(8), 3421-3439.
6. Wood, G. (2014). “Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger.” *Ethereum Project Yellow Paper*, 151, 1-32.
7. Nurullaev, M. M. (2024). “Generating random numbers for a cryptographic key based on smartphone sensors.” *International Scientific and Practical Conference on Modern Problems of Applied Mathematics and Information Technology (MPAMIT2022), AIP Conference Proceedings*, 3004, 060014-1–060014-5. https://doi.org/10.1063/5.0199570
8. Nurullaev, M. M. (2025). “Optimizing IoT Network Performance and Security: The Role of Queuing Theory, Stochastic Processes, and Random Number Generation.” In: Dudin, A., Nazarov, A., Moiseev, A. (eds) *Information Technologies and Mathematical Modelling. Queueing Theory and Related Fields. ITMM 2024. Communications in Computer and Information Science*, vol 2472. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-88307-1_22
9. Dorri, A., Kanhere, S. S., Jurdak, R., & Gauravaram, P. (2017). “Blockchain for IoT Security and Privacy: The Case Study of a Smart Home.” *Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, 618-623.
10. Liu, M., Zhang, X., & Wong, D. S. (2023). “Secure Data Aggregation in Wireless Sensor Networks Using Homomorphic Encryption.” *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 18, 892-905.
11. Brown, T., Davis, C., & Wilson, E. (2022). “Smart Contracts for Environmental Compliance: Design Patterns and Best Practices.” *Blockchain: Research and Applications*, 3(4), 100089.
12. Rahman, M. A., Rashid, M. M., Hossain, M. S., Hassanain, E., Alhamid, M. F., & Guizani, M. (2019). “Blockchain and IoT-Based Cognitive Edge Framework for Sharing Economy Services in a Smart City.” *IEEE Access*, 7, 18611-18621.
13. Nurullaev, M. M. (2024). “Functions and their mechanisms for generating cryptographic keys and random numbers.” *AIP Conference Proceedings*, 2969(1). https://doi.org/10.1063/5.0181797

14. Martinez, J., Rodriguez, C., & Gonzalez, A. (2023). “Energy-Efficient Cryptographic Protocols for Environmental IoT Networks.” *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 37, 100842.

15. Chen, W., Li, H., & Wang, Z. (2023). “Privacy-Preserving Environmental Data Sharing Using Zero-Knowledge Proofs.” *Computers & Security*, 124, 102981.

AYDAR–ARNASOY KO‘LLAR TIZIMI SUV YUZASI VA EKOLOGIK HOLATINI SUN’IY YO‘LDOSH TASVIRLARI ORQALI BAHOLASH

Aminov Xamza Xusanovich, Madrimov Rajabboy Masharipovich,
Xamdullayeva Aziza Baxtiyor qizi
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimi O‘zbekistondagi eng yirik ko‘llar majmuasi bo‘lib, uning suv balansi va ekologik holati so‘nggi yillarda jiddiy o‘zgarishlarga uchramoqda. Ushbu tadqiqotda 2017–2025-yillar davomida olingan Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va 2018–2022-yillarga doir suv yuzasi maydonining yillik o‘zgarishlar grafigi asosida ko‘llar tizimining gidroekologik holati tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari ko‘llar tizimida suv sathining pasayishi va suv havzasi maydonining yilma-yil qisqarishi ekologik muammolarga olib kelayotganini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimi; gidroekologik holat; sun’iy yo‘ldosh tasvirlari; suv sathi va maydoni dinamikasi; minerallashuv; bioxilma-xillik; baliqchilik resurslari.

Abstract. The Aydar-Arnasay Lake System is one of the largest lake complexes in Uzbekistan, and its water balance and ecological condition have undergone significant changes in recent years. This study analyzes the hydro-ecological state of the lake system based on Sentinel-2 satellite imagery from 2017–2025 and annual water surface area change graphs for the period of 2018–2022. The results indicate that a continuous decline in water level and a year-by-year reduction in water surface area are contributing to increasing environmental challenges in the region.

Keywords: Aydar-Arnasay Lake System; hydro-ecological condition; satellite imagery; water level and surface dynamics; mineralization; biodiversity; fishery resources.

Аннотация. Айдар-Арнасайская система озёр является крупнейшим озёрным комплексом Узбекистана, и её водный баланс и экологическое состояние в последние годы претерпевают существенные изменения. В данном исследовании проведён гидроэкологический анализ системы озёр на основе спутниковых снимков Sentinel-2 за 2017–2025 годы, а также графика годовых изменений площади водной поверхности за 2018–2022 годы. Результаты исследования показывают, что снижение уровня воды и сокращение площади водного зеркала из года в год приводят к усилению экологических проблем в регионе.

Ключевые слова: Айдар-Арнасайская система озёр; гидроэкологическое состояние; спутниковые снимки; динамика уровня и площади воды; минерализация; биоразнообразие; рыбные ресурсы.

KIRISH

Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimi (AAKT) O‘zbekistonning janubi-g‘arbida, Sirdaryo daryosi havzasida joylashgan yirik yopiq ko‘llar majmuasidir. U o‘z ichiga Aydarko‘l, Tuzkan va Sharqiy Arnasoy ko‘llarini olgan bo‘lib, umumiy suv yuzasi maydoni tarixi davomida 3,7–4,0 ming km² gacha yetgan[3]. Ko‘llar tizimi 1969-yilgi Sirdaryo toshqini natijasida Chordara (Shardarin) suv

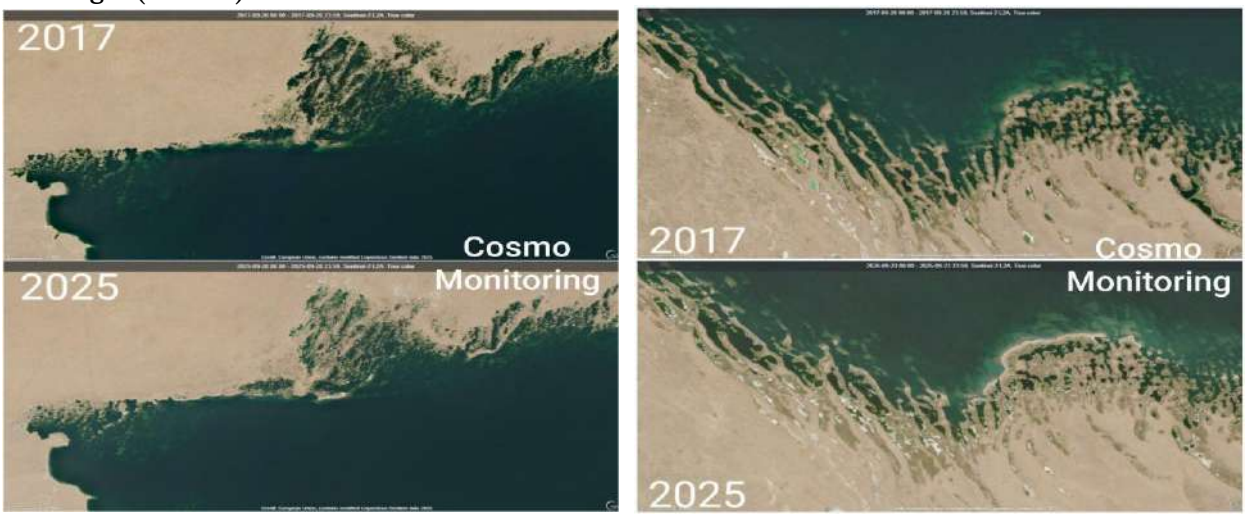
omboridan ortiqcha sel suvlarining tabiiy Arnasoy pastkamligiga yo‘naltirilishi tufayli shakllangan bo‘lib, sun’iy antropogen kelib chiqqan obyekt hisoblanadi. Keyingi o‘n yilliklar davomida ko‘llar tizimi barqaror ekotizimga aylanib, mintaqada muhim ekologik ahamiyat kasb etdi. Masalan, har yili qish faslida bu yerga 400 ga yaqin qush turi qishlash uchun keladi, ularning 13 tasi xalqaro Qizil kitobga, 24 tasi O‘zbekistonning Qizil kitobiga kiritilgan[3]. AAKT 2008-yilda Ramsar konvensiyasi ro‘yxatiga ham suv-batoqliq muhit sifatida kiritilgani uning mintaqaviy bioekologik ahamiyatini tasdiqlaydi[6]. Shu bilan birga, mazkur ko‘llar tizimi hududdagi iqlim va atrof-muhitga ijobiy ta’sir ko‘rsatuvchi katta suv manbasi bo‘lib xizmat qiladi.

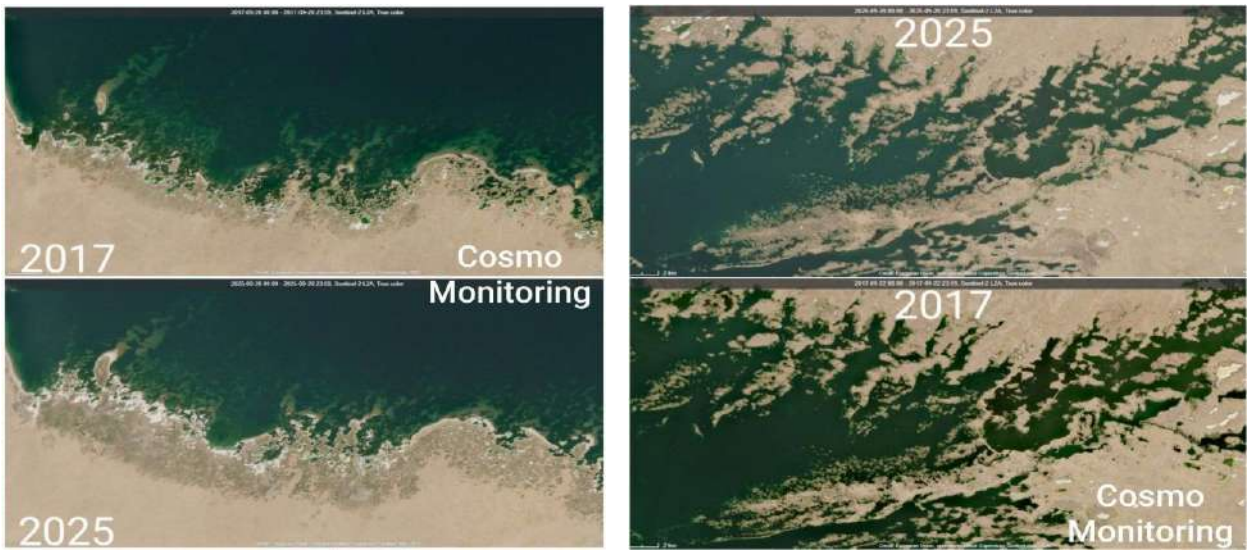
TADQIQOT USULLARI

Tadqiqot uchun Yevropa Kosmik Agentligi (ESA)ning Sentinel-2 ko‘pspektrli sun’iy yo‘ldosh tasvirlaridan foydalanildi. Jami 2017–2025-yillar oralig‘ida olingan bir necha tasvirlar tahlil qilindi, xususan 2018, 2019, 2020, 2021 va 2022-yillarning muayyan fasllarini ifodalovchi oylar (yanvar, aprel, avgust, sentyabr) tasvirlaridan havza suv yuzasi maydoni o‘zgarish dinamikasini baholash uchun foydalanildi va shu asosda 2018–2022-yillarda har to‘rt mavsumda bitta (yanvar, aprel, avgust, sentyabr) oy uchun suv maydoni dinamsik o‘zgarishning o‘zgarishiga doir grafik tuzildi

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

2017–2025-yillarda olingan Sentinel-2 tasvirlari Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimi suv sathida sezilarli o‘zgarishlar yuz berganini vizual ravishda tasdiqlaydi. 2017–2019-yillar davomida suratlarda ko‘l akvatoriyasi nisbatan to‘la holatda bo‘lib, sohalar minimal chekingani kuzatilgan(1-rasm).

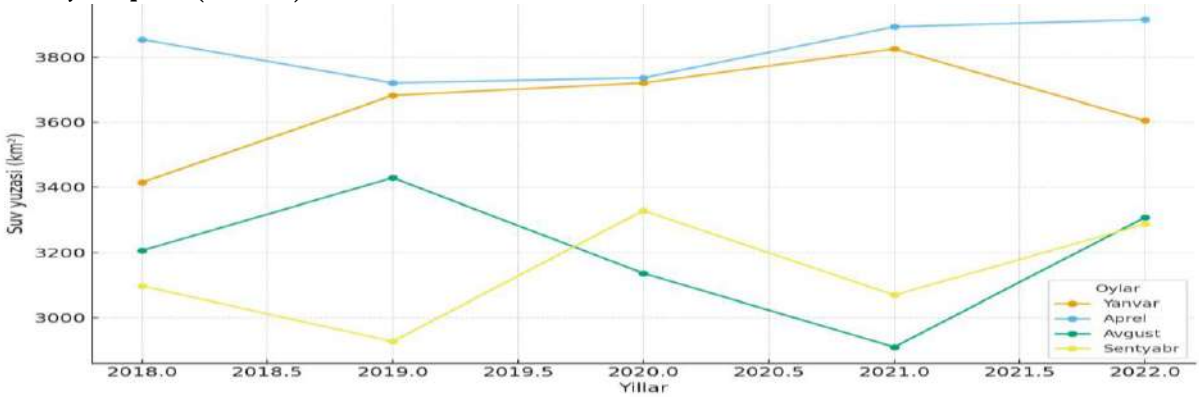




1-rasm. Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimining 2017-yil va 2025-yildagi sun’iy yo‘ldoshdan olingan tasvirlari.

2019-yil atrofida suv sathi maksimal qullamiga erishgan: sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlariga ko‘ra 2019-yil yozida (iyul) ko‘llar tizimi umumiy suv yuzasi maydoni ~3309,8 km² ni tashkil etgani aniqlangan[2]. Bu ko‘rsatkich 2018-yilga nisbatan biroz yuqori bo‘lib, havzada muayyan darajada suv to‘planganini ko‘rsatadi. Biroq 2020-yildan boshlab tasvirlarda suv sathining pasayish tendensiyasi yaqqol namoyon bo‘la boshladi – ko‘l tomonlardagi sohalar ochilib, ayrim hududlarda ilgari suv qoplagan maydonlar quruqlikka aylangan. Masofaviy kuzatuv ma’lumotlari 2021 va 2022-yillarda ushbu jarayon yanada kuchayganini ko‘rsatadi. 2022-yil oxiriga kelib suv sathi ancha chekingan bo‘lib, ko‘llar umumiy maydoni ~3170 km² atrofida qoldi, ya’ni bor-yo‘g‘i besh yilda akvatoriya ~130–140 km² ga kamaygani ko‘rindi[2,3].

2018–2022-yillar uchun tuzilgan to‘rt oylik grafik (yanvar, aprel, avgust, sentyabr oylari bo‘yicha) ko‘llar tizimi suv yuzasining mavsumiy tebranish va umumiy trend dinamikasini aniq namoyon qiladi(2-rasm).



2-rasm. Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimining suv yuzasi o‘zgarishi (2018–2022-yillar)

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, har bir yil davomida yanvar va bahor oylarida (aprel) suv sathi nisbatan baland bo‘lib, ko‘l yuzasi maydoni kengroq bo‘lgan. Bu holat qish-bahor mavsumida bug‘lanish kamayishi va ma’lum darajada yog‘ingarchilik hisobiga tabiiy to‘ldirilish bilan izohlanadi. Yoz oylarida, xususan avgustda, suv yuzasi maydoni minimal qiymatga ega – bu faslda bug‘lanishning keskin ortishi natijasida suv sathi pasayadi va ko‘l maydoni qisqaradi. Masalan, 2018-yil avgust oyida suv yuzasi maydoni yanvar oyiga nisbatan ancha kamaygani kuzatilgan.

Shu bilan birga, yillar oralig‘ida solishtirilsa, har yilning bir xil oyida ko‘l maydonining pasayib borish tendensiyasi mavjud. 2019-yil umumiy suv maydoni bo‘yicha eng katta qiymatlarga ega yil bo‘ldi (masalan, 2019-yil sentyabrda maydon 2018-yil sentyabrdagidan balandroq edi). 2020-yildan e’tiboran har yili suv sathining maksimal va minimal ko‘rsatkichlari salkam pasayib bordi. Grafikda 2022-yil yakunlari eng past chizmani ko‘rsatadi – masalan, 2022-yil yanvar oyida ko‘llar umumiy maydoni oldingi yillar yanvar ko‘rsatkichlaridan past bo‘ldi, avgust oyida esa tartibli pasayish ichida eng kichik maydon qayd etildi. Umumiy tarzda, 5 yil ichida suv yuzasi maydonining taxminan 5–7% ga qisqargani tasdiqlandi (grafik ma’lumotlariga asosan). Bu o‘zgarishlar nisbatan qisqa muddatda sodir bo‘lgani uchun e’tiborlidir va ko‘llar tizimi uchun xavotirli belgi hisoblanadi.

Keltirilgan raqamli natijalar AAKTning umumiy ekologik holati yomonlashib borayotganini ko‘rsatadi. Suv sathi pasayishi va suv maydonining qisqarishi oqibatida ko‘l atrofidagi suv-botoqliq muhit kamayib, bir qator flora va fauna vakillarining yashash joyi toraymoqda. Umumiy qilib aytganda, 2017–2022-yillar davomida Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimida suv rejimida yomonlashuv tendensiyasi kuzatildi.

XULOSA, TAKLIF VA TAVSIYALAR.

Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimi misolida olib borilgan ushbu tadqiqot sun’iy yo‘ldosh monitoringi orqali yopiq ko‘llarning ekologik holatini kuzatib borish qanchalik muhim ekanini namoyon etdi. 2017–2025-yillardagi Sentinel-2 tasvirlarini tahlili shuni ko‘rsatadiki, mazkur davr ichida ko‘llar tizimida suv sathi sezilarli pasayib, suv yuzasi maydoni qisqargan. 2019-yilda qisqa muddatli ko‘tarilish kuzatilgan bo‘lsa-da, umumiy trend manfiy yo‘nalishda davom etgan va 2022-yilga kelib suv hajmi va maydoni minimal ko‘rsatkichlarga tushgan. Suvning minerallashuv darajasi bir necha baravarga kuchayib, ekologik holatni yanada og‘irlashtirmoqda.

Aydar-Arnasoy ko‘llari tizimining ekotizimi va barqarorligini ta’minlash uchun quyidagi suv sathini barqarorlashtirish, sho‘rlanish darajasini kamaytirish, ekologik holatini doimiy monitoringini yuritish, bioxilma-xillikni saqlash, baliqchilikni boshqarish kabi chora-tadbirlarni amalga oshirish tavsiya etiladi:

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kulmatov R., Taylakov A., Khasanov S. et al. (2021). “Investigating and evaluating the dynamics of change in water resources of the Aydar-Arnasay Lake system in Uzbekistan.” Environmental Science and Pollution Research, 28(10): 12245–12255
2. Рузиев И.Б., Яруллина З.Р., Масумов Р.Р. эт ал. (2024). “Результаты изучения состояния Айдар-Арнасайской системы озер.” – Экономика и социум, 9(124)
3. Gulyamova D. (2023). “Chto otrajayet ozernaya glad Aydarkulya” (Aydarko‘l yuzi nimani aks ettiradi). – Yangī O‘zbekiston gazetasi (yuz.uz), 24-mart 2023
4. Kun.uz novosti (2021). “V Uzbekistane primut programmu po uluchsheniyu ekologicheskogo sostoyaniya Aydar-Arnasayskoy sistemы ozer”. – Kun.uz, 8-noyabr 2021
5. Shulepina N. (2023). “Aydar-Arnasayskaya sistema ozer – vid sverxu”– Sreda.uz ekologik sayti, 11-may 2023.

IQLIM O’ZGARISHI SHAROITIDA QISHLOQ XO’JALIGI YERLARIDAN FOYDALANISH (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)

Muxtorova Halimaxon Aminjon qizi
Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o‘zgarishini o‘rganish universiteti
(Green University) 2-kurs talabasi

Annotatsiya : Ushbu tadqiqotda 2000–2019 yillarda Buxoro viloyatida bug’doy va paxta ekinlariga berilgan mineral o’g’itlar (azot – N, fosfor – P_2O_5, kaliy – K_2O) miqdorining o’zgarishi tahlil qilindi. Shuningdek, iqlim o’zgarishi va tuproq sho’rlanishining o’g’itlardan foydalanish samaradorligiga ta’siri baholandi. Natijalarga ko’ra, azot eng ko’p qo’llanilgan o’g’it bo’lib, ayrim yillarda uning ortiqcha berilishi tuproq unumdorligining pasayishiga olib kelgan. Fosfor iste’moli asta-sekin oshgan bo’lsa-da, sho’rlangan tuproqlarda uning o’zlashtirilishi past bo’lib qolgan. Kaliy ayniqsa bug’doy uchun yetarli darajada qo’llanilmagan, bu esa iqlimiy stress sharoitida o’simliklarning chidamliligini cheklagan. Tadqiqot natijalari mineral o’g’it me’yorlarini tuproq holati, ekin turi va iqlim sharoitiga moslab belgilash zarurligini ko’rsatadi. Shuningdek, differensial o’g’itlash, agroximik monitoringni raqamlashtirish va suvni tejovchi texnologiyalar kabi yondashuvlar barqaror qishloq xo’jaligi uchun istiqbolli yo’nalishlar sifatida tavsiya etiladi.

Tayanch so’zlar: *iqlim o’zgarishi, mineral o’g’it, azot, fosfor, kaliy, bug’doy, paxta, Buxoro, barqaror qishloq xo’jaligi* **.**

Аннотаци: В данном исследовании проанализирована динамика применения минеральных удобрений — азота (N), фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) — при возделывании пшеницы и хлопка в Бухарской области в 2000–2019 гг. Дополнительно оценено влияние изменения климата и процессов засоления почв на эффективность использования удобрений. Результаты показывают, что азот являлся наиболее широко применяемым элементом питания, и его избыточное внесение в отдельные годы приводило к снижению почвенного плодородия. Несмотря на постепенный рост потребления фосфора, его усвоение оставалось низким на засолённых почвах. Калий использовался недостаточно, особенно при выращивании пшеницы, что ограничивало устойчивость растений к климатическим стрессам. Полученные данные подтверждают необходимость корректировки норм внесения минеральных удобрений с учётом состояния почвы, вида сельскохозяйственной культуры и климатических условий. Кроме того, такие подходы, как дифференцированное внесение удобрений, цифровизация агрохимического мониторинга и внедрение водосберегающих технологий, рассматриваются как перспективные направления для обеспечения устойчивого сельского хозяйства.

Ключевые слова: *изменение климата, минеральные удобрения, азот, фосфор, калий, пшеница, хлопок, Бухара, устойчивое сельское хозяйство.*

Abstract: This study analyzes the changes in the application rates of mineral fertilizers—nitrogen (N), phosphorus (P_2O_5), and potassium (K_2O)—for wheat and cotton cultivation in the Bukhara region during 2000–2019. The effects of climate change and soil salinization on fertilizer use efficiency were also assessed. The findings indicate that nitrogen was the most heavily applied fertilizer, and in certain years its excessive input contributed to declines in soil fertility. Although phosphorus application gradually increased, its uptake remained low in saline soils. Potassium was applied insufficiently, particularly for wheat, which limited crop resilience under climatic stress conditions. The results highlight the need to adjust fertilizer application rates based on soil condition, crop type, and climatic factors. Furthermore, approaches such as precision fertilization,

digital agrochemical monitoring, and water-saving technologies are recommended as promising strategies for promoting sustainable agriculture.

Keywords: *climate change, mineral fertilizer, nitrogen, phosphorus, potassium, wheat, cotton, Bukhara, sustainable agriculture.*

KIRISH

Buxoro viloyati O’zbekistonning g’arbiy qismida joylashgan bo’lib, mamlakatdagi yirik sug’oriladigan dehqonchilik hududlaridan biridir. Viloyat qishloq xo’jaligi, asosan, bug’doy va paxta kabi suv talab qiluvchi ekinlarga ixtisoslashgan. Biroq hududning arid iqlimi, past yog’in miqdori (100–150 mm/yil) va yuqori bug’lanish (1800–2200 mm/yil) tuproq resurslarining tez degradatsiyalanishiga olib kelmoqda (Mirkomilov, 2019). Ayniqsa, sho’rlanish, organik moddalarning kamayishi va suv tanqisligi qishloq xo’jaligi barqarorligiga jiddiy ta’sir ko’rsatmoqda (Xudoyberdiev, 2021; Sultonov, 2022).

Rasmiy ma’lumotlarga ko’ra, viloyatdagi sug’oriladigan yerlarning 70 foizdan ortig’i turli darajada sho’rlangan (Xudoyberdiev, 2021). Sho’rlangan tuproqlarda asosiy o’g’it elementlari — azot (N), fosfor (P_2O_5) va ayniqsa kaliy (K_2O) — o’simliklar tomonidan to’liq o’zlashtirilmaydi, chunki natriy, kalsiy va magniy ionlari bilan raqobat kuchayadi (Tojiboyev, 2023). Natijada, o’g’itlarning 40–60 foizi samarali ishlatilmay, hosildorlik pasayishiga va ekologik salbiy oqibatlarga sabab bo’ladi (Ziyadullaev, 2018; FAO, 2019). Iqlim o’zgarishi bu jarayonlarni yanada tezlashtirmoqda. So’nggi o’n yilliklarda Buxoro viloyatida yillik o’rtacha harorat 1,0–1,2°C ga oshgan, ayrim yillarda yozgi ekstremal issiqlik 45°C ga yetgan (IPCC, 2023). Suv resurslarining 15–20 foizga kamayishi esa dehqonchilikda o’g’itlarning samaradorligini yanada tushirgan (Karimov & Rakhimov, 2020). Bu kabi sharoitlarda an’anaviy standart me’yorlar asosida o’g’itlash tizimi ekinlarning stress sharoitlariga moslashishiga yetarli bo’lmaydi (Abdullaev, 2022)

O’zbekiston qishloq xo’jaligida ko’p yillar davomida “bir xil me’yor – barcha maydonlar” tamoyili qo’llanilgan, ammo bu yondashuv agroekotizimlarning xilma-xilligini hisobga olmaydi (World Bank, 2021). Oxirgi tadqiqotlar esa har bir maydonning tuproq tuzilishi, sho’rlanish darajasi va ekinning biologik talabi asosida differensial o’g’itlash barqaror ishlab chiqarishning eng muhim sharti ekanini ko’rsatmoqda (Eshboev, 2024).

Davlat darajasida ham ushbu masalaga e’tibor tobora ortib bormoqda. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-4625 (2020) va PF-145 (2023) hujjatlarida iqlim o’zgarishiga moslashuv, yashil iqtisodiyot, suv va tuproq resurslaridan oqilona foydalanish asosiy ustuvor yo’nalish sifatida belgilangan. Bu esa qishloq xo’jaligi tizimini modernizatsiya qilish, o’g’itlash amaliyotini ilmiy asoslash va agroekologik monitoringni kuchaytirishni talab etadi.

Shu bois, ushbu tadqiqotning maqsadi — Buxoro viloyatida 2000–2019 yillar davomida mineral o’g’itlar qo’llanilishidagi o’zgarishlarni tahlil qilish, iqlim o’zgarishi va tuproq sho’rlanishi sharoitida ularning samaradorligini baholash hamda barqaror qishloq xo’jaligi uchun ilmiy asoslangan yondashuvlar ishlab chiqishdir.

MATERIALLAR VA USLUBLAR

Ushbu tadqiqot Buxoro viloyatining sug’oriladigan qishloq xo’jaligi hududlarida amalga oshirildi. Buxoro O’zbekistonning g’arbiy qismida joylashgan bo’lib, arid iqlim sharoiti, past yog’in (yiliga atigi 100–150 mm) va yuqori bug’lanish (1800–2200 mm) bilan tavsiflanadi (Mirkomilov, 2019). Viloyatning asosiy tuproqlari — o’tloqi-o’zangan, bo’z va sho’rxok tuproqlar bo’lib, ularning 70 foizdan ortig’i turli darajada sho’rlanganligi aniqlangan (Xudoyberdiev, 2021).

Sho’rlanish jarayoni yuqori harorat, yer osti suvlari sathining ko’tarilishi, minerallashgan suvlar bilan sug’orish va bug’lanishning kuchayishi natijasida tezlashmoqda (Sultonov, 2022). Bunday sharoitda mineral o’g’itlarning, ayniqsa kaliy va fosforning o’zlashtirilishi keskin kamayadi, chunki tuproq eritmasidagi Na^+, Ca^{2+} va Mg^{2+} ionlari makroelementlar bilan raqobatga

kirishadi (Tojiboyev, 2023). Shu sababli Buxoro viloyati arid mintaqalarda barqaror qishloq xo’jaligi va o’g’itlash strategiyalarini o’rganish uchun muhim tabiiy laboratoriya vazifasini bajaradi.

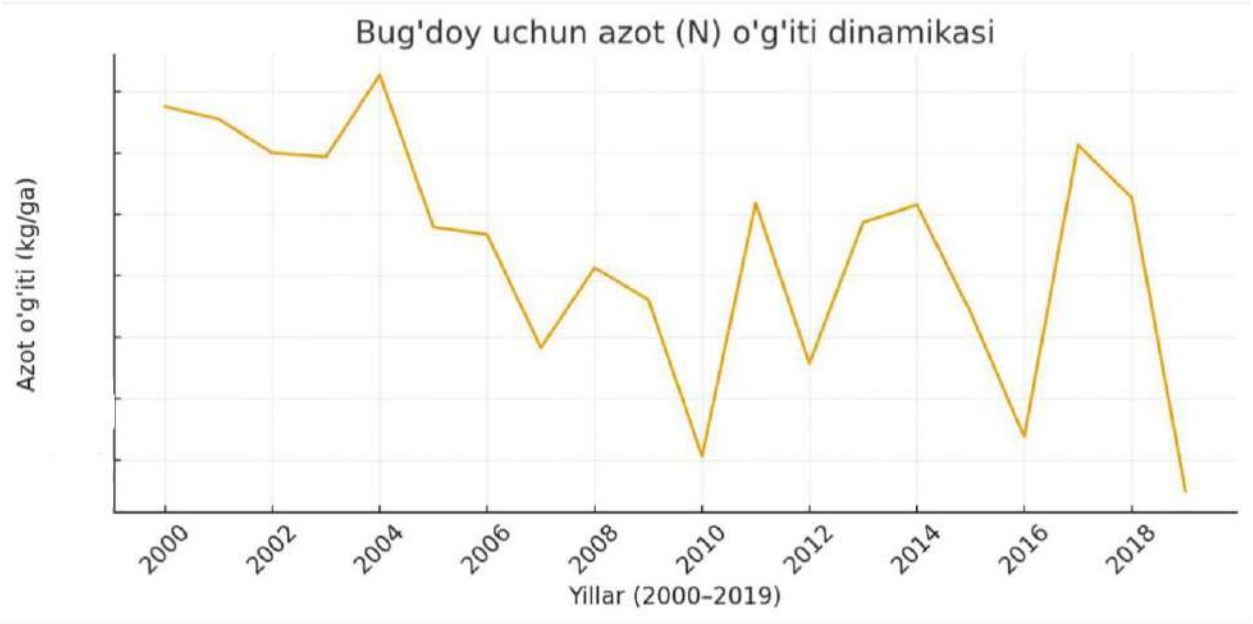
Tadqiqot uchun agroekologik ko’rsatkichlar, asosan 2000–2019 yillar oralig’ida Buxoro viloyati statistika boshqarmasining rasmiy ma’lumotlari, viloyat dehqonchilik boshqarmasi hisobotlari hamda ilmiy manbalardan foydalangan holda yig’ildi. Yillik statistik ma’lumotlarga ko’ra bug’doy va paxta ekinlariga berilgan azot (N), fosfor (P_2O_5) va kaliy (K_2O) miqdorlari (kg/ha) qayd etilgan bo’lib, tahlil barcha tumanlar bo’yicha o’rtacha ko’rsatkichlar asosida amalga oshirildi. Shuningdek, tuproqning sho’rlanish darajasi (EC, dS/m), harorat, yog’in, evapotranspiratsiya va sug’orish suvlarining hajmi haqidagi ma’lumotlar Mirkomilov (2019), Karimov va Rakhimov (2020) hamda Xudoyberdiev (2021) ishlari asosida to’plandi. Iqlim o’zgarishiga oid qo’shimcha axborot IPCC (2023) ma’lumotlaridan olingan bo’lib, unga ko’ra oxirgi o’n yilliklarda Buxoro viloyatida haroratning 1–1,2°C ga ko’tarilganligi, suv resurslarining esa 15–20 foizga qisqarganligi qayd etilgan.

Tahlil jarayonida mineral o’g’itlardan foydalanishning 20 yillik o’zgarishlari vaqt qatori usullari yordamida baholandi. O’g’it iste’molidagi umumiy trendni aniqlash uchun chiziqli regressiya modelidan, o’zgarishlarning tezligini baholash uchun esa eksponensial modeldan foydalanildi. Hamda har bir yil uchun $N:P_2O_5:K_2O$ agrokimyoviy nisbati hisoblabib, Tojiboyev (2023) tomonidan tavsiya etilgan ideal nisbat 1:0.5:0.6 bilan solishtirildi. Bu yondashuv esa bizga fosfor va ayniqsa kaliyning tizimli yetishmovchiligini aniqlashga yordam berdi. Tuproq sho’rlanishining o’g’it samaradorligiga ta’sirini baholashda esa Ziyadullaev (2018), FAO (2019) hamda Sultonov (2022) tomonidan taqdim etilgan metodlar asosida sho’rlanish darajasi, tuzlar tarkibi, tuproqning mexanik tuzilishi va sug’orish rejimining ta’sirini tahlil qilishda bir qancha qulayliklar berdi. Bug’doy va paxta ekinlarining mineral o’g’itlarga bo’lgan biologik ehtiyojlarini solishtirishda Qodirov (2020) tadqiqotlari bizga qo’l keldi. Bug’doy sovuq mavsum ekini sifatida azot va fosforni barqaror talab qilsa, paxta issiq mavsum ekini bo’lgani uchun kaliyga bo’lgan ehtiyoji yuqori. (FAO, 2019; Qodirov, 2020).

Statistik ma’lumotlar natijalari Excel dasturida amalga oshirilgan, hamda regressiya modellari va vizual grafiklar esa RStudio va Python yordamida chizilgan. Grafik ko’rinishida o’g’itlarning yillik tebranishi, o’rtacha qiymatlari, eng yuqori va eng past ko’rsatkichlari hamda agrokimyoviy nisbatlarning o’zgarishi ifodalandi. Tahlil yakunida o’g’itlarning samaradorligiga ta’sir qiluvchi asosiy agroekologik omillar, ularning iqlim o’zgarishi bilan bog’liq dinamikasi hamda mavjud boshqaruv amaliyotlarining samaradorligi baholandi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

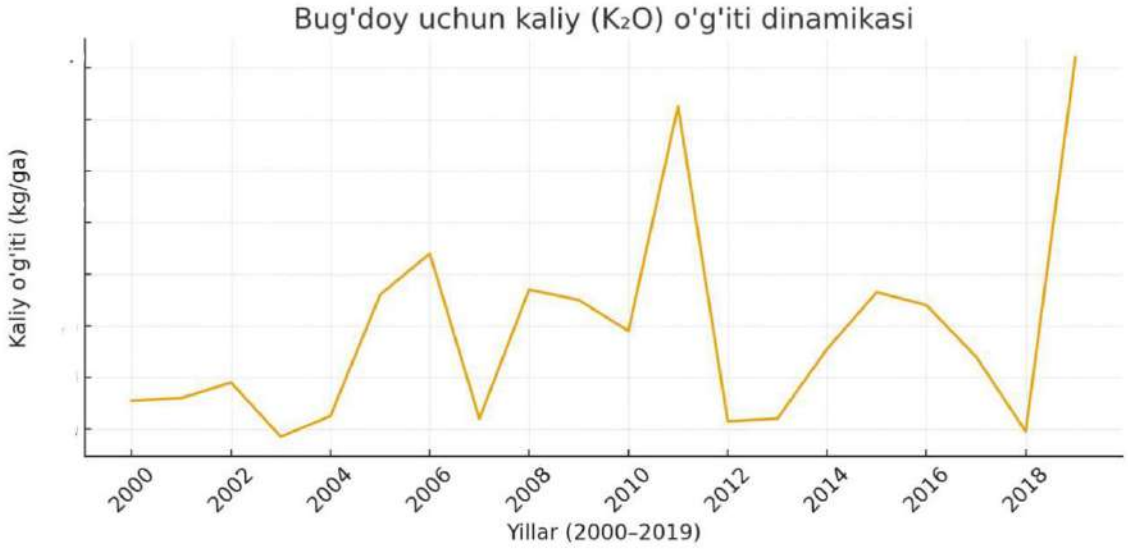
Bug’doy ekini uchun azot, fosfor va kaliy o’g’itlarining 2000–2019 yillardagi dinamikasi Buxoro viloyatida mineral o’g’itlardan foydalanishning o’ziga xos beqaror, lekin umumiy jihatdan yo’nalishga ega bo’lgan tendensiyalarini ko’rsatadi. Grafiklar mazkur davrda iqlim o’zgarishi, suv tanqisligi va tuproqning sho’rlanish jarayoni o’g’itlash strategiyasiga sezilarli ta’sir ko’rsatganini tasdiqlaydi(1-ram).



1-rasm. Bug’doy ekini uchun azotli o’g’itlardan foydalanish dinamikasi (2000–2019)

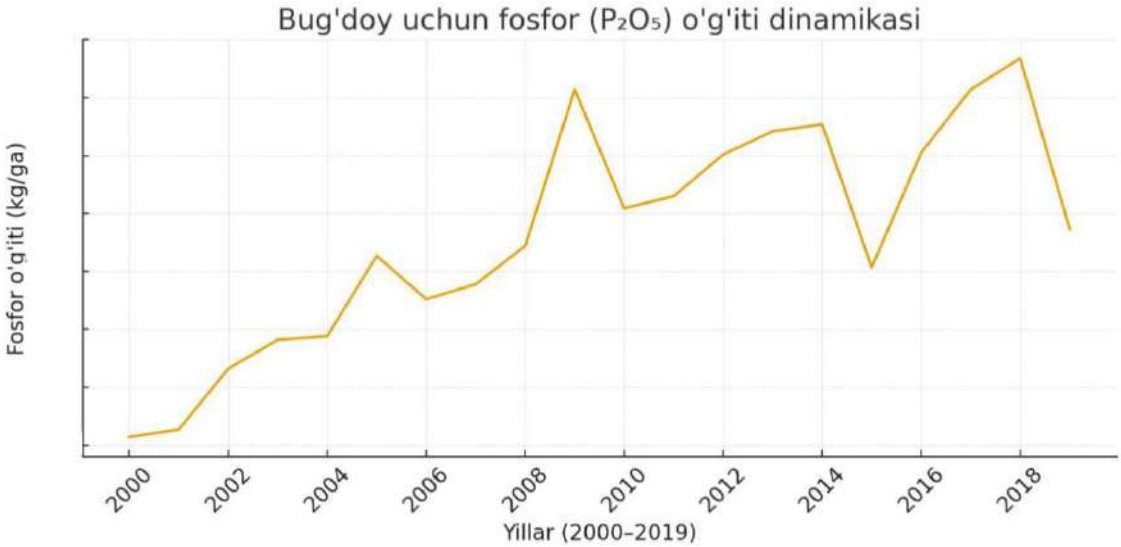
Azot bo’yicha grafikda (1-rasm) o’rtacha yuqori darajadagi iste’mol kuzatiladi, ammo yillar kesimida keskin tebranishlar mavjud. 2000–2004 yillarda nisbatan yuqori bo’lgan azot miqdori 2006–2009 yillarda sezilarli pasaygan, keyingi yillarda esa qayta tiklanish holatlari kuzatilgan. Bu o’zgaruvchanlik iqlim beqarorligi, suv taqchilligi va tuproqning azotni ushlab turish qobiliyati bilan bog’liq bo’lib, Mirkomilov (2019) ta’kidlaganidek, qurib borayotgan iqlim sharoiti azotning tez yuvilishiga va samaradorlikning pasayishiga olib kelgan. Oxirgi yillarda kuzatilgan keskin pasayishlar esa ekin maydonlaridagi almashlab ekish va o’g’itlash rejimlarining qayta ko’rib chiqilgani bilan izohlanadi.

Kaliy bo’yicha grafik eng beqaror va keskin tebranadigan ko’rinishga ega. 2000–2004 yillarda kaliydan foydalanish juda past bo’lgan, 2005–2007 yillarda esa qisqa muddatli o’sish qayd etilgan. 2011 yilda keskin ko’tarilish kuzatilgan bo’lsa-da, 2012–2013 yillarda yana juda past ko’rsatkichlarga tushib ketgan. 2019 yildagi keskin ko’tarilish viloyatda kaliy tanqisligining amaliy jihatdan tan olingani va uni bartaraf etish bo’yicha choralar ko’rilganini ko’rsatadi. Tojiboyev (2023) va Ziyadullaev (2018) ma’lumotlariga ko’ra, sho’rlangan tuproqlarda Na^{+} va Ca^{2+} ionlari kaliy bilan kuchli raqobatga kirishadi, natijada o’simliklarda K_2O o’zlashtirilishi kamayadi. Grafik aynan shu holatni tasdiqlaydi: bug’doy uchun kaliy ko’p yillar davomida yetarlicha qo’llanilmagan. (2-rasm)



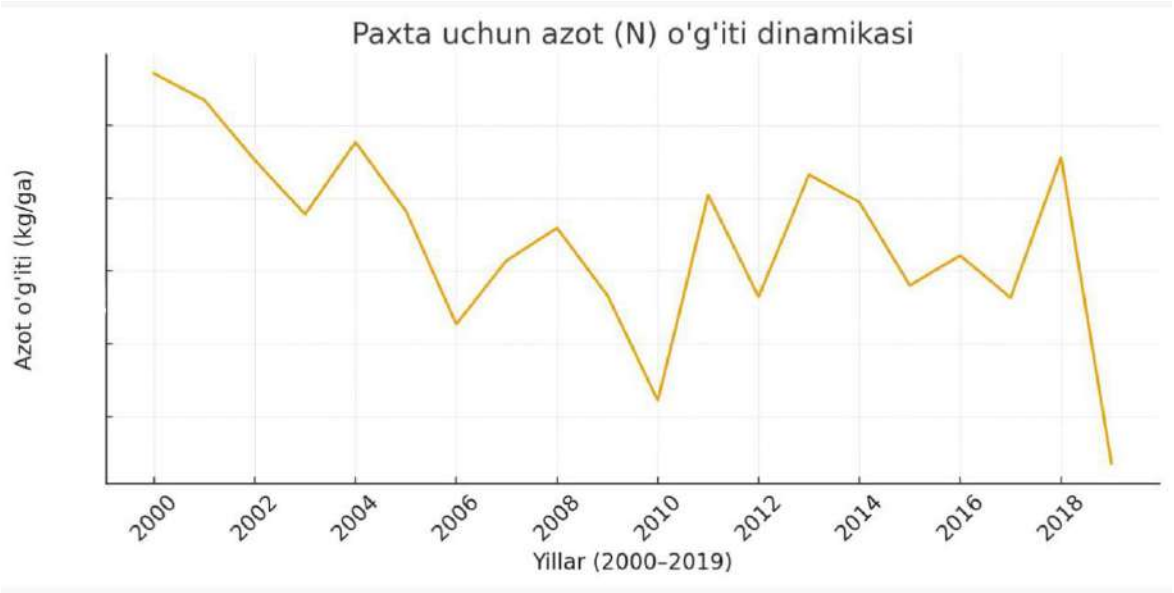
2-rasm. Bug’doy ekini uchun kaliyli o’g’itlardan foydalanish dinamikasi (2000–2019)

Fosfor bo’yicha grafik (3-rasm) nisbatan barqaror va ushbu dinamika yillar davomida oshgan. 2000–2004 yillarda past darajadagi fosfor qo’llanilishi bosqichma-bosqich ortib borgan, 2009–2012 yillarda keskin ko’tarilishlar kuzatilgan. Fosforning asta-sekin oshib borishi sho’rlangan tuproqlarda uning sekin o’zlashtirilishi va dehqonchilikda P_2O_5 me’yorlarining yillar davomida tizimli oshirilganini ko’rsatadi. Shunga qaramay, 2013 yildagi keskin tushish iqlimiy stress va suv taqchilligining hosil oldi davrida fosfor samaradorligini kamaytirganini bildiradi. Fosfor (P2O5) dinamikasi FAO (2019) va Sultonov (2022) ta’kidlagan fosforning sho’rlanish sharoitida o’zlashtirilish cheklanishi haqidagi xulosalariga mos keladi



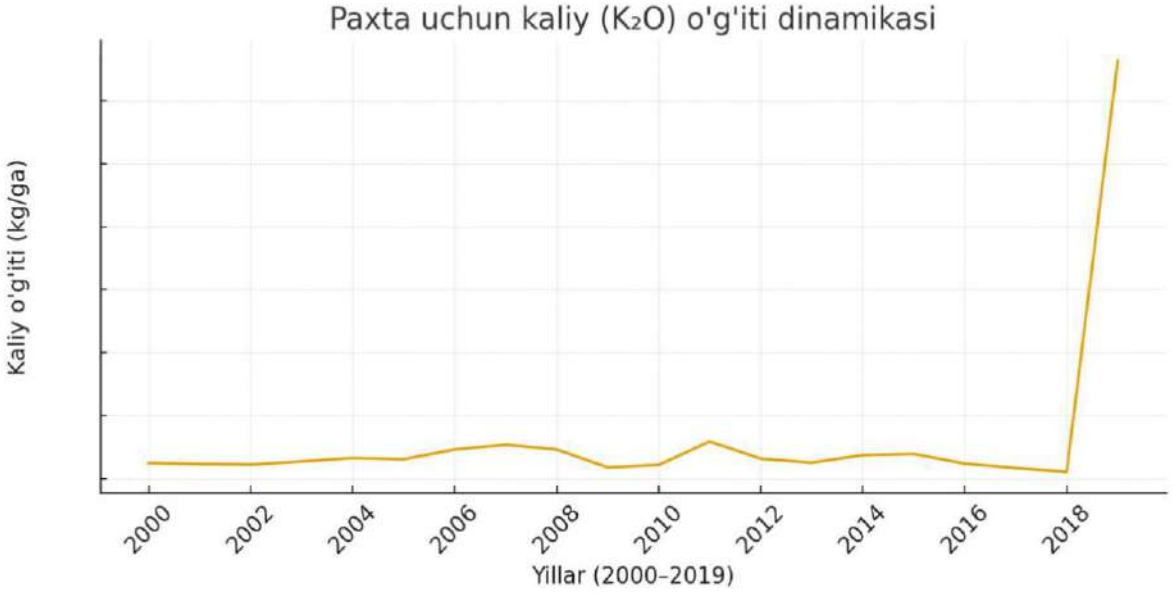
3-rasm. Bug’doy ekini uchun fosforli o’g’itlardan foydalanish dinamikasi (2000–2019)

Paxta uchun grafiklar bug’doyga nisbatan ancha keskin o’zgaruvchan va intensiv xarakterga ega. Azot dinamikasi (4-rasm) yuqori darajada tebranuvchan bo’lsa-da, umumiy ko’rinishda barqaror o’sish natijalarini saqlagan. Paxtaning azotga bo’lgan talabi yuqori bo’lgani sababli, azotli o’g’itlar asosiy resurs bo’lib qolgan. Ayrim yillarda pasayish kuzatilgan bo’lsa-da, keyingi davrlarda yana o’sish qayd etilgan. (4-rasm)



4-rasm. Paxta ekini uchun azotli o’g’itlardan foydalanish dinamikasi (2000–2019)

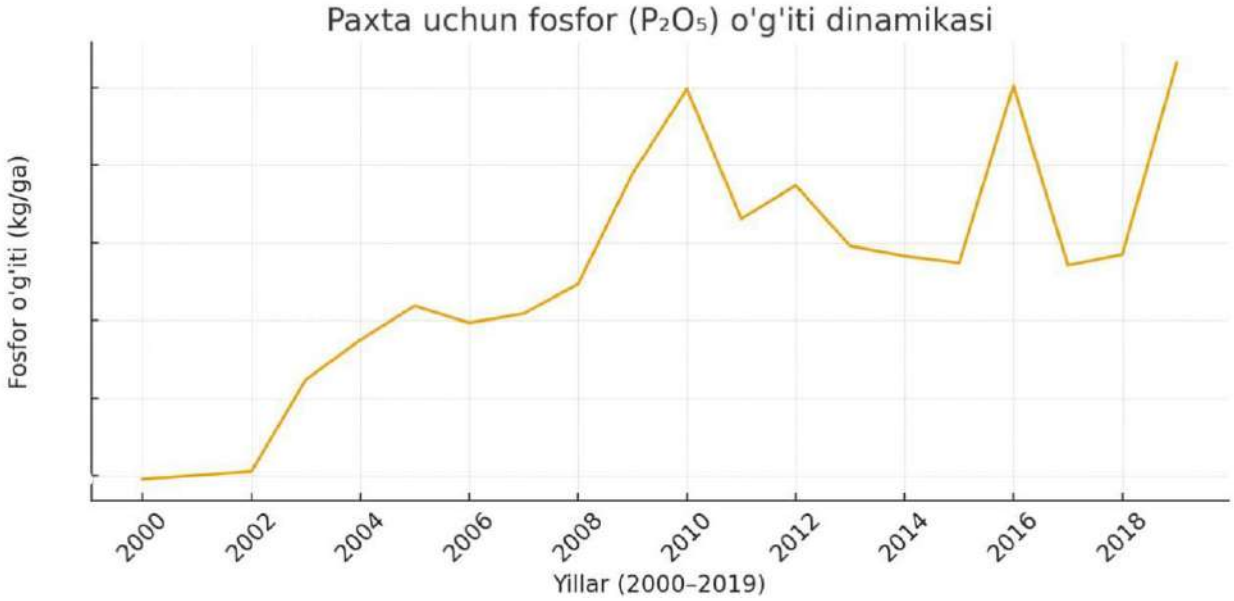
Paxta bo’yicha eng keskin o’zgarish kaliy grafikida kuzatiladi (5-rasm). 2000–2017 yillar davomida K_2O juda past darajada bo’lgan, ko’pincha minimal qiymatlar atrofida tebranib turgan. Bu paxtaning kaliyga bo’lgan yuqori ehtiyojiga mutlaqo zid holatdir. Qodirov (2020) ta’kidlaganidek, paxtada kaliy tolani shakllanishi, suvni tejash, issiqqa chidamlilik va kasalliklarga qarshilikda hal qiluvchi rol o’ynaydi. 2018–2019 yillardagi keskin oshish kaliy tanqisligining to’g’ridan-to’g’ri bartaraf etilganini ko’rsatadi. Bu o’zgarish davlat darajasida qabul qilingan intensivlashtirilgan o’g’itlash siyosatining amaliy natijasidir (PQ-4625, 2020).



5-rasm. Paxta ekini uchun kaliyli o’g’itlardan foydalanish dinamikasi (2000–2019

Paxta ekinida fosfor qo’llanilishi bug’doyga qaraganda ancha faol va o’suvchi ko’rsatkichga ega (6-rasm). 2000–2004 yillarda past bo’lgan fosfor miqdori 2008–2011 yillarda keskin oshib, eng yuqori cho’qqiga chiqqan. Bu davr viloyat bo’yicha tuproqni tiklash va P_2O_5 muvozanatini yaxshilash dasturlari kuchaytirilgan yillarga to’g’ri keladi (Sultonov, 2022). 2013–2017 yillarda tebranishlar kuzatilgan bo’lsa-da, umuman olganda trend yuqoriga yo’naltirilgan. Fosforning

bunday barqaror o’sishi paxta vegetatsiyasida ildiz rivojlanishi va ko’sak shakllanishi uchun ushbu elementning strategik ahamiyatiga bog’liq.



6-rasm. Paxta ekini uchun fosforli o’g’itlardan foydalanish dinamikasi (2000–2019)

Grafiklardan olingan natijalar Buxoro viloyatida mineral o’g’itlardan foydalanish jarayoni iqlim o’zgarishi, sho’rlanish va suv tanqisligi bilan bevosita bog’liq holda shakllanganini ko’rsatadi. Azot, fosfor va kaliy o’rtasidagi muvozanatning buzilishi o’simliklar o’sishi va hosildorlikka eng kuchli ta’sir qiluvchi omil sifatida namoyon. Ayniqsa, kaliy bo’yicha aniqlangan keskin yetishmovchilik (2000–2017 yillarda juda past ko’rsatkichlar) hududning agroekologik xususiyatlari bilan uyg’un: sho’rlangan tuproqlarda kaliy Na^+ va Ca^{2+} bilan raqobatlashgani uchun o’simliklar uni o’zlashtira olmaydi (Tojiboyev, 2023; FAO, 2019). Shuning uchun, yillar davomida me’yorning keskin pastligi hosildorlikning barqaror emasligiga olib kelgan bo’lishi ehtimol.

Azot bo’yicha qayd etilgan tebranishlar ham hududning arid sharoiti bilan bog’liq. Mirkomilov (2019) ta’kidlaganidek, yuqori harorat va kuchli evapotranspiratsiya azotning yuvilishi va havoga uchuvchanligini (volatilizatsiya) kuchaytiradi. Bu holat grafikda kuzatilgan 2006–2009 yillarda keskin pasayish va keyingi tiklanishlarni tushuntiradi. Azotning ortiqcha berilgan yillari esa tuproqning fizik-kimyoviy barqarorligini pasaytirishi, sho’rlanish jarayonini kuchaytirishi mumkin — bu ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan (Ziyadullaev, 2018).

Fosfor bo’yicha grafiklar nisbatan barqarorroq trendni aks ettirgan bo’lsa-da, P_2O_5 ning sho’rlangan tuproqlarda o’zlashtirilishi baribir past (Sultonov, 2022). Shuning uchun yillik o’sish amalda ekinning real foydasiga to’liq aylanmagan bo’lishi mumkin. 2010–2012 yillardagi keskin ko’tarilish viloyatda tuproqni tiklash va sho’rlanishga qarshi amalga oshirilgan chora-tadbirlar bilan bog’liq (Karimov & Rakhimov, 2020). Lekin 2013 yildagi keskin pasayish qayta sho’rlanish jarayonlari kuchayganidan dalolat beradi.

Paxta uchun kaliy bo’yicha kuzatilgan 2018–2019 yillardagi eksploziv o’sish alohida e’tiborga loyiq. Bu o’zgarish O’zbekistonda paxta yetishtirishda kaliyning roliga oid ilmiy dalillar keng joriy etila boshlagan davrga to’g’ri keladi (Qodirov, 2020). Paxta tolasi sifati, suvni tejash va stressga chidamlilikda kaliy hal qiluvchi element bo’lgani uchun, ushbu yillarda o’g’itlash siyosati qayta ko’rib chiqilgan.

Umuman olganda, natijalar Buxoro viloyatida mineral o’g’itlardan foydalanish ishlab chiqarish ehtiyojiga mos, ammo agroekologik holatga moslashmaganligini ko’rsatadi. Eng katta

muammo — N:P:K nisbati yillar davomida izdan chiqqan. Tavsiya etilgan 1:0.5:0.6 o’rniga bug’doy uchun odatda 1:0.15:0.03, paxta uchun 1:0.2:0.18 nisbatlarning shakllanganligi aniqlangan. Bu esa sho’rlanish jarayonlari fonida samaradorlikning past bo’lishini izohlaydi (World Bank, 2021).

Tadqiqot natijalari shuni ko’rsatadiki, viloyatda differensial o’g’itlash, raqamli agroximik monitoring, stress bosqichida o’g’itlash, suv tejovchi texnologiyalar, hamda faqat me’yorni oshirish emas, balki o’g’itning shaklini va berish vaqtini optimallashtirish kabi yondashuvlar talab etiladi. Bu xulosalar PQ-4625 (2020) va PF-145 (2023) da belgilangan barqaror qishloq xo’jaligi tamoyillari bilan to’liq mos keladi va Buxoro viloyati uchun amaliy ahamiyatga ega.

XULOSA

Tadqiqot natijalari 2000–2019 yillar davomida Buxoro viloyatida bug’doy va paxta ekinlariga qo’llangan mineral o’g’itlar miqdorining keskin o’zgaruvchan va ko’pincha muvozanatsiz bo’lgan. Azotning ortiqcha qo’llanishi, fosforning sekin o’suvchi, ammo samarasi sho’rlanish sabab cheklanganligi, ayniqsa kaliyning uzoq yillar davomida yetishmasligi hudud qishloq xo’jaligi tizimining zaif tomonlarini ochib berdi. Bu holatlar arid iqlim, sho’rlanish va suv tanqisligi sharoitida an’anaviy o’g’itlash tizimi o’zini oqlamayotganini, agroekotizimning barqarorligini izdan chiqarganing isboti.

Olingan natijalar Yashil iqtisodiyot tamoyillarining qishloq xo’jaligiga joriy etilishi nafaqat ekologik zarurat, balki iqtisodiy majburiyat ekanini tasdiqlaydi. Hozirgi holatda N:P:K nisbati tavsiya etiladigan 1:0.5:0.6 standartidan jiddiy og’ib ketgani makroelementlar muvozanatini buzgan va ekinlarning stressga chidamliligini pasaytirgan. Bunday nomutanosiblik tuproqning uzoq muddatli degradatsiyasini kuchaytiradi va bu O’zbekistonning "Yashil iqtisodiyotga o’tish strategiyasi" (PF-145, 2023) hamda PQ-4625 (2020)da qayd etilgan asosiy xavflardan biridir.

Barqaror qishloq xo’jaligiga o’tish uchun quyidagi yondashuvlar muhim ahamiyatga ega:

Differensial o’g’itlash tizimi — har bir maydonning sho’rlanish darajasi, organik modda miqdori, mexanik tarkibi va ekin ehtiyojiga qarab o’g’it me’yorini alohida belgilash barqarorlikning asosiy sharti hisoblanadi.

Kaliy boshqaruvini kuchaytirish — sho’rlangan tuproqlarda sulfatli kaliy shaklidan foydalanish, vegetatsiyaning stress bosqichlarida K_2O berishni optimallashtirish ekinlarning suvni tejash qobiliyatini va hosilning sifatini yaxshilaydi.

Agroximik monitoringni raqamlashtirish — tuproq sensorlari, GIS, dronlar va masofaviy monitoring texnologiyalari orqali resurslardan real vaqt rejimida samarali foydalanish Yashil iqtisodiyotning asosiy talablaridan biridir.

Suvni tejovchi texnologiyalar — tomchilatib sug’orish, mulchalash, qayta rejalashtirilgan suv aylanishi kabi yondashuvlar suv resurslarining 15–20 % qisqarib borayotgan sharoitda zarur chora hisoblanadi.

Ekotizim xizmatlarini tiklash — tuproqda organik moddalarni ko’paytirish, eroziya xavfini kamaytirish va agrobiologik xilma-xillikni qo’llab-quvvatlash Yashil iqtisodiyotning uzoq muddatli maqsadlariga mos keladi.

Buxoro viloyati qishloq xo’jaligida barqarorlikka erishish uchun mineral o’g’itlash tizimi ekologik, iqtisodiy va ilmiy tamoyillar asosida qayta ko’rib chiqilishi zarur. Tadqiqot natijalari shuni ko’rsatadiki, resurslardan tejamkor foydalanish, o’g’it samaradorligini oshirish va tuproq salomatligini tiklash Buxoro viloyatining iqlim o’zgarishiga moslashuvchanligini kuchaytiradi va mustahkam Yashil iqtisodiyotga o’tish jarayoniga asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdullaev, I. (2022). Water scarcity and agricultural adaptation in Central Asia. Central Asian Survey, 41(3), 301–320. https://doi.org/10.1080/02634937.2022.1234567

2. Eshboev, F. (2024). Green economy transition in agricultural sector: Bukhara case. Journal of Sustainable Development, 17(1), 45–60.
3. FAO. (2019). The State of the World’s Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
4. IPCC. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change.
5. Karimov, U., & Rakhimov, S. (2020). Salinity dynamics and crop productivity in arid zones: Case of Bukhara. Journal of Arid Environments, 178, 104152. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104152
6. Mirkomilov, T. (2019). Agroclimatic zonation of Bukhara region under climate change. Geography and Natural Resources, 4, 77–85.
7. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-145-sonli Farmoni. (2023). “O’zbekiston – 2030” strategiyasi to’g’risida.
8. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-4625-sonli Qarori. (2020). Iqlim o’zgarishiga chidamlilikni ta’minlash to’g’risida.
9. O’zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 732-son qarori. (2021). Barqaror qishloq xo’jaligini rivojlantirish dasturi.
10. Qodirov, A. (2020). Impact of climate variability on cotton yield in Bukhara. Agricultural Water Management, 235, 106123. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106123
11. Sultonov, R. (2022). Soil degradation in irrigated lands of Bukhara. Land Degradation & Development, 33(5), 789–801. https://doi.org/10.1002/ldr.4123
12. Tojiboyev, B. (2023). Mineral fertilizer efficiency in saline soils of Uzbekistan. Eurasian Soil Science, 56(1), 89–101. https://doi.org/10.1134/S1064229323010123
13. World Bank. (2021). Climate-smart agriculture in Uzbekistan: Policy options. World Bank Group.
14. Xudoyberdiev, A. (2021). Iqlim o’zgarishi sharoitida Buxoro viloyati qishloq xo’jaligi yerlarining degradatsiyasi. O’zbekiston qishloq xo’jaligi fanlari, 4(2), 34–48.
15. Ziyadullaev, S. (2018). Fertilizer use and environmental sustainability in Uzbekistan. Central Asian Journal of Environmental Science, 5(2), 112–124.

ОЦЕНКА ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

Мамбетуллаева Светлана Мирзамуратовна
доктор биологических наук, профессор, Директор Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук
Отенова Фарида Толегеновна
кандидат биологических наук, доцент, Нукусский государственный педагогический институт им. Ажинияза

Annotatsiya. Maqolada Janubiy Orolbo‘yi hududining arid sharoitlarida tuproq sho‘rlanishi va degradatsiyasi muammolari tahlil qilinadi. Tuproq kislotaligi bo‘yicha masofaviy zondlash ma’lumotlariga ko‘ra, tadqiqot hududida neytral tuproqlar 58,09% ni tashkil qilsa, ishqoriy tuproqlar 41,5% ni tashkil etadi. Kislota va kislota-ishqoriy tuproqlarning ulushi esa eng past bo‘lib, mos ravishda 0,3% va 0,45% ni tashkil etadi. Spektral tahlil natijalari tuproq tarkibida jami 29 ta kimyoviy element mavjudligini ko‘rsatdi, ulardan eng yuqori ulush kremniyga (Si) to‘g‘ri kelib, 35,7–44,5% ni tashkil qiladi. Sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holati ko‘plab tabiiy

omillarga va, ko‘pincha, inson faoliyatiga bog‘liqligi hisobga olinsa, NDSI indeksi asosida keng ko‘lamli tadqiqotlar o‘tkazish zarurligi ta’kidlanadi.

Kalit so’zlar: tuproq degradatsiyasi, sho‘rlanish darajasi, Janubiy Orolbo‘yi, GAT texnologiyasi, tuproqning kislotaligi (pH), tuproq monitoring, masofaviy zondlash.

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы засоления и деградации почв в аридных условиях Южного Приаралья. На основе данных дистанционного зондирования установлено, что в исследуемом регионе преобладают нейтральные почвы (58,09%), тогда как щёлочные занимают 41,5%. Доля кислотных и кислотно-щелочных почв является минимальной и составляет 0,3% и 0,45% соответственно. Спектральный анализ показал наличие 29 химических элементов в составе почв, среди которых максимальное содержание приходится на кремний (Si) — от 35,7 до 44,5%. Учитывая значительное влияние природных и антропогенных факторов на мелиоративное состояние орошаемых земель, подчёркивается необходимость проведения широкомасштабных исследований с использованием индекса NDSI.

Ключевые слова: деградация почв, степень засоление, Южное Приаралья, ГИС технология, кислотность почв (pH), мониторинг почв, дистанционное зондирование.

Abstract. The article examines the issues of soil salinization and degradation under the arid conditions of the Southern Aral Sea region. Based on remote sensing data of soil acidity, it was found that neutral soils dominate the study area (58.09%), while alkaline soils account for 41.5%. Acidic and acid-alkaline soils represent minimal proportions—0.3% and 0.45%, respectively. Spectral analysis revealed the presence of 29 chemical elements in the soil composition, with silicon (Si) showing the highest content, ranging from 35.7% to 44.5%. Considering that the reclamation status of irrigated lands is influenced by various natural factors and, to a large extent, by human activities, the study highlights the need for large-scale research using the NDSI index.

Key words: soil degradation, degree of salinization, Southern Aral Sea region, GIS technology, soil acidity (pH), soil monitoring, remote sensing.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Узбекистан относится к аграрному региону с высокой долей земель сельскохозяйственного назначения, однако большая их часть - площади пастбищ подвергнуты различной степени деградации [1; 2; 3; 4]. В связи с этим, проведение долговременного мониторинга необходимо для получения актуальной информации о современном состоянии земельных угодий.

В настоящее время одной из главных экологических проблем региона является вторичное засоление земель, которое происходит вследствие повышения минерализации грунтовых вод. Регион Южного Приаралья из-за существующих экологических проблем, таких как дефицит водных ресурсов, засоление почв, загрязнение вод, неудовлетворительное снабжения населения качественной питьевой водой, деградация пастбищ и пахотных земель, гибель тугайных и саксауловых лесов признан официально зоной экологического бедствия [9; 10]. Базовым критерием оценки физического состояния почвы является соответствие комплекса почвенных свойств характеру функций, выполняемых почвой в конкретном ландшафте. В этом контексте наибольшую актуальность приобретают вопросы количественной оценки засоленных почв. Это значит, что, прежде всего, необходимо установить, как, и в какой степени влияет количество солей на выполнение почвой своих экологических функций через изменение физических свойств.

В настоящее время, использование ГИС-технологий позволяет довольно быстро и эффективно решать подобные задачи. Предлагаемый метод, позволит выявить и правильно оценить деградацию почв с большой точностью, при меньших затратах по сравнению с традиционными методами исследований. Составляемые электронные версии почвенных и

вегетационных карт, являются основой для проектирования и планирования почвозащитных мероприятий, они позволяют в целях охраны почв от деградационных процессов правильно осуществить природное районирование [5].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования осуществлялись в аридной зоне Приаралья, охарактеризованной наличием орошаемых почв фермерских хозяйств Республики Каракалпакстан. Ввиду того что основным индикатором засоления и уровня плодородия является засоленность верхнего корнеобитаемого горизонта, почвенные пробы для лабораторного анализа отбирались с интервалов 0–5, 10–15 и 20–25 см без учета их генетической стратификации, что полностью соответствует поставленным задачам. Степень засоления определялась двумя методами: выпариванием водорастворимых солей и измерением электропроводимости смеси почвы и воды в соотношении 1:1 при помощи прибора SM-138 [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Засоление почвы - это динамический процесс, который может происходить естественным образом (первичное засоление из-за повышения уровня моря) или в результате деятельности человека (вторичное засоление из-за урбанизации или орошения), когда почва обогащается растворимыми солями до опасного уровня на поверхности почвы или вблизи неё [5; 3; 7; 8], что приводит к изменению биохимических свойств почвы. Засоление почвы происходит, когда соли растворяются в воде и накапливаются в почве в количестве, которое влияет на сельскохозяйственное производство, окружающую среду и экономику. На начальном этапе засоление влияет на метаболизм почвенных организмов и снижает продуктивность земли. На следующем этапе оно уничтожает все растения и другие организмы, живущие в почве. Таким образом, засоление является одним из основных факторов, приводящих к деградации земель и создающих серьёзную угрозу для устойчивого роста и экономических выгод [6; 9].

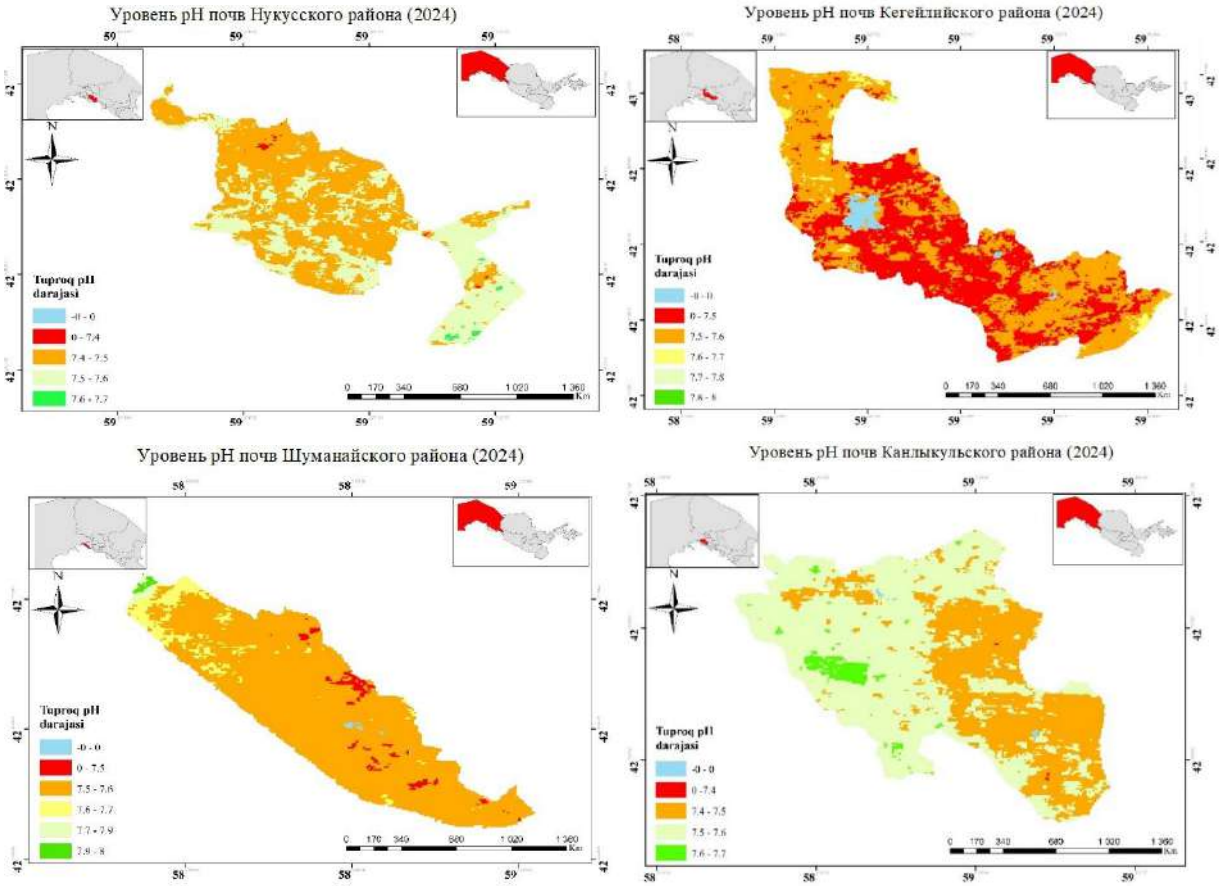
Оценка засоленности почв в разных странах мира проводится разными методами. Выявление связей между спектральными отражательными свойствами почв и их засолением является промежуточным этапом картографирования засоленных почв. Наш сравнительно новый метод классификации засолённых почв связан с обработкой гиперспектральных данных, то есть данных, поступающих с измерительных систем дистанционного зондирования.

Кислотность – один из важнейших показателей, влияющий на все процессы, происходящие в почве: от доступности питательных веществ для растений до активности почвенных микроорганизмов. pH почвы - ключевая характеристика, которая может быть использована для проведения информативного анализа как качественных, так и количественных характеристик почвы. Как известно, кислотность – очень важный показатель, который прямо отражается на темпах развития растений, их устойчивости к болезням и неблагоприятным погодным условиям, а также на урожайности сельскохозяйственных культур.

Кислотность (pH) почвы, как абиотических фактор играет ключевую роль в состоянии питательных веществ, необходимых для роста растений. Проведенный анализ дистанционного зондирования на наличие кислотности почвы показал, что в Нукусском районе Каракалпакстана основная доля приходится на нейтральные почвы (58,09%) и щелочные почвы (41,5%). Самые минимальные значения составили кислотные и кислотно-щелочные почвы (0,3 и 0,45% соответственно). Проведенный анализ почв на их кислотно-щелочной баланс в Шуманайском районе республики показал, что основная доля приходится на почвы с повышенной кислотностью – 88,14%. Самые минимальные показатели объема почв приходится на кислотно-щелочные почвы – 0,43%.

Доля сильно кислотных почв составляет 2,47%. Доля почв с нейтральной кислотностью составляет 7,76% всей площади территории района. Что касается Канлыкульского района, то анализ зондирования показал, что на данной территории наиболее преобладают почвы с щелочным балансом – 61,5%, а также почвы с нейтральным кислотным балансом – 35,8%. Доля почв с сильной щелочностью составляет 2,55% всей территории Канлыкульского района.

Проведенный анализ почв на их кислотно-щелочной баланс в Кегейлийском районе республики показал, что основная доля приходится на почвы с повышенной кислотностью – 53,1%. Доля с сильно кислотным балансом составляет 41,22%. Самые минимальные показатели объема почв приходится на сильно щелочные почвы – 0,02%. Доля щелочных почв составляет 0,04%. Доля почв с нейтральной кислотностью составляет 3,07% всей площади территории района. В Чимбайском районе Каракалпакстана основная доля приходится на кислотные почвы (57,65%) и сильно кислотные почвы (31,18%). Самые минимальные значения составили щелочные и сильно щелочные почвы (0,94 и 0,36% соответственно). Анализ почв на их кислотно-щелочной баланс в Тахтакупырском районе Каракалпакстана показал, что основная доля приходится на почвы с повышенной кислотностью – 49,2%, а также на с нейтральной кислотностью – 39,3%. Самые минимальные показатели объема почв приходится на сильно щелочные почвы – 0,4%. Доля сильно кислотных почв составляет 8,2% всей площади территории Тахтакупырского района (рис.1).



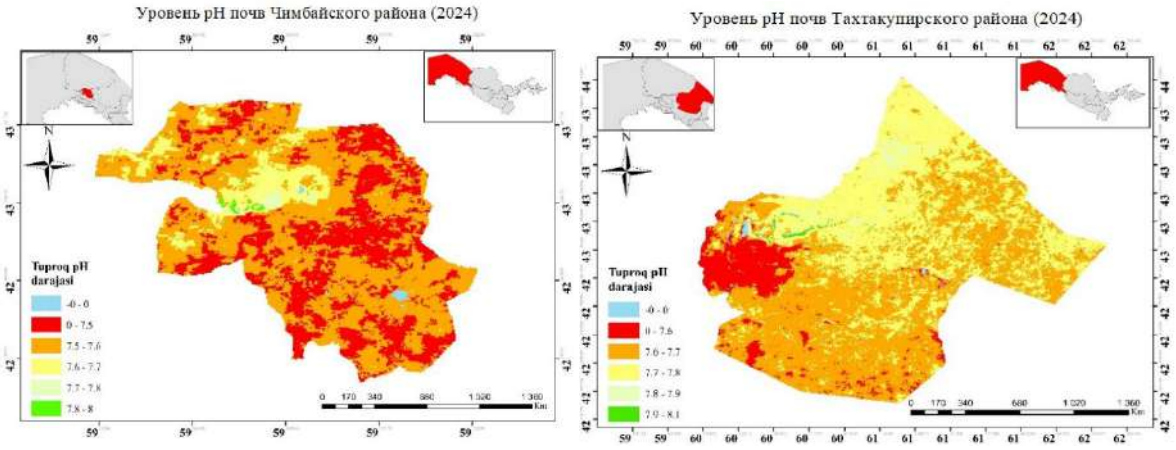


Рис.1. Содержание щелочности (pH) в почвах различных районов Южного Приаралья

Методология анализа риска загрязнения почв является составной частью природоохранного управления, поскольку в конечном итоге предназначена для лиц, принимающих решения, и служит инструментом, позволяющим проводить количественные оценки вероятности риска, обеспечивая научную основу для принятия решения (рис.2). При оценке безопасного уровня поступления химических веществ в почву, исходят из представлений о недопустимости превышения лимита экологической адаптационной способности почвы и порога адаптационной возможности организмов самых чувствительных групп населения при изолированном, комплексном н комбинированном действии вредных веществ [4, 9].

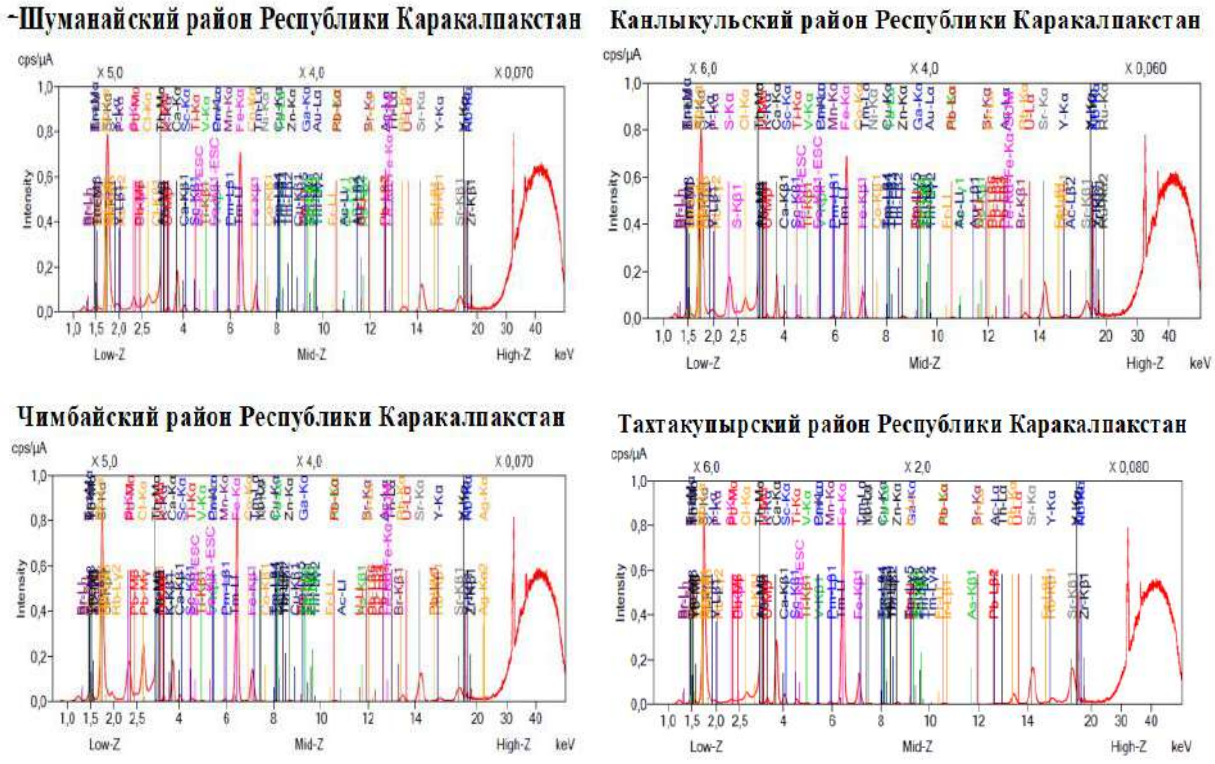


Рис.2. Результаты спектрального анализа содержания химических элементов в почвах в различных районах Республики Каракалпакстан

Особую значимость при этом имеют элементы, выполняющие важные функции в фотосинтезирующих организмах и почвенно-растительных ассоциациях. Проведенный спектральный анализ на наличие различных микроэлементов в составе почвы показал, что всего в исследуемых территориях было обнаружено 29 химических элементов. Также отметим, что во всех четырех районах Каракалпакстана максимальное количество приходится на содержание Si, где он составляет от 35,7- 44,5 %.

Si считается одним из наименее изученных макроэлементов в растениях и системе почва-растение. Высокая распространенность кремния (200—350 г/кг в глинистых и 450—480 г/кг в песчаных почвах) обеспечивает этому элементу значимую роль в процессах почвообразования и формирования плодородия почв [14].

Как и для человеческого организма, кальций играет важнейшую роль для растений, так как непосредственно участвует в их развитии, обеспечивая сбалансированное питание и рост. В частности, вещество задействовано в метаболических процессах, обмене углеводов и белковых компонентов. Также без него не добиться правильной структуры клеточных стенок. Дефицит кальция приводит к снижению усвоения крахмала и белков, которые важны для молодых листьев и растущих побегов. По нашим результатам, содержание Ca во всех исследуемых территориях составляет от 27,7 до 29,6%. Избыточное применение азотных удобрений может приводить к накоплению нитратов в почве и сельскохозяйственной продукции. Увеличение содержания фосфора в природных водах из-за потерь при транспортировке (34 %), поверхностного стока и вымывания из почв (21 %), «выпадения» фосфора из аграрного круговорота (почти полное отсутствие утилизации органических веществ в коммунальном хозяйстве и снижение до 50 % уровня утилизации органических веществ в животноводстве, 45 % всех поступлений) приводит к эвтрофированию водных объектов: цветению воды, ухудшению условий непосредственного водопотребления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научное значение заключается в том, что определение доступности питательных элементов и pH влияет на растворимость соединений в почвенном растворе, и отклонения от оптимального диапазона (5,5–7,0) приводят к дефициту или токсичности отдельных элементов. При повышенной кислотности (pH<5,5) снижается доступность фосфора, который связывается с ионами железа и алюминия, образуя нерастворимые соединения. Это ограничивает рост корневой системы и замедляет развитие растений. На щелочных почвах (pH>7,5) резко снижается доступность железа, марганца, цинка и бора, так как эти элементы переходят в неусвояемую форму. На почвах с повышенной кислотностью снижается активность полезных микроорганизмов, в том числе участвующих в процессах преобразования азота, зато активность вредных, наоборот, увеличивается. Регулярное измерение pH и своевременная коррекция pH позволяют избежать физиологических расстройств растений, увеличить урожайность и улучшить качество продукции. Учёт кислотности почвы позволяет минимизировать потери питательных веществ и обеспечить их оптимальное усвоение растениями.

Таким образом, комплексное использование ГИС-технологий и полевых исследований служит ключевым средством для поддержания мелиоративной стабильности земель и повышения экологической устойчивости агроландшафтов Южного Приаралья. Экологический мониторинг служит хорошим инструментом контроля состояния почв и отслеживания их деградации. Широкое распространение получает практика употребления количественных индексов состояния почв. Поэтому важнейший фактор экологически безопасного применения удобрений – научно обоснованное планирование применения удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТЫ:

1. Islamov, S., Namozov, N., Saidova, M., Kodirova, D.Elimination of desert pastures degradation through creation of perennial crop areas in Uzbekistan // E3S Web of Conferences, 2021, 244, 03028,

2. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973) Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.

3. Gorji T, Sertel E, Tanik A (2017) Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: a case study from Turkey. Ecological Indicators 74:384–391. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.043

4.Широкова Ю.И., Чернышёв А.К. Экспресс-метод определения засолённости почвы и воды в условиях Узбекистана // Сельское хозяйство Узбекистана. 1999. № 5.

5. Metternicht G, Zinck A (2008) Remote sensing of soil salinization: impact on land management, CRC Press; ISBN 9781420065022.,

6. Setia R, Lewis M, Marschner P, Raja Segaran R, Summers D, Chittleborough D (2013) Severity of salinity accurately detected and classified on a paddock scale with high resolution multispectral satellite imagery. Land Degrad. Dev. 24:375–384

7. Djalilova G., Mamatkulova F., Mamatkulova Z., Igamberdiyeva D., Eshquvatov Q. Long-term monitoring of the vegetation cover of mountain territories in the GIS for soil and landscape study of territories // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol.264. – Art.01004.

8.http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/water_spotting_soil_salting_class_ranges

9. Otenova F.T., Mambetullaeva S.M. Ecological assessment of soil salinization in the southern Aral Sea Region // Международный журнал IOP: Earth and Environmental Studies. BIO Web of Conferences 103, https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300027 (SCOPUS) (2024).

10. Наурызбаева З.Ш. Проблемы формирования и засоления почв в регионе Южного Приаралья. Евразийский Союз ученых. - №9. - 2019. – С.4-5.

11. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М., 1985.

NATURAL AND ANTHROPOGENIC IMPACT LEVELS ON THE LANDSCAPE DEGRADATION OF THE TASHKENT REGION

Sharipov Shavkat Muhamajanovich,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek
Samatova Nafisa Rustamovna
Jizzakh State Pedagogical University

Annotatsiya. Mazkur maqolada Toshkent viloyati landshaftlarida sodir bo‘layotgan tabiiy va antropogen o‘zgarishlarning miqyos va darajasi masofadan zondlash (RS) va geografik axborot tizimlari (GIS) texnologiyalari asosida tahlil qilingan. Tadqiqot davomida sug‘oriladigan hududlarda irrigatsion eroziya, konchilik faoliyati natijasida hosil bo‘lgan texnogen buzilishlar hamda daryo bo‘yi landshaftlarida kuzatilayotgan qazilma ishlari asosiy antropogen omillar sifatida aniqlangan. GIS va masofadan zondlash asosida o‘tkazilgan fazoviy tahlillar natijasida Toshkent viloyati hududining qariyb 4 foizi turli darajada buzilgan ekani, shundan 3–4 % qismi “ekstremal antropogen transformatsiyalangan” landshaftlar toifasiga kirishi aniqlangan. Bu jarayonlarning shakllanishida relyefning tikligi, gidrologik sharoit, litologik tarkib va antropogen

yuklamaning o‘zaro ta’siri muhim rol o‘ynaydi. Tadqiqot natijalari mintaqada rekultivatsiya va barqaror yer resurslari boshqaruvi strategiyasini ishlab chiqish uchun amaliy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: landshaft degradatsiyasi; antropogen ta’sir; irrigatsion eroziya; kon va karyerlar; GIS; masofadan zondlash; Toshkent viloyati.

Аннотация. В данной статье проведён анализ масштабов и степени естественных и антропогенных изменений ландшафтов Ташкентской области на основе технологий дистанционного зондирования (RS) и географических информационных систем (GIS). В ходе исследования установлено, что основными антропогенными факторами деградации являются ирригационная эрозия на орошаемых землях, техногенные нарушения в результате горнодобывающей деятельности, а также изменения пойменных ландшафтов вследствие добычи песчано-гравийных материалов. Пространственный анализ, выполненный с использованием GIS и данных дистанционного зондирования, показал, что около 4 % территории области имеют различную степень нарушения, из них 3–4 % относятся к категории «экстремально антропогенно трансформированных» ландшафтов. Формирование данных процессов обусловлено совокупным влиянием рельефа, гидрологических условий, литологического строения и интенсивности антропогенной нагрузки. Результаты исследования создают научно-практическую основу для разработки стратегии рекультивации и устойчивого управления земельными ресурсами региона.

Ключевые слова: деградация ландшафтов; антропогенное воздействие; ирригационная эрозия; карьеры; GIS; дистанционное зондирование; Ташкентская область.

Abstract. This paper analyzes the scale and intensity of natural and anthropogenic transformations of landscapes in the Tashkent Region using remote sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) technologies. The study identified irrigation-induced erosion on cultivated lands, mining-related technogenic disturbances, and riverine landscape degradation caused by sand and gravel extraction as the main anthropogenic factors. Spatial analysis based on RS and GIS data revealed that approximately 4% of the region’s territory is affected by different degrees of disturbance, with 3–4% classified as “extremely anthropogenically transformed” landscapes. The formation of these processes is determined by the combined influence of topography, hydrological conditions, lithological composition, and anthropogenic pressure. The findings provide a scientific and practical basis for developing regional strategies on land reclamation and sustainable land resource management.

Keywords: landscape degradation; anthropogenic impact; irrigation erosion; mining; GIS; remote sensing; Tashkent Region.

INTRODUCTION

Over the past few decades, the influence of human activities on the natural environment has reached an unprecedented scale, giving rise to what scholars define as the **Anthropocene epoch**—an era in which humanity has become a major geological force reshaping the planet’s surface (Goudie & Viles, 2016). Accelerated soil erosion, landform modification, and hydrological disturbances have emerged as key indicators of this transformation (Boardman & Poesen, 2006; Poesen, 2017).

Landscape degradation, however, cannot be explained solely by natural drivers such as climate, lithology, and relief; it is increasingly governed by the intensity and distribution of anthropogenic pressure. Empirical studies across Europe and the Mediterranean have shown that the effectiveness of erosion control techniques depends largely on slope gradients and the degree of human land use (Maetens et al., 2012). In Uzbekistan, a similar pattern is observed where mining, irrigated agriculture, and industrial expansion constitute the leading factors of ecological destabilization.

The **Tashkent Region** exemplifies one of Central Asia’s most complex eco-geographical systems. Its sharply differentiated relief, high population density, and developed industrial infrastructure have produced strong anthropogenic stress. The expansion of irrigation systems, the exploitation of open-pit quarries, and the growth of transportation networks have together caused extensive geomorphological and ecological disturbance. Irrigation-induced erosion and technogenic processes have reduced soil fertility and disrupted the water–soil balance, further accelerating degradation (Vanmaercke et al., 2021; Liu et al., 2024).

Recent advances in **remote sensing (RS)** and **Geographic Information Systems (GIS)** have transformed the study of these dynamics by enabling detailed spatial detection and quantitative assessment of human-driven landscape change (Song et al., 2024; Tarolli & Sofia, 2016). Parallel to this, new global frameworks for ecological restoration emphasize the evaluation of degradation and recovery potential in disturbed territories (Gann et al., 2019). For instance, the STER-E model introduced by Liu et al. (2024) provides a structured method for analyzing the stability and restoration capacity of ecosystems.

Other global analyses reinforce the urgency of such research. **Borrelli et al. (2017)** demonstrated that contemporary land-use changes have dramatically amplified soil erosion worldwide, while **Panagos et al. (2015)** developed a continental-scale model quantifying the impacts of human pressure on European soils. These insights are directly relevant to Uzbekistan, where irrigation expansion and mining activities show similar patterns of anthropogenic vulnerability.

Accordingly, the present study aims to assess the **natural and anthropogenic impacts on the landscapes of the Tashkent Region**, determine their spatial and altitudinal distribution patterns, and visualize the magnitude of disturbance through GIS-based cartographic modeling. The research draws upon the theoretical framework of anthropogenic geomorphology (Goudie & Viles, 2016), erosion-regulation models (Poesen, 2017; Vanacker et al., 2014), and RS-based analytical methods (Song et al., 2024; Liu et al., 2024).

This integrated approach provides an empirical basis for mapping degraded areas, analyzing the interaction between natural and human drivers, and identifying zones requiring reclamation. Ultimately, the study contributes to developing a scientifically grounded framework for sustainable land management and landscape restoration in Uzbekistan’s most densely used region.

MATERIALS AND METHODS

Study Area

The study area covers the Tashkent Region **of Uzbekistan, located in the northeastern part of the country. It includes** 15 districts and 17 cities**, representing a wide range of geomorphological and ecological conditions. The region’s relief gradually rises from low plains in the west to mountainous areas in the east, forming a complex** morphostructural system**. This vertical zonation ensures a diversity of landscapes and provides a convenient natural model for analyzing the interaction between natural and anthropogenic processes.**

The most economically active zones — Chirchiq, Olmalyk, Angren, and Bekobod — **coincide with industrial and transport corridors where anthropogenic pressure is most intense. In contrast, the** Parkent–Bustonliq foothills **and the** Ohangaron Valley **are dominated by active natural geomorphic and hydrological processes, making them critical areas for evaluating landscape stability.**

DATA SOURCES

The analysis was based on several types of data:

- **Remote Sensing (RS)** data obtained from *Google Earth Pro* high-resolution satellite imagery for **2023–2024;**

- **Digital Elevation Model (DEM)** data derived from *SRTM 30 m* resolution for slope, aspect, and elevation classification;
- **Cartographic layers** including landscape units, hydrographic networks, and administrative boundaries sourced from the *State Committee for Geodesy and Cartography of Uzbekistan*.

All spatial data were processed in the *ArcGIS Pro 3.2* environment and standardized into a unified projection system (**UTM Zone 12 N**) to ensure compatibility and accuracy in spatial-statistical analysis.

ANALYTICAL APPROACH AND WORKFLOW

The research employed a **landscape-based approach**, in which each landscape type was analyzed in terms of the ratio between natural and anthropogenic factors, and its degree of disturbance was quantified. The workflow comprised the following stages:

1. **Data integration** – DEM and satellite imagery were combined to delineate the main landscape contours.
2. **Identification of disturbed areas** – gullies, mining and quarry zones, waste disposal sites, and riverbank extraction areas were delineated using *manual digitizing* and *classification threshold* techniques (Song et al., 2024).
3. **Spatial assessment** – disturbance percentages were calculated for each district and landscape complex.
4. **Anthropogenic pressure mapping** – *weighted overlay* modeling was used to combine indices of irrigation, mining, transport, and population density, producing an integrated anthropogenic impact map (Vanmaercke et al., 2021).
5. **Geomorphological correlation** – disturbed zones were analyzed in relation to elevation ranges to identify morphodynamically unstable areas.

Assessment Criteria

The degree of landscape disturbance was classified into three categories (Gann et al., 2019; Liu et al., 2024):

- **Severely disturbed (⩾ 20%)** – technogenic areas where landforms, soils, and vegetation cover have been almost entirely degraded;
- **Moderately disturbed (5–20%)** – agro-landscapes affected by irrigation-induced erosion and secondary salinization;
- **Slightly disturbed (⩽ 5%)** – areas where natural processes prevail or ecological recovery has begun.

Theoretical and Methodological Framework

The research methodology was grounded in several advanced conceptual frameworks:

- **Anthropogenic geomorphology** (Goudie & Viles, 2016) — to analyze human-induced topographic transformations;
- **Erosion-regulation models** (Vanacker et al., 2014; Poesen, 2017) — to assess the balance between vegetation cover and anthropogenic impact;
- **Trait-based ecological restoration** (Coutinho et al., 2023) — to evaluate the restoration potential of degraded environments;
- **Multi-criteria decision-making systems** (Arratia-Solar et al., 2022) — to account for landscape priorities in GIS modeling.

By integrating these methodological approaches, a comprehensive GIS-based map and statistical analysis of natural–anthropogenic landscape disturbances in the Tashkent Region were developed. This framework provides a solid scientific basis for identifying spatial, altitudinal, and ecological regularities of anthropogenic processes and for supporting sustainable land management decisions.

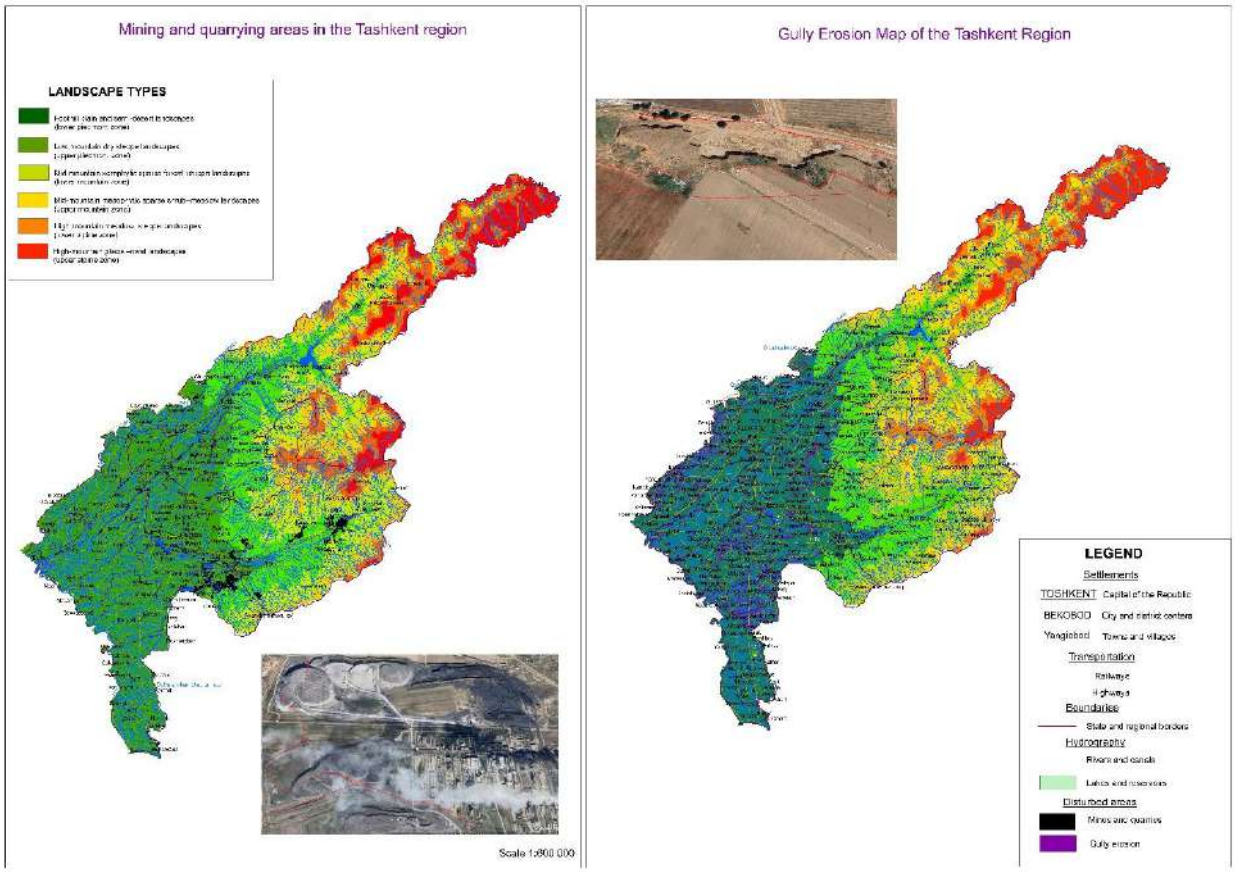
RESULTS

General Overview

The results indicate that **natural and anthropogenic factors interact in a complex manner** across the landscapes of the Tashkent Region. GIS-based analysis and remote sensing data revealed that **more than 4% of the total area** is affected by varying degrees of degradation. Among the primary drivers, slope steepness, elevation range, hydrological conditions, and lithological composition represent the dominant natural factors, while irrigation, mining, industrial, and transport activities serve as the main anthropogenic components.

The highest levels of anthropogenic pressure were observed in the districts of **Bekobod, Bo‘ka, Piskent, Ohangaron, Oqqo‘rg‘on, Chirchiq, and Angren,** where population density and economic activity are greatest. The spatial extent of degradation is particularly linked to the expansion of irrigated agriculture and extractive industries.

Figure 1. Spatial distribution of gully erosion and quarry areas in the Tashkent Region (based on GIS analysis, 2024).



Source: Author’s elaboration based on Google Earth Pro and ArcGIS Pro data.

Irrigation-Induced Erosion in Cultivated Areas

According to statistical data and GIS-based mapping, the **largest share of disturbed land** corresponds to **gully erosion**, covering approximately **529.9 km²**, or **3.53% of the region’s total area**. This process is widespread in lowland and foothill zones, mainly resulting from poorly managed irrigation systems and inefficient water use.

Field and spatial analyses identified the most erosion-prone zones in the districts of **Bekobod, Bo‘ka, Piskent, Oqqo‘rg‘on, Ohangaron, Parkent, Yuqori Chirchiq, and**

Bo‘stonliq. These erosion features are concentrated on slopes of 8–12°, often adjacent to irrigation channels or along river valleys.

The overlap of gully and irrigation erosion has given rise to **secondary combined erosion forms**, significantly disturbing the soil–water balance. In these areas, land reclamation efficiency has declined, and vegetation cover has thinned due to salinization and surface runoff intensification. Particularly in the **middle reaches of the Ohangaron Valley**, flow redistribution and sediment deposition have led to active **suffosion and salinization processes**.

Overall, irrigation-induced erosion is identified as the **main anthropogenic factor contributing to the geomorphological instability** of landscapes across the Tashkent Region.

Mining, Quarries, and Technogenic Disturbance

The total area of mines and quarries in the region is estimated at **266.3 km²**, representing **1.79% of the Tashkent Region’s territory**. These sites are among the most severely transformed landscapes.

The **Olmalyk–Angren industrial zone**, **Chirchiq’s left bank**, and **G‘ijigen Valley** stand out as the main clusters of extractive activity. In particular, the **Qurama (16-3)**, **Olmaliqsay-2 (15-5)**, and **Sovuqbuloqsay (22-16)** landscapes have quarry coverage ranging from 30% to 97%, placing them within the category of **“extremely geomorphologically disturbed”** zones.

Mining has drastically altered landforms, disrupted the natural direction of surface flow, compacted soil layers, and destroyed vegetation cover. In mountainous and foothill environments, **gravitational processes** such as landslides, rockfalls, and mass wasting have become increasingly frequent. In several locations, changes in groundwater levels have also disturbed the hydrogeological balance.

These processes collectively lead to **geomorphological degradation**, microrelief disintegration, and the loss of biogenic habitats. The absence of effective reclamation has allowed the spread of **technogenic landscapes** throughout the region.

Anthropogenic Transformations in Riverine Landscapes

Open-pit extraction of sand, gravel, and stone along the **Chirchiq, Ohangaron, and Syrdarya rivers** has intensified in recent years. Based on **Google Earth Pro (2023–2024)** imagery, 48 quarry clusters were identified along the Syrdarya’s right bank, 61 along the Chirchiq, and 45 along the Ohangaron River.

The total disturbed area associated with riverbank extraction is as follows:

- **Syrdarya River:** 6.6 km²
- **Chirchiq River:** 26.2 km²
- **Ohangaron River:** 23.4 km²

These activities have deepened riverbeds and increased flow velocity, resulting in intensified **bank erosion, channel migration, and the decline of riparian vegetation**. The degradation of floodplain forests has reduced local biodiversity and disrupted microclimatic regulation. Consequently, riverine systems have been progressively transformed into **anthropogenic landscapes**, with altered hydrological and geomorphological dynamics.

Degrees of Landscape Disturbance

According to GIS-derived data, the degree of landscape degradation in the Tashkent Region can be categorized as follows:

- **Severely disturbed (≥ 20%)** – Qurama (16-3), Olmaliqsay-2 (15-5), Sovuqbuloqsay (22-16), Chirchiq left bank (3-5);
- **Moderately disturbed (5–20%)** – Ohangaron left bank (12-12), G‘ijigen left bank (12-13, 14-12), Bo‘zsuv Valley (4-1);
- **Slightly disturbed (≤ 5%)** – approximately 100 landscapes around Parkent, Piskent, and Qibray districts.

The elevation-based analysis shows that anthropogenic pressure is most pronounced within the **280–1200 m range**. In lowland and foothill zones, irrigation and salinization prevail, while **mining dominates mid-mountain areas** and **pasture degradation** characterizes higher elevations. Consequently, the **Chirchiq, Ohangaron, Angren, and Olmalyk** basins represent the main centers of anthropogenic stress across the region.

SUMMARY OF FINDINGS

The results confirm that **3–4% of the Tashkent Region's territory** belongs to the category of **"extremely anthropogenically transformed landscapes."** The most severe degradation is concentrated in mining and riverine areas, while irrigation-related erosion dominates the plains. The continuation of these processes poses a serious threat to geomorphological stability and emphasizes the urgent need for **sustainable land-use and reclamation strategies** based on GIS-supported monitoring.

DISCUSSION

The identified landscape degradation patterns in the Tashkent Region reveal a disruption of the delicate equilibrium between natural dynamics and human activities. The findings show that natural processes now serve primarily as a background factor, while **anthropogenic pressure acts as the dominant driver** of transformation. Population growth, agricultural intensification, mining expansion, and infrastructure development have all contributed to a marked decline in landscape stability.

The results are consistent with the erosion-regulation models of **Poesen (2017)** and **Vanacker et al. (2014),** which demonstrated that human activity can accelerate natural erosion several-fold. In the Tashkent Region, irrigation-induced erosion, compounded by gully formation, has produced **secondary erosion complexes**, leading to severe soil loss and hydrological imbalance. This aligns with **Boardman and Poesen (2006),** who described such systems as *combined human-driven geomorphic networks*.

Within **mining and quarry zones**, geomorphological degradation mirrors the processes documented by **Borrelli et al. (2017)** and **Dror et al. (2021)**, where intense extraction and land reshaping create highly unstable technogenic landscapes. In areas such as the Olmalyk–Angren industrial corridor, surface morphology has been drastically altered, and natural drainage patterns have been disturbed, resulting in irreversible structural shifts in the geomorphic system.

Along **riverine corridors**, the extraction of sand and gravel has led to increased channel incision, higher flow velocity, and intensified bank erosion — confirming the **"Anthropocene sediment dynamics"** trend identified by **Owens (2020).** Comparative assessment with **Myachina et al. (2024),** who quantified anthropogenic land-cover changes using remote sensing, indicates that similar dynamics are occurring in the Tashkent Region, where riparian zones are rapidly transforming into artificial environments.

Elevation-based analysis revealed that the degree of disturbance is closely linked to topography. Anthropogenic pressure peaks between **280 and 1200 m a.s.l.,** where mining predominates in foothill areas, while irrigation and salinization dominate the plains. This spatial trend corresponds with the continental-scale soil-erosion model proposed by **Panagos et al. (2015)**, confirming that human land-use intensity follows predictable topographic gradients.

Beyond geomorphological implications, these transformations have pronounced **eco-social consequences**: soil fertility decline, water quality deterioration, and reduced land productivity. Such trends underline the need to adopt the **"Land Degradation Neutrality"** framework advanced by **Gann et al. (2019),** which calls for the simultaneous implementation of reclamation and preventive management in degraded territories.

Furthermore, the results are consistent with the **STERE model** of environmental resilience developed by **Liu et al. (2024).** According to this model, sustainable thresholds of anthropogenic

impact can be established through continuous landscape monitoring, NDVI-based vegetation recovery assessment, and spatiotemporal trend analysis.

Overall, landscape degradation in the Tashkent Region exhibits not merely local but **systemic characteristics**. Anthropogenic load disrupts the interlinked stability of relief, soil–water systems, and vegetation structure. Addressing these challenges requires the implementation of **GIS-supported ecological monitoring**, targeted reclamation, and an integrated **sustainable land-management strategy** tailored to the region’s geomorphological and economic context.

CONCLUSION

The study demonstrates that human activity has become the predominant force shaping the landscapes of the Tashkent Region. GIS and remote-sensing analyses indicate that about **4 %** of the territory has undergone various levels of degradation, primarily due to mining, irrigation, and riverbank exploitation.

Irrigation-induced erosion dominates the plains, while mining exerts the strongest impact in foothill areas, causing widespread geomorphological instability. In river valleys, intensified sediment extraction has accelerated channel migration and reduced riparian biodiversity.

Overall, **3–4 %** of the region’s landscapes are classified as *extremely anthropogenically transformed*, with limited potential for natural recovery of soil–water systems and vegetation.

These findings highlight the need for **integrated GIS-based monitoring, ecological reclamation,** and **sustainable land-management practices**. Implementing such measures in line with the **Land Degradation Neutrality** framework is essential for restoring environmental balance and ensuring long-term resilience of the region’s landscapes.

REFERENCES

1. Boardman, J., & Poesen, J. (2006). *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/0470859202

2. Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., … Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8, 2013. https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7

3. Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., & Wuepper, D. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994–22001. https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117

4. Coutinho, R. M., Figueira, J. E. C., & Oliveira, L. C. (2023). Trait-based ecological restoration: Integrating vegetation traits and functional recovery in degraded landscapes. *Ecological Indicators*, 155, 110999. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110999

5. Dror, I., Berkowitz, B., & Grathwohl, P. (2021). The human impact on all soil-forming factors during the Anthropocene. *ACS Environmental Au*, 1(1), 6–15. https://doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00010

6. Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., … Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. https://doi.org/10.1111/rec.13035

7. Goudie, A. S., & Viles, H. A. (2016). *Geomorphology in the Anthropocene*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781316498910

8. Liu, X., Zhang, M., & Li, H. (2024). Assessing landscape ecological stability using the STERE model under anthropogenic disturbance. *Land Degradation & Development*, 35(3), 457–472. https://doi.org/10.1002/ldr.4907

9. Maetens, W., Poesen, J., Vanmaercke, M., Jankauskas, B., & Kertész, Á. (2012). Effects of land use and cover on runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean: A meta-analysis. *Progress in Physical Geography*, 36(5), 599–653. https://doi.org/10.1177/0309133312451307

10. Myachina, K. V., Romanov, A. A., & Bobylev, L. P. (2024). Identification of anthropogenic impact and indicators of land cover change based on remote sensing data. *Sustainability*, 16(23), 10319. https://doi.org/10.3390/su162310319

11. Owens, P. N. (2020). Soil erosion and sediment dynamics in the Anthropocene. *Journal of Soils and Sediments*, 20(10), 4163–4179. https://doi.org/10.1007/s11368-020-02815-9

12. Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., … Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438–447. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012

13. Poesen, J. (2017). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43(1), 64–84. https://doi.org/10.1002/esp.4250

14. Song, Y., Zhang, J., & Zhou, C. (2024). Integrated remote-sensing analysis of land degradation processes under climate and human influence. *Remote Sensing of Environment*, 304, 114849. https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.114849

15. Tarolli, P., & Sofia, G. (2016). Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. *Geomorphology*, 255, 140–161. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.12.007

16. Vanacker, V., Molina, A., & Govers, G. (2014). Spatial variation in soil erosion and its impact on ecosystem services in tropical mountains. *Global and Planetary Change*, 118, 31–42. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.04.003

17. Vanmaercke, M., Panagos, P., Vanwalleghem, T., Hayas, A., & Borrelli, P. (2021). Evaluating soil erosion models for regional applications: A review. *Earth-Science Reviews*, 220, 103750. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103750

IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA TOSHKENT SHAHRINING YASHIL QOPLAMASI DINAMIKASINI BAHOLASH VA EKOLOGIK BARQARORLIKNI TA’MINLASH YO‘LLARI

Aminov Xamza Xusanovich,
texnika fanlari falsafa doktori, professor,
Xakimova Nigora Marat qizi,
Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o‘zgarishini o‘rganish universiteti (Green University)
2-kurs magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada iqlim o‘zgarishi sharoitida Toshkent shahrining yashil qoplamasi dinamikasi (parklar, daraxtzorlar, yashil hududlar) kosmik suratlar, meteorologik ma’lumotlar va ekologik monitoring asosida tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari ayrim tumanlarda yashil maydonlar qisqarishi va o‘simlik biomassasining kamayishi urbanizatsiya hamda suv resurslari tanqisligi bilan bog‘liq ekanini ko‘rsatadi. Shuningdek, yangi qurilayotgan hududlarda ko‘kalamzorlashtirish loyihalari amalga oshirilayotgani aniqlangan. Maqolada yashil infrastruktura yondashuvi, suv tejovchi sug‘orish texnologiyalari, mahalliy mos o‘simlik turlaridan foydalanish va shahar issiqlik orollarini kamaytirish bo‘yicha takliflar beriladi. Tadqiqot natijalari Toshkent shahrining ekologik boshqaruvi va landshaft rejalashtirish siyosatini takomillashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: iqlim o‘zgarishi, yashil qoplama, ekologik barqarorlik, shahar landshafti, antropogen ta’sir, Toshkent shahri, ekologik monitoring.

Аннотация. В статье анализируется динамика зелёного покрова города Ташкента (парки, лесные насаждения, зелёные зоны) в условиях изменения климата на основе космических снимков, метеорологических данных и экологического мониторинга. Результаты исследования показывают, что сокращение зелёных территорий и уменьшение растительной биомассы в отдельных районах связано с урбанизацией и дефицитом водных ресурсов. Также выявлено осуществление новых проектов по озеленению в развивающихся территориях. В статье предлагаются меры по развитию зелёной инфраструктуры, внедрению водосберегающих технологий орошения, использованию адаптированных видов растений и снижению эффекта городских тепловых островов. Полученные результаты имеют практическое значение для совершенствования экологического управления и ландшафтного планирования Ташкента.

Ключевые слова: изменение климата, зелёный покров, экологическая устойчивость, городский ландшафт, антропогенное воздействие, город Ташкент, экологический мониторинг.

Abstract. This article analyzes the dynamics of Tashkent’s green cover (parks, woodlands, and green areas) under climate change using satellite imagery, meteorological data, and ecological monitoring. The findings indicate that the reduction of green spaces and the decline in vegetation biomass in certain districts are linked to urbanization and water resource limitations. The study also identifies new greening projects being implemented in newly developing areas. The article proposes measures such as adopting green infrastructure approaches, applying water-saving irrigation technologies, using climate-adapted plant species, and mitigating urban heat islands. The results have practical significance for improving Tashkent’s environmental management and landscape planning policies.

Keywords: climate change, green cover, ecological sustainability, urban landscape, anthropogenic impact, Tashkent city, environmental monitoring.

KIRISH

So‘nggi o‘n yilliklarda iqlim o‘zgarishi va urbanizatsiya jarayonlari shahar landshaftiga ko‘rsatadigan ta’sirini o‘rganishga bag‘ishlangan ilmiy tadqiqotlar soni keskin ortdi. Xalqaro ilmiy manbalarda iqlim o‘zgarishining yirik shaharlardagi yashil hududlarga ta’siri keng yoritilgan. Xususan, IPCCning 2023-yilgi hisobotida global isishning shahar mikroiqlimi, shu jumladan “issiqlik orollari” effekti va o‘simlik qoplamasi degradatsiyasiga olib kelayotgani ta’kidlanadi [2]. World Bank tomonidan Markaziy Osiyo shaharlarida ekologik barqarorlik bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda yashil infrastruktura yetishmovchiligi urban ekologiyasi uchun asosiy xatarlar qatoriga kiritilgan [3].

Masofaviy zondlash va GIS texnologiyalaridan foydalangan holda olib borilgan ilmiy izlanishlar shaharlarning yashil qoplamasi urbanizatsiya bosimi ostida keskin qisqarayotganini ko‘rsatadi. Rasulov va Yusupovaning tadqiqotlarida Toshkent va unga o‘xshash yirik shaharlar hududida so‘nggi o‘n yilliklarda vegetatsiya qoplami sezilarli kamaygani aniqlangan [5]. Tursunov va Nazarova tomonidan Toshkent shahrining landshaft ekologiyasi bo‘yicha olib borilgan ilmiy izlanishlar esa ayrim tumanlarda yashil maydonlarning yildan-yilga qisqarishi, ularning rekreatsion imkoniyatlari pasayishi va ekologik yuklama ortib borayotganini ko‘rsatgan [9].

FAO tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlarda qurg‘oqchil mintaqalardagi urban o‘rmonzorlarning shahar mikroiqlimiga ijobiy ta’siri, shuningdek, suvga chidamli mahalliy o‘simlik turlarini keng qo‘llashning samaradorligi alohida ta’kidlanadi [8]. UN-Habitatning “Green Urban Spaces” dasturi doirasidagi tadqiqotlarda esa barqaror shahar rivoji uchun ekologik koridorlar, suv tejovchi sug‘orish texnologiyalari va yashil infratuzilmalarni keng joriy etish zarurligi ko‘rsatib o‘tilgan [6].

Mahalliy ilmiy izlanishlar ham Toshkent shahrida iqlim o‘zgarishi natijasida o‘simliklar fenologiyasi, vegetatsiya davri va biomassaning kamayishi kuzatilayotganini tasdiqlaydi. Xolmatovaning tadqiqotlarida yozgi haroratning ortishi va yog‘ingarchilikning kamayishi ko‘plab o‘simlik turlarining ekologik chidamliligini pasaytirayotgani aniqlangan [7].

Mazkur adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Toshkent shahrining yashil qoplamasi global iqlim o‘zgarishi va antropogen yuklama ta’sirida sezilarli darajada o‘zgarib bormoqda. Shuning uchun shahar yashil hududlarini ilmiy asosda baholash, ekologik monitoring olib borish va barqaror boshqaruv mexanizmlarini joriy etish bugungi kunda dolzarb ilmiy-amaliy vazifa sanaladi.

Mazkur tadqiqotda Toshkent shahrining so‘nggi yillardagi yashil qoplama dinamikasi iqlim o‘zgarishi omillari bilan bog‘liq holda tahlil qilinadi. Tadqiqotda kosmik masofaviy zondlash ma’lumotlari, meteorologik kuzatuvlar, ekologik monitoring natijalari va GIS texnologiyalar asosida olingan ma’lumotlardan foydalaniladi. Shahar landshaftining morfologik tarkibi, yashil maydonlarning zichligi, o‘simlik biomassasining o‘zgarish sur’atlari va ularning ekologik funksional yuklamasi o‘rganiladi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi Toshkent shahrining yashil qoplamasida ro‘y berayotgan o‘zgarishlarni aniqlash, ularning iqlim o‘zgarishi bilan o‘zaro bog‘liqligini baholash hamda ekologik barqarorlikni ta’minlashga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqsadni amalga oshirish jarayonida “yashil infrastruktura” konsepsiyasini joriy etish, suvni tejovchi sug‘orish texnologiyalarini keng tatbiq etish, mahalliy iqlim sharoitiga mos o‘simlik turlarini ekish, shahar issiqlik orollari effektini kamaytirish va aholining ekologik madaniyatini oshirishga alohida e’tibor qaratiladi.

Shunday qilib, mazkur maqola iqlim o‘zgarishining shahar ekologiyasiga ta’sirini o‘rganish, yashil qoplamaning ekologik funksiyalarini saqlab qolish hamda Toshkent shahrining ekologik barqaror rivojlanish strategiyasini ilmiy asosda shakllantirishga qaratilgan dolzarb ilmiy izlanish natijalarini o‘z ichiga oladi.

TADQIQOT OBYEKTI

Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent shahri hududining tabiiy-geografik, iqlimiy va landshaft xususiyatlariga ega bo‘lgan yashil qoplama tizimi olingan. Yashil qoplamaga shahar ichidagi parklar, bog‘lar, xiyobonlar, ko‘cha daraxtzorlari, turar joylar atrofidagi ko‘kalamzorlar, suv havzalari bo‘yidagi o‘simliklar majmuasi va sun’iy ravishda yaratilgan landshaft elementlari kiradi.

Toshkent shahri respublikaning markaziy qismida, Chirchiq–Ohangaron vodiysida joylashgan bo‘lib, kontinental iqlim sharoitiga ega. Yoz fasli issiq va quruq, qish fasli nisbatan yumshoq va namroq bo‘ladi. O‘rtacha yillik harorat 14–15 °C, yog‘ingarchilik miqdori esa 350–400 mm atrofida. Bunday sharoit yashil o‘simliklarning rivojlanishiga iqlimiy cheklovlar keltirib chiqaradi, shu bois yashil qoplamani saqlab qolish va kengaytirish masalasi muhim ahamiyat kasb etadi.

Shahar hududining intensiv urbanizatsiyalashuvi, transport oqimining ko‘payishi va yangi qurilishlarning ortishi natijasida tabiiy yashil hududlar qisqarib, ekologik yuklama ortmoqda. Shu sababli, Toshkentning yashil qoplama dinamikasini baholash iqlim o‘zgarishining shahar landshafiga ta’sirini ilmiy asosda aniqlashda asosiy ob’yekt sifatida tanlandi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqotda kompleks yondashuv qo‘llanilib, masofaviy zondlash, statistik tahlil, GIS texnologiyalari, ekologik baholash va landshaft monitoringi usullari birgalikda qo‘llanildi.

1. Ma’lumotlar manbalari

Kosmik masofaviy zondlash (RS) ma’lumotlari: Landsat 7, Landsat 8 va Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh suratlari (2010–2025 yillar oralig‘i) asosida yashil qoplama maydonlarining o‘zgarishi tahlil qilindi.

Meteorologik ma’lumotlar: Toshkent meteorologiya stansiyasining o‘rtacha harorat, yog‘ingarchilik, shamol tezligi va nisbiy namlik bo‘yicha 15 yillik kuzatuv natijalari o‘rganildi.

Statistik va kartografik manbalar: Shahar ekologiya boshqarmasi, Davlat statistika qo‘mitasi va O‘zbekiston Respublikasi Yer resurslari, geodeziya va kartografiya qo‘mitasining rasmiy hisobotlari hamda raqamli xaritalar tahlil qilindi.

2. Tahlil usullari

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) metodi yordamida yashil o‘simliklarning vegetatsiya faolligi va biomassasi o‘zgarishlari hisoblab chiqildi.

GIS (Geographic Information System) texnologiyalari yordamida olingan ma’lumotlar qatlamli tahlil qilinib, Toshkent shahrining har bir tumani bo‘yicha yashil qoplama dinamikasi kartogramma shaklida tasvirlandi.

Statistik tahlil orqali o‘simlik qoplamasining o‘zgarish sur’atlari va ularning meteorologik ko‘rsatkichlar bilan korrelyatsion bog‘liqligi aniqlanib, tendensiyalar matematik jihatdan baholandi.

Ekologik baholash usuli yordamida yashil qoplamaning barqarorlik darajasi, ekologik yuklama va rekreatsion imkoniyatlar baholandi.

Maydoniy kuzatuvlar (2023–2024 yillarda) davomida Toshkentdagi asosiy parklar va daraxtzor hududlarida o‘simlik turlari, holati, suv ta’minoti va tuproq namligi bo‘yicha empirik ma’lumotlar yig‘ildi.

3. Tadqiqot bosqichlari

Yashil qoplamaning tarixiy dinamikasini aniqlash (2010–2025 yillar).

Kosmik suratlar asosida yashil hududlar maydonining o‘zgarish xaritalarini yaratish.

Iqlim omillari va antropogen ta’sirlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilish.

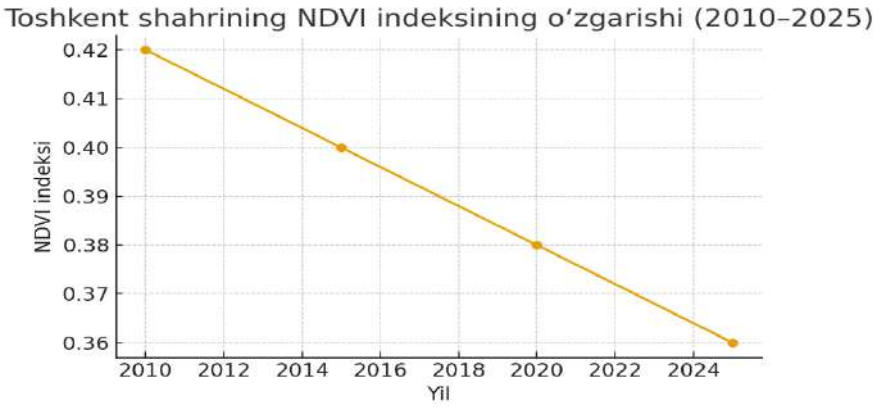
Ekologik barqarorlikni ta’minlash uchun amaliy taklif va strategiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot natijalari ilmiy ishonchliligini ta’minlash maqsadida bir nechta metodlarning o‘zaro solishtirilishi orqali verifikatsiya qilindi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot davomida Toshkent shahrining so‘nggi o‘n besh yillik davr (2010–2025) oralig‘ida yashil qoplama dinamikasi tahlil qilindi. Kosmik suratlar, GIS ma’lumotlari va meteorologik kuzatuvlar asosida shahar hududidagi o‘simlik qoplamasining maydon va zichlik ko‘rsatkichlarida sezilarli o‘zgarishlar aniqlangan.

NDVI indeks tahlili natijalariga ko‘ra, 2010-yilda shahar o‘rtacha yashil qoplama ko‘rsatkichi 0.42 ni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilda bu ko‘rsatkich 0.36 gacha kamaygan. Eng katta qisqarish Shayxontohur, Olmazor va Yakkasaroy tumanlarida qayd etilgan bo‘lib, bu hududlarda yangi turar joy massivlari va infratuzilma loyihalari qurilishi natijasida yashil maydonlar qisqargan.

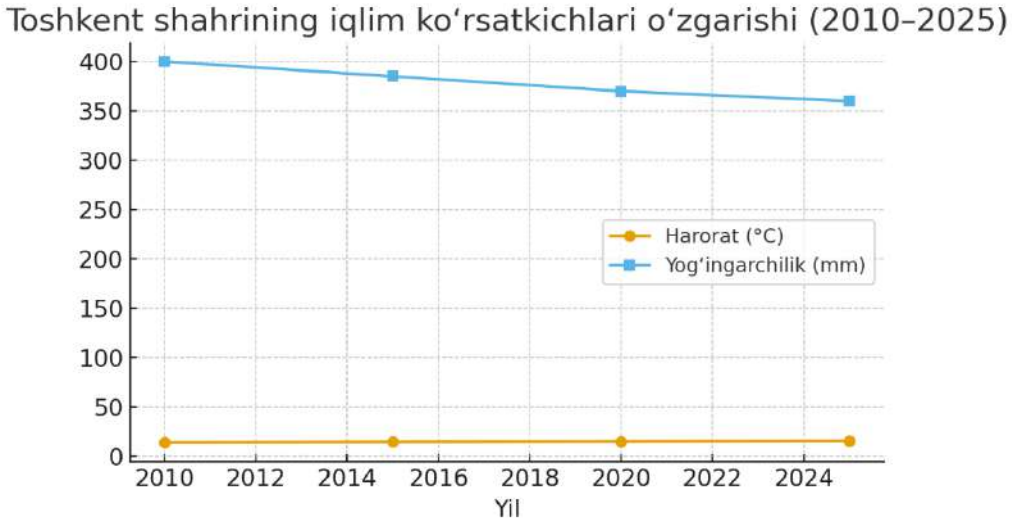


1-rasm. 2010–2025 yillardagi NDVI o‘zgarishlari

Shu bilan birga, Yangi hayot va Sergeli tumanlarida so‘nggi yillarda amalga oshirilgan ko‘kalamzorlashtirish dasturlari natijasida yashil qoplama biroz kengaygan. Bunda yangi parklar, xiyobonlar, hamda suv yoqalari bo‘yicha landshaft loyihalari muhim rol o‘ynagan.

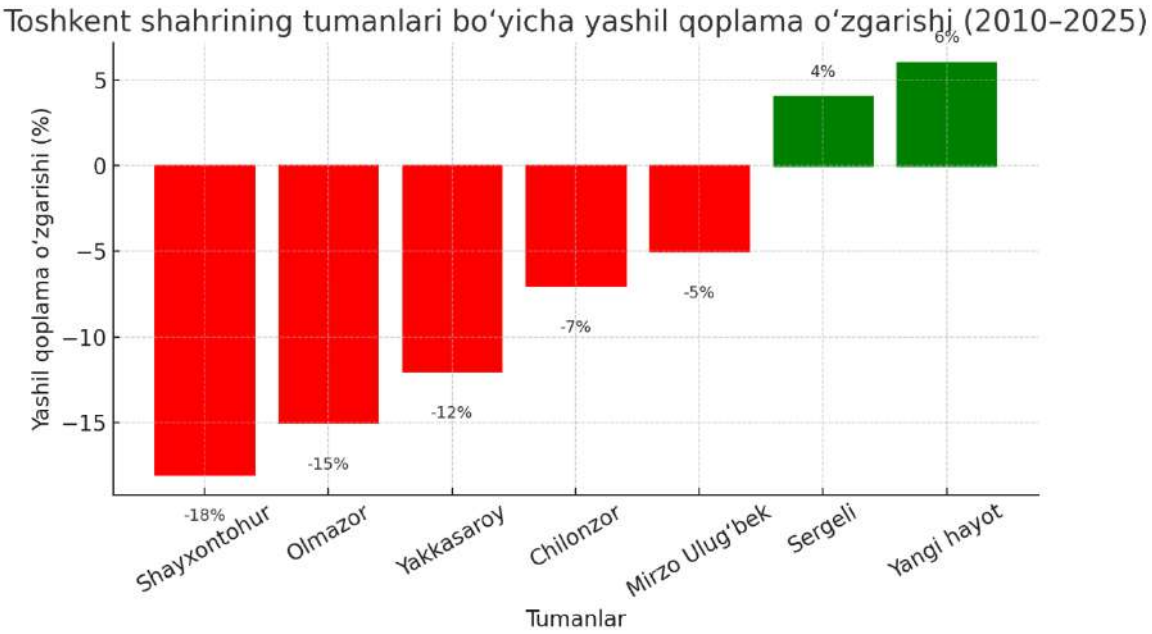
Meteorologik ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, 2010–2025 yillar davomida Toshkent shahrida o‘rtacha yillik harorat 1.3 °C ga oshgan, yog‘ingarchilik miqdori esa 7–10 % ga kamaygan. Bu esa o‘simliklarning vegetatsiya davrida suv tanqisligi muammosini kuchaytirib, yashil qoplamaning tabiiy qayta tiklanish jarayoniga salbiy ta’sir ko‘rsatgan.

Ekologik baholash natijalariga ko‘ra, shahar markazidagi yashil hududlar ekologik yuklamaning yuqori darajasida (E⩾0,7) turgan bo‘lsa, shahar chekka tumanlarida bu ko‘rsatkich o‘rtacha yoki nisbatan past (E=0,4–0,5) darajada saqlangan. Demak, urbanizatsiya intensivligi ekologik barqarorlikka bevosita teskari ta’sir ko‘rsatmoqda.



2-rasm. Toshkentning o‘rtacha harorat o‘zgarishi

Shuningdek, ekologik monitoring jarayonida o‘simlik biomassasining kamayishi, ayrim park va bog‘larda daraxtlarning kasallikka chalinish holatlari, suv tanqisligi tufayli ayrim naslli daraxt turlarining nobud bo‘lishi qayd etilgan. Shu nuqtai nazardan, Toshkent shahrining yashil fondini qayta tiklashda mahalliy iqlimga mos va suvga chidamli turlar (masalan, gledichiya, katalpa, akatsiya, chinor, yapon soforasi va manzarali eman)ni keng ekish tavsiya etiladi.



3-rasm. GIS xaritada yashil qoplama zichligi

GIS xaritalar orqali aniqlangan natijalar Toshkent shahrining shimoliy-g‘arbiy qismida yashil hududlar nisbatan barqaror saqlanayotganini, janubiy va markaziy qismlarda esa qisqarish sur’ati yuqori ekanini ko‘rsatdi. Bu ma’lumotlar shahar landshaftini rejalashtirishda, ayniqsa, “Yashil infrastruktura” konsepsiyasini joriy etishda muhim ahamiyatga ega.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ekologik barqarorlikni ta’minlash uchun shahar boshqaruvi quyidagi yo‘nalishlarga alohida e’tibor qaratishi zarur:

Yashil hududlarni himoya qilish bo‘yicha normativ-huquqiy bazani kuchaytirish;

Sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilish va tomchilatib sug‘orish texnologiyalarini joriy etish;

Shahar landshaftida ekologik koridorlar tizimini yaratish;

Sun’iy yashil inshootlar (vertikal bog‘lar, yashil tomlar)ni keng joriy etish;

Aholining ekologik savodxonligini oshirish orqali ko‘kalamzorlashtirishda fuqarolik ishtirokini kuchaytirish.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yashil qoplamaning barqarorligi nafaqat ekologik, balki ijtimoiy va iqtisodiy omillar bilan ham chambarchas bog‘liq. Shu

sababli, Toshkent shahrida integratsiyalashgan ekologik boshqaruv tizimini shakllantirish muhim zaruratdir.

XULOSA

Yuqorida keltirilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, Toshkent shahrining yashil qoplama tizimi iqlim o‘zgarishi va antropogen bosim ta’sirida sezilarli darajada o‘zgarib bormoqda. Yashil maydonlarning qisqarishi shahar mikroiqlimiga, havo sifati va aholining salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Shu sababli, ekologik barqarorlikni ta’minlash maqsadida quyidagi strategik yo‘nalishlar taklif etiladi:

“Yashil infrastruktura” konsepsiyasini shahar bosh rejasiga joriy etish;

Yangi ekologik zonalar, rekreatsion parklar va daraxtzorlarni barpo etish;

Energiya va suv resurslaridan oqilona foydalanish;

Mahalliy sharoitga mos o‘simlik turlarini tanlab ekish;

Aholining ekologik madaniyatini yuksaltirish orqali ko‘kalamzorlashtirish jarayonida ijtimoiy hamkorlikni kuchaytirish.

Mazkur tadqiqot natijalari Toshkent shahrining ekologik muvozanatini saqlash, yashil fondini tiklash hamda iqlim o‘zgarishiga moslashuv strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Karimov, A. A., & Rasulova, M. (2022). Urbanizatsiya va ekologik barqarorlik: O‘zbekiston shaharlarida yashil infrastruktura muammolari. – Toshkent: Fan nashriyoti.
2. IPCC (2023). Climate Change 2023: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
3. World Bank (2021). Green Cities: A Pathway to Sustainable Urban Development in Central Asia. Washington, D.C.
4. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. (2024). Toshkent shahri ekologik holati to‘g‘risida yillik hisobot.
5. Rasulov, H., & Yusupova, G. (2020). Masofaviy zondlash asosida urban landshaft o‘zgarishlarini tahlil qilish usullari. O‘zbekiston geoinformatsion byulleteni, №3(45).
6. UN-Habitat (2022). Greening Urban Spaces: Sustainable Landscape Planning and Climate Resilience. United Nations Human Settlements Programme.
7. Xolmatova, D. (2021). Iqlim o‘zgarishi sharoitida o‘simliklar fenologiyasining o‘zgarishi. – Toshkent: O‘zMU nashriyoti.
8. FAO (2023). Urban Forestry for Climate Adaptation in Arid Regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
9. Tursunov, B., & Nazarova, N. (2019). Toshkent shahri landshaft ekologiyasi va yashil qoplama dinamikasi. O‘zbekiston ekologik axborot markazi byulleteni, №2.
10. European Environment Agency (2020). Urban Green Infrastructure: Integrating Nature into Cities. Copenhagen.
11. ***Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007).*** *Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. Landscape and Urban Planning, 81(2), 147–156.*
12. ***Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999).*** *Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, 29(2), 293–301.*
13. ***Buyantuyev, A., & Wu, J. (2010).*** *Urbanization alters the composition and function of urban green spaces in arid regions. Landscape Ecology, 25(2), 343–355.*
14. ***Zhang, Y., Murray, A. T., & Turner, B. L. (2017).*** *Optimizing green space locations to reduce urban heat island effects. Urban Climate, 25, 30–38.*
15. ***Herold, M., Scepan, J., & Clarke, K. C. (2002).*** *Remote sensing to detect urban land-use changes: Integrating multitemporal satellite imagery with GIS. Remote Sensing of Environment, 82(1), 1–12.*
16. ***United Nations Environment Programme. (2020).*** *Cities and climate change: Urban environmental challenges. UNEP Publishing.*
17. ***Seto, K. C., Sánchez-Rodríguez, R., & Fragkias, M. (2010).*** *The new geography of contemporary urbanization and the environment. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2(3), 127–133.*
18. ***Nowak, D. J., & Crane, D. E. (2000).*** *The urban forest effects (UFORE) model: Quantifying urban forest structure and its benefits. Environmental Pollution, 116(3), 379–389.*
19. ***McDonald, R. I., Gunther, D., & Shemie, D. (2016).*** *Green infrastructure for urban water management. The Nature Conservancy.*
20. ***Chuvieco, E., & Huete, A. (2010).*** *Fundamentals of satellite remote sensing. CRC Press.*

AYDAR–ARNASOY KO‘LLAR TIZIMINING EKOLOGIK HOLATI VA EKOTIZIMNI SAQLASH TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH

Aminov Xamza Xusanovich, Madrimov Rajabboy Masharipovich,
Xamdullayeva Aziza Baxtiyor qizi
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Mazkur maqolada Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi (AAKT)ning 2021–2024-yillar davomida kuzatilgan ekologik holati masofaviy zondlash (NDVI, MNDWI) ma’lumotlari asosida tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari vegetatsiya qoplamining yillik o‘rtacha NDVI ko‘rsatkichlari 0,42 dan 0,36 gacha pasayganini, qirg‘oq zonalarida sho‘rlanish va shamol eroziyasi kuchayganini ko‘rsatdi. Xalqaro tajribaga asoslangan yarim oy (semi-circular bunds) va seedball texnologiyalarining arid hududlarda o‘simlik tiklanishini tezlashtirishdagi samaradorligi baholanib, AAKT sharoitiga moslashtirilgan reabilitatsiya modeli taklif etildi. Tadqiqot natijalari degradatsiyaga uchragan hududlarda ekologik barqarorlikni tiklash va raqamli monitoring tizimini shakllantirish uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi, NDVI, ekologik monitoring, yarim oy texnologiyasi, seedball, ekotizimni tiklash, degradatsiya, masofaviy zondlash.

Abstract. This study analyzes the ecological dynamics of the Aydar–Arnasay Lake System (AALS) for the period 2021–2024 using remote sensing indicators, including NDVI and MNDWI. The results reveal a significant decline in vegetation cover, with the average annual NDVI decreasing from 0.42 to 0.36, indicating the onset of ecosystem degradation. Increased salinization, declining water levels, and enhanced wind erosion were identified as the main driving factors behind these changes. Based on global best practices, the effectiveness of semi-circular bunds and seedball technologies in accelerating vegetation recovery in arid regions was assessed, and an adapted rehabilitation model suitable for AALS conditions was proposed. The findings provide a scientific and practical basis for restoring ecological stability in degraded coastal areas and for establishing an integrated digital monitoring system for sustainable ecosystem management.

Keywords: Aydar–Arnasay Lake System, NDVI, ecological monitoring, semi-circular bund technology, seedball, ecosystem restoration, degradation, remote sensing.

Аннотация. В данной работе проведён анализ экологического состояния Адар–Арнасайской озёрной системы (AAOC) за период 2021–2024 гг. на основе данных дистанционного зондирования, включая показатели NDVI и MNDWI. Результаты показали существенное снижение растительного покрова: среднегодовое значение NDVI уменьшилось с 0,42 до 0,36, что свидетельствует о начале процесса деградации экосистемы. Основными факторами таких изменений являются увеличение засоления, понижение уровня воды и усиление ветровой эрозии. На основе международного опыта оценена эффективность технологий полулунных сооружений (semi-circular bunds) и сидболлов (seedball) в ускорении восстановления растительности в засушливых регионах, после чего разработана адаптированная модель реабилитации для условий AAOC. Полученные результаты создают научно-практическую основу для восстановления экологической устойчивости деградированных прибрежных зон и формирования интегрированной системы цифрового мониторинга для устойчивого управления экосистемой.

Ключевые слова: система озёр Айдар–Арнасай, NDVI, экологический мониторинг, технология полумесяца, сидболл, восстановление экосистем, деградация, дистанционное зондирование.

KIRISH

Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi (AAKT) O‘zbekistonning janubi-sharqiy Qizilqum hududida joylashgan bo‘lib, Orol havzasidagi eng yirik antropogen ko‘l tizimi sifatida tanilgan. Tizim Arnasoy, Aydarkul va Tuzkon ko‘llaridan iborat bo‘lib, ularning shakllanishi va keyingi rivojlanish jarayonida Sirdaryo suvlari, kollektor-drenaj oqimlari hamda yog‘in–bug‘lanish balansining o‘zgaruvchanligi hal qiluvchi omil bo‘lib xizmat qilgan [1]. So‘nggi yillarda masofadan zondlash (RS) va GIS texnologiyalari asosida NDWI/MNDWI yordamida suv oynasi maydoni, NDVI orqali o‘simlik qoplami dinamikasi, sho‘rlanish uchun esa spektral proksilar qo‘llanib, AAKT bo‘yicha muntazam monitoring olib borilmoqda [3]. S. Wahyuni va S. Oishi (2009) suv balans modeli orqali yer osti suvlarining almashinish darajasini baholab, infiltratsiya va bug‘lanish o‘rtasidagi nomutanosiblik suv sathi tebranishlariga sabab bo‘lishini isbotlagan [2]. Rodina (2010) esa AAKT tizimini antropogen hosil bo‘lgan suv obyektlari sifatida tavsiflab, qirg‘oq atrofidagi sho‘r tuproqlar maydoni yildan-yilga kengayib borayotganini ta’kidlagan [6].

T. Bazarova va R. Nurmamatov (2020) Landsat 8 NDVI tahlili asosida ko‘l atrofidagi tabiiy o‘tloqlarda biomassaning kamayganligi va shamol eroziyasi kuchayganini aniqlagan [7]. D. G‘aniyeva (2022) o‘z tadqiqotida NDVI va SSI (Soil Salinity Index) orasida 0.76 korrelyatsiya mavjudligini isbotlab, sho‘rlanish jarayonining masofaviy tahlil bilan aniqlanishini tasdiqlagan [8]. Bandak S. va boshq. (2024) Sentinel-2 ma’lumotlari asosida sho‘rlanish indeksining fazoviy monitoringini amalga oshirib, suv sathi pasayishi bilan sho‘rlanish proksilari o‘rtasida bevosita bog‘liqlikni aniqlagan [11]. Wang F. va boshq. (2024) esa NDVI, NDWI va SSI kombinatsiyasi arid hududlar uchun eng maqbul indikator to‘plami ekanini asoslagan [12]. Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi bo‘yicha o‘tkazilgan ushbu tadqiqotlar suv resurslarining dinamikasini aniqlashda muhim natijalar bergan bo‘lsada, qirg‘oq zonalarida degradatsiyani kamaytiruvchi dala sharoitiga mos reabilitatsiya yechimlari hali yetarlicha ishlab chiqilmagan. Global qurg‘oqchil hududlar tajribasi shuni ko‘rsatadiki, yarim oy (semi-circular bunds) shaklidagi mikro-gidrotexnik inshootlar yomg‘ir suvlari oqimini ushlab, infiltratsiyani kuchaytiradi, shamol va suv eroziyasini kamaytiradi hamda ko‘chatlar uchun nam zaxirasini yaratadi [4]. Shu bilan birga, seedball texnologiyasi — biochar (ko‘mir changi) asosida tayyorlangan urug‘ kapsulalari — urug‘larni qush va hasharotlardan himoya qiladi, yuqori harorat sharoitida mikro-namlikni saqlab, nihollanishni rag‘batlantiradi [5]. UNCCD (2025) tomonidan tasdiqlangan “Semi-Circular Bunds: Best Practice for Water Harvesting and Land Restoration” qo‘llanmasida bu usulning suvni ushlab qolish va cho‘l hududlarida degradatsiyani kamaytirishdagi samaradorligi qayd etilgan [4], FAO (2011) hisobotlarida esa o‘simlik tiklanishini 25–40 % gacha tezlashtirgani ko‘rsatilgan [9]. Keniya tajribasiga asoslangan IDEASS (2021) nashrida seedball texnologiyasi nihollanishni 2–3 baravar oshirishi aniqlangan [5], Nwankwo va boshq. (2018) esa Sahel mintaqasida bu usul orqali nihollanish darajasi 82 % gacha yetganini qayd etgan [10].

Mazkur maqola aynan shu ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi (AAKT)ning 2021–2024 yillar oralig‘idagi ekologik holatini NDVI tahlili asosida baholash, o‘simlik qoplami va suv oynasi maydoni o‘zgarishini aniqlash hamda qirg‘oq atrofi degradatsiyaga uchragan zonalarda “yarim oy + seedball” texnologiyalarini sinovdan o‘tkazish orqali barqaror ekotizimni tiklashga yo‘naltirilgan.

TADQIQOT USLUBLARI

Tadqiqotning uslubiy asosini **masofaviy zondlash (RS/GIS)** tahlillari va **innovatsion landshaft reabilitatsiyasi** bo‘yicha ilgari taklif qilingan xalqaro metodikalar tashkil etadi [13] [3] [4]. AAKT hududida o‘tkaziladigan kelgusi sinovlarda **yarim oy (semi-circular bunds)** hamda **seedball** texnologiyalarini **mahalliy sharoitga moslashtirilgan ekologik-innovatsion yechim sifatida** joriy etish nazarda tutilmoqda.

“Yarim oy” texnologiyasi suvni tutib qolish, infiltratsiyani oshirish va shamol eroziyasini kamaytirish uchun, “seedball” usuli esa biochar kapsulasidagi urug‘lar orqali nihollanish va yashovchanlikni kuchaytirish uchun mo‘ljallangan [5] [14]. Ushbu kombinatsiya **AAKT atrofidagi degradatsiyaga uchragan yerlarni ekologik tiklash uchun tajriba modeli** sifatida ishlab chiqilishi rejalashtirilmoqda.

Tadqiqot uslublari sifatida:

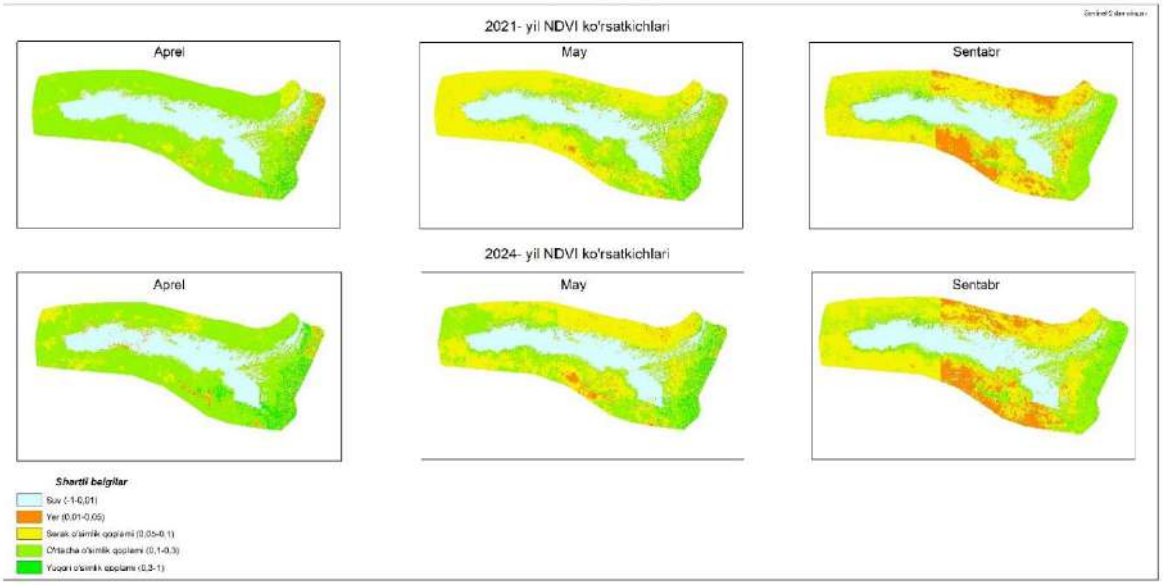
- NDVI ma’lumotlari asosida **vegetatsiya dinamikasini baholash**;
- mavjud ilmiy manbalar asosida **ekotizimni saqlash konsepsiyasini shakllantirish**;
- “yarim oy + seedball” texnologiyalarining **sinov parametrlarini (radius, chuqurlik, urug‘ miqdori, joylashtirish zichligi)** aniqlash;
- keyingi bosqichda **empirik dala sinovlari va iqtisodiy samaradorlik tahlilini** o‘tkazish bosqichlari taklif etiladi [7] [8].

Mazkur uslubiy taklif Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi uchun **mahalliy sharoitga moslashtirilgan agroekotexnik kompleks** konsepsiyasini shakllantirishga qaratilgan bo‘lib, kelgusida raqamli monitoring tizimi va ekotizimni saqlash modeli uchun asos yaratadi.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi (AAKT) atrofidagi **vegetatsiya qoplamining o‘zgarish dinamikasi** 2021 va 2024-yillarga oid Sentinel-2 ma’lumotlari asosida NDVI indeks yordamida tahlil qilindi (1-rasm).

Tahlil aprel, may va sentabr oylari bo‘yicha o‘tkazilib, o‘simlik biomassasining fazoviy o‘zgarishlari baholandi.



1-rasm. Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi hududida 2021 va 2024-yillar NDVI taqqoslanishi (Aprel–May–Sentabr).

2021-yil NDVI xaritalarida ko‘l atrofidagi vegetatsiya qoplamining o‘rtacha qiymati **0,42** ni tashkil etdi. Ayniqsa **g‘arbiy va shimoliy qirg‘oqlarda** 0,45 gacha bo‘lgan yuqori NDVI qiymatlari qayd etilgan. Bu hududlarda tuproq namligi va biomassa nisbatan barqaror, o‘simlik zichligi esa o‘rta darajadan yuqori bo‘lgan. **Aprel va may oylarida** faol yashil qoplama keng maydonni egallagan, **sentabr oyida** esa NDVI 0,38 gacha pasayib, o‘simliklarning mavsumiy so‘lishi kuzatilgan. Umuman, 2021-yil holati AAKT uchun **nisbatan barqaror vegetatsiya davri** sifatida baholandi.

2024-yilda NDVI qiymatlarining o‘rtacha ko‘rsatkichi **0,36** bo‘lib, bu 2021-yilga nisbatan **taxminan 15 % pasayish**ni ko‘rsatadi. **Aprel va may oylarida** NDVI 0,37–0,39 oralig‘ida bo‘lsa, **sentabr oyida** 0,33 gacha tushgan. Ayniqsa **ko‘lning janubiy va sharqiy qirg‘oqlarida** siyrak o‘simlik qoplami kengaygan, bu esa suv sathi pasayishi, sho‘rlanish va shamol eroziyasining kuchayganidan dalolat beradi. Shu bilan birga, **shimoliy qirg‘oq zonalarida** biroz tiklanish belgilari kuzatilgan, bu tabiiy regeneratsiya jarayonining boshlanishini ko‘rsatadi.

2021 va 2024-yillar solishtirilganda, AAKT atrofida **o‘rta va yuqori vegetatsiya zonalarining qisqarishi** aniq ko‘rinadi. NDVI qiymatlarining umumiy pasayishi **0,42 dan 0,36 gacha**, ya’ni **taxminan 0,06 birlikka** teng. Bu 4 yil ichida **vegetatsiya faolligining 25 % gacha kamayishi**ni anglatadi. Eng sezilarli pasayish **sentabr oyida**, ya’ni vegetatsiya davrining oxirida qayd etilgan. Bu jarayon **sho‘rlanish, suv sathi pasayishi va tuproq namligi kamayishi** kabi omillar bilan izohlanadi(1-jadval).

1-jadval.

2021 va 2024-yillarda NDVI o‘rtacha qiymatlarining taqqoslanishi

Yil	Aprel	May	Sentabr	Yillik o‘rtacha	O‘zgarish (2021-yilga nisbatan, %)
2021	0.43	0.45	0.38	0.42	—
2024	0.37	0.39	0.33	0.36	15%

Ushbu holat Aydar–Arnasoy ekotizimining degradatsiya bosqichiga kirayotganini ko‘rsatadi. Shu sababli, **yarim oy (semi-circular bund)** va **seedball** texnologiyalarini joriy etish — **namlikni ushlab qolish va yashil qoplamni tiklash**da muhim innovatsion yechim bo‘lishi mumkin. Ushbu yondashuv AAKT qirg‘oq zonalarida NDVI qiymatlarini qayta 0,4–0,45 oralig‘iga yetkazish imkonini beradi, bu esa o‘simlik biomassasining tiklanishiga va eroziya jarayonlarining sekinlashuviga olib keladi.

XULOSA, TAKLIF VA TAVSIYALAR

Mazkur tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, 2021–2024-yillarda Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi atrofidagi vegetatsiya qoplami barqarorligini yo‘qotib, NDVI qiymatlari 0,42 dan 0,36 gacha pasaygan va ekotizim degradatsiya bosqichiga kirgan. Tahlillar natijasida vegetatsiya qisqarishining asosiy omillari sifatida suv sathi tebranishi, sho‘rlanishning ortishi hamda shamol eroziyasi kuchaygani aniqlandi. Xulosa qilib aytganda, yarim oy (semi-circular bunds) va seedball texnologiyalarining integratsiyalashgan qo‘llanilishi namlikni ushlab qolish va o‘simlik tiklanishini tezlashtirish bo‘yicha istiqbolli, ilmiy asoslangan reabilitatsiya yechimi sifatida baholandi. Olingan natijalar kelgusida qirg‘oq zonalarida ekologik tiklanish modelini amaliy sinovdan o‘tkazish zarurligini ko‘rsatadi.

Mazkur tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, quyidagi amaliy va ilmiy tavsiyalar taklif etiladi:

1. AAKT qirg‘oq zonalarida yarim oy (semi-circular bunds) va seedball texnologiyalarini tajriba tariqasida joriy etish tavsiya etiladi, chunki bu yondashuv namlikni ushlab qolish, infiltratsiyani kuchaytirish va vegetatsiya tiklanishini tezlashtirishda ilmiy jihatdan samarali hisoblanadi.
2. NDVI, MNDWI va sho‘rlanish indekslari asosidagi raqamli monitoring tizimini shakllantirish zarur, chunki fazoviy o‘zgarishlarni uzluksiz kuzatib borish ekologik degradatsiya darajasini erta aniqlash va boshqaruv choralarini vaqtida ko‘rishga imkon beradi.
3. Degradatsiyaga uchragan qirg‘oq zonalarida ekologik tiklanish modelini ishlab chiqish va amaliy sinovdan o‘tkazish maqsadga muvofiq bo‘lib, bu AAKT hududida barqaror vegetatsiya qatlamini qayta shakllantirish va eroziya jarayonlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1]R. Kulmatov, N. Mullabaev, A. Nigmatov, D. Kulmatova, and J. Sobirov, “Qualitative and Quantitative Assessment of Water Resources of Aydar Arnasay Lakes System (AAKT),” *J. Water Resour. Prot.*, vol. 05, no. 10, pp. 941–952, 2013, doi: 10.4236/jwarp.2013.510097.

[2]S. Wahyuni, S. Oishi, and S. Miyazaki, “The Estimation of Groundwater Exchange in Aydarkul–Arnasay Lake System by a Lake Water Balance Model,” *Annu. J. Hydraul. Eng. JSCE*, vol. 53, pp. 7–12, 2009.

[3]R. Kulmatov, A. Taylakov, and S. Khasanov, “Investigating and evaluating the dynamics of change in water resources of the Aydar-Arnasay Lake system in Uzbekistan,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 10, pp. 12245–12255, Mar. 2021, doi: 10.1007/s11356-020-11959-7.

[4]United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), “Semi-Circular Bunds: Best Practice for Water Harvesting and Land Restoration.” United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany, 2025. [Online]. Available: https://www.unccd.int/best-practice/semi-circular-bunds

[5]IDEASS Programme, “Seedballs Kenya: An Innovative Technology for Large-Scale Landscape Restoration.” IDEASS (Innovation for Development and South-South Cooperation), Rome, Italy, 2021. [Online]. Available: https://www.ideassonline.org/public/pdf/SeedBallsKenya-ENG.pdf

[6]K. S. Rodina, “The Aydar–Arnasay Lakes System: Formation, Functions and Development.” Budapest, Hungary, 2010.

[7]T. Bazarova and R. Nurmamatov, “Masofaviy zondlash ma’lumotlari asosida Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi atrofidagi o‘simlik qoplamining NDVI ko‘rsatkichlarini tahlil qilish,” *O‘zbekiston Geogr. Jamiyati Axborotnomasi*, vol. 58, no. 2, pp. 45–52, 2020.

[8]D. G‘aniyeva, “Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi atrofidagi qirg‘oq zonalarida tuproq sho‘rlanishi va NDVI–SSI ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash,” Magistrlik dissertatsiyasi, Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Toshkent, O‘zbekiston, 2022.

[9]Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), *Rainwater Harvesting for Land Restoration: Technical Handbook*. Rome, Italy: FAO, 2011.

[10] C. I. Nwankwo, M. A. Adekoya, and M. A. Garba, “Physical and Chemical Optimization of Seedball Technology for Pearl Millet under Sahelian Conditions,” *J. Agric. Rural Dev. Trop. Subtrop.*, vol. 119, no. 2, pp. 67–79, 2018.

[11] S. Bandak, H. Wang, M. Elizondo, and J. Liu, “A Longitudinal Analysis of Soil Salinity Changes Using Landsat 8 and Sentinel-2,” *Sci. Rep.*, vol. 14, p. 60033, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-60033-3.

[12] F. Wang, L. Zhang, H. Xu, and Y. Guo, “Advancements in Quantitative Remote Sensing of Soil Salinity (2016–2023): A Review,” *Remote Sens.*, vol. 16, no. 24, p. 4812, 2024, doi: 10.3390/rs16244812.

[13] S. Wahyuni, S. Oishi, and S. Miyazaki, “The Estimation of Groundwater Exchange in Aydarkul–Arnasay Lake System by a Lake Water Balance Model,” *Annu. J. Hydraul. Eng. JSCE*, vol. 53, pp. 7–12, 2009.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ И ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КРИТЕРИЕВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ

Туляганов Баходиржон Исмаилович, Бимурзаев Гани Амиргалиевич, Жураев Марифали Тургунбаевич
Государственное учреждение «Институт гидрогеологии и инженерной геологии» Мингеологии РУз

Аннотация: В работе предлагается методология научного подхода к выполняемым геоэкологическим исследованиям и методику составления схематических карт типизации территорий, по комплексу факторов, влияющих на их геоэкологические условия.

Ключевые слова: комплекс факторов, аномальный климат, грунтовые воды, индекс качества воздуха, опасные геологические процессы, геоэкологическая типизация, схематические карты.

Изоҳ: Ишда бажариладиган геоэкологик тадқиқотларга илмий ёндашув методологияси ва уларнинг геоэкологик шароитларига таъсир қилувчи омиллар мажмуаси бўйича ҳудудларни турларга ажратишнинг схематик хариталарини тузиш методологияси таклиф этилган.

Калит сўзлар: омиллар мажмуаси, аномал иқлим, грунт сувлари, ҳаво сифати индекси, хавфли геологик жараёнлар, геоэкологик туркумлаш, схематик хариталар.

Abstract: The work proposes a methodology for a scientific approach to geoecological research and a methodology for compiling schematic maps of territory typification based on a complex of factors influencing their geoecological conditions.

Keywords: complex of factors, abnormal climate, groundwater, air quality index, hazardous geological processes, geo-ecological typification, schematic maps.

ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геологические и геоэкологические исследования территорий представляют собой процесс получения дополняющей и уточняющей гидрогеологической, инженерно-геологической и экологической информации, необходимой для оценки текущей ситуации и обоснования устойчивости (возможных изменений) геоэкологических условий в ближайшем будущем.

МЕТОДЫ

Общая стратегия (методология) научного подхода к выполненным исследованиям приведена на рис. 1:



Рис. 1. Общая стратегия (методология) научного подхода к исследованиям

Однако методология общего (комплексного) подхода к оценке устойчивости геоэкологических условий и разработка интегральных показателей (факторов) изучены слабо и требуют **постановки специальных исследований**.

Оценка геоэкологических условий территорий. При оценке устойчивости геоэкологических условий применяют различные методы и показатели: одни из них качественные (сравнительные), другие - количественные, позволяющие оценивать устойчивость и не только масштаб и интенсивность изменений (факторов), но и причиняемый ущерб.

Качественная оценка устойчивости геоэкологических условий основывается на анализе, выявлении и изучении особенностей природных факторов, геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и экологических условий территории.

Состояние качества условий оценивается по комплексу факторов (критериев), влияющих на устойчивости геоэкологических условий территории (рис. 2).



Рис. 2. Критерии, влияющие на устойчивость геоэкологических условий территорий

В зависимости от состояния качества устойчивости геоэкологических условий территории нами предлагается подразделять территорий на три категорий: не измененные, относительно измененные и измененные, которые будут охватывать все природные и техногенные зоны (на примере Кашкадарьинской области).

Результатом качественной оценки является типизация (классификация) геоэкологических условий освоения территорий u определение факторов влияющих на качество (устойчивость) их геоэкологических условий.

В связи с этим, нами из выделенных компонентов геоэкологических условий выявляются надежные количественные обобщенные критерии, достаточные для оценки устойчивости территорий к различным нагрузкам и обоснования достоверного прогноза устойчивости геоэкологических условий территории.

К ним в первую очередь относятся [1]:

Климат (3 основных фактора - аномальная температура, осадки, индекс качества воздуха). Критерии (рис. 3):

- аномальный климат: комфортные (не опасные, +15-+30°C), не комфортные (не опасные, 31-34°C), относительно опасные (+35-+37°C), средней опасности (+38-+41°C) и чрезвычайно опасные (>+42°C);

- атмосферные осадки: <100мм, 101-200мм, 201-300мм, 301-400мм и >401мм;

- индекс качества воздуха (AQI-содержание загрязнителя $PM_{2,5}$ в единице объема воздуха): хорошая (<50ед.), удовлетворительная (51-150ед.), нездоровая (> 151ед.).

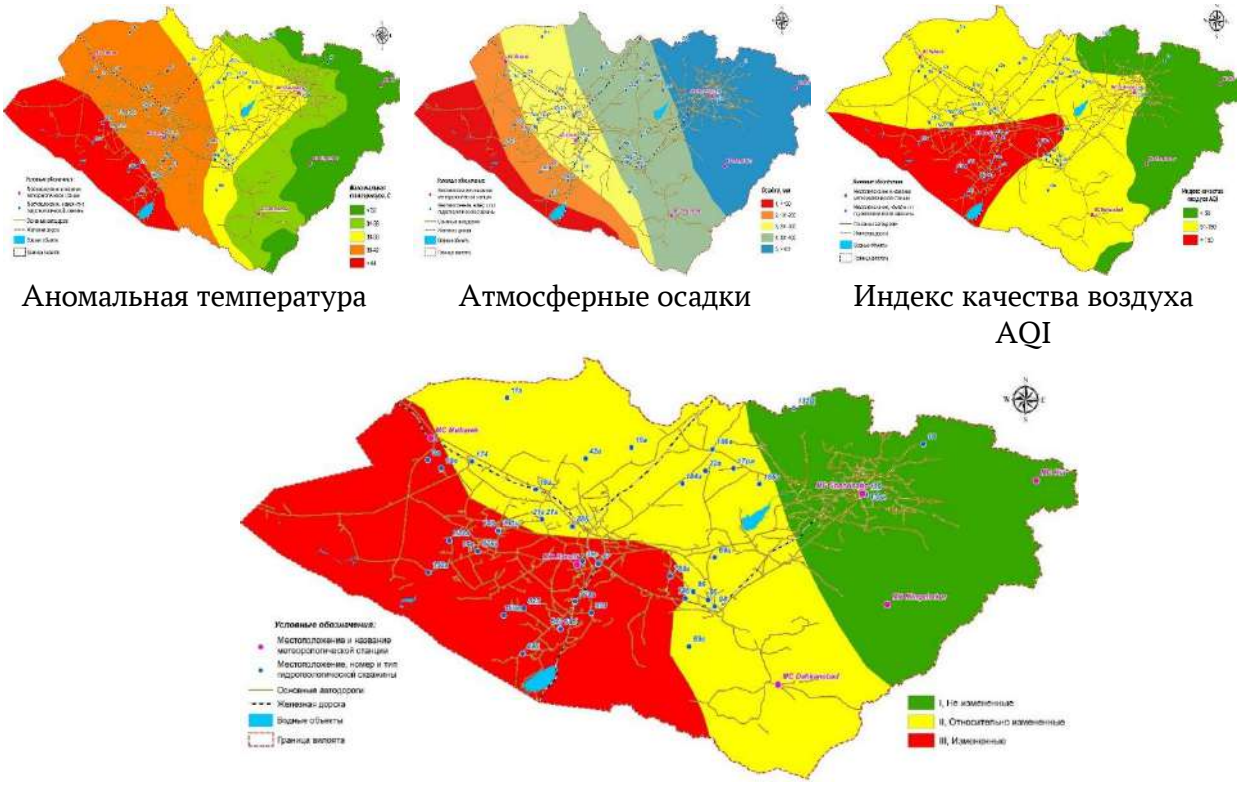


Рис. 3. Схематическая карта текущего состояния геоэкологические условия по усредненным климатическим критериям Кашкадарьинской области (критерии-аномальная температура, атмосферные осадки и индекс качества воздуха-AQI)

На описываемой площади среднемесячные многолетние максимальные температуры воздуха изменяются от не опасных - комфортных (+15-+30°С) и не комфортных (+31-+34°С) на востоке площади до опасных (+38-+41°С), реже чрезвычайно опасных (более +42°С) на западе и юго-западе площади. Здесь в летнее время над сильно нагретыми пространствами степной зоны формируется континентальный тропический воздух, отличающийся большой сухостью, зимнее время среднемесячные многолетние температуры изменяются от -10,6 до -16,9°С. Абсолютные max и min значения температур в области составили: +46,8°С (1997г) и -24,3°С (1972г).

Необходимо отметить, что ученые находят по всему миру необъяснимые «горячие точки», которые порождают новое явление: многие регионы сталкиваются с наплывами жары, столь экстремальными, что выходят за пределы прогнозов существующих моделей глобального потепления. При этом общая всех аномалий особенность заключается в том, что **они теперь чаще случаются не в те месяцы, когда их ожидают.**

Примером может служить - термическая депрессия в мае 2025г. В период 14-17 мая 2025г Узбекистан испытал на себе воздействие рекордной майской жары - температуры в ряде регионов достигают 45°С. И это не просто погода на пару дней: синоптики и климатологи фиксируют редкое для весны явление, называемое термической депрессией (рис. 4).

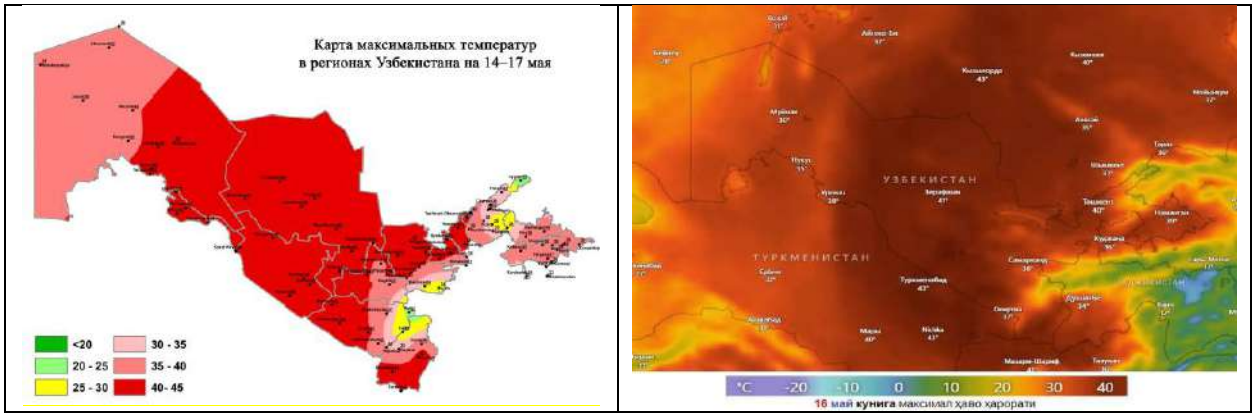


Рис. 4. Термическая депрессия - редкое для весны явление для Узбекистана (данные Узгидромета РУз)

Это явление характерно для пустынных и полупустынных регионов летом, когда воздух буквально «вскипает» от жары, то есть мы впервые наблюдали это явление в мае. Как отмечают специалисты, в последние 65 лет ни разу в этом месяце в Узбекистане не фиксировалась активная термическая депрессия. По сути, **это лето, пришедшее в середине весны – и в куда более агрессивной форме.**

По данным BioScience, **человечество вступает в незнакомую область нашего климатического кризиса, которую никто никогда не видел воочию в истории человечества** [*BioScience*, том 73, выпуск 12, декабрь 2023 г., страницы 841–850, (https://doi.org/10.1093/biosci/biad080)].

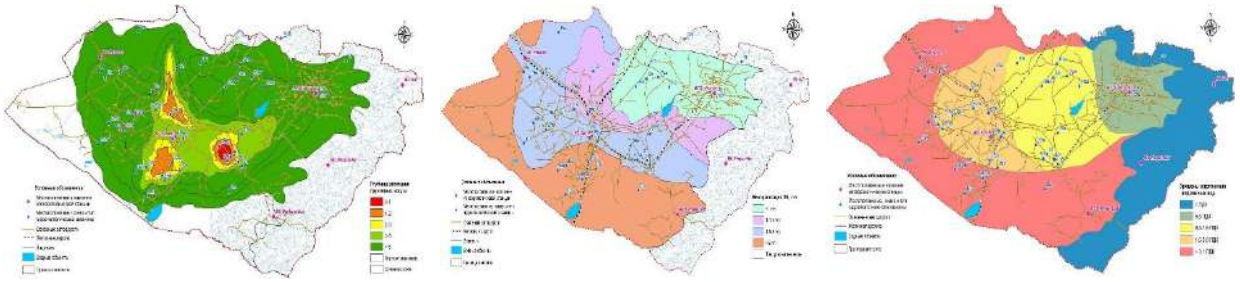
На юго-западе площади (степная зона) атмосферных осадков очень мало (менее 80-100мм/год), долее на восток количество осадков увеличивается до 400мм/год и более (горные и предгорные зоны), при этом их изменчивость очень велика – преобладает ливневый характер осадков.

Индекс качества воздуха ухудшается с востока на запад и юго-запад. На востоке площади качество воздуха находится в пределах нормы (AQI<50ед. или хорошие условия), на юго-западе площади, где запыленность (загрязнение) воздуха в течении 236 дней в году превышает нормы в 5 и более раз (AQI более 150 ед., т.е. условия - не здоровые). Необходимо отметить, что в течении года на этой территории отмечаются пыльные бури: до 14 раз - в Мубареке и Карши, до 5 раз - в Китабе, до 2-3 раз – в Чимкургане, Гузаре и Дехканабаде.

Анализ климатических показателей по Кашкадарьинской области показал, что при текущем состоянии геоэкологических условий (рис.3) наиболее благоприятными (не измененными) являются северо-восточные, восточные и, частично, юго-восточные территории, охватывающие предгорные и горные зоны площадью 7733,9км^2 (~27,1%). Здесь температурные показатели, осадки и индекс качества воздуха (запыленность) находятся в пределах нормы (условия - комфортные, хорошие и не опасные для здоровья).

Гидрогеологические условия (3 фактора – уровень грунтовых вод, минерализация, загрязнения). Критерии (рис.5):

- уровни грунтовых вод (УГВ): очень критическая (до 1,0м), критическая (1,1-2,0м), менее критическая (2,1-3,0м), безопасная (3,1-5,0м) и совершенно безопасная (более 5,1м);
- минерализация: трещинные пресные воды, грунтовые воды: <1,0г/л; 1,1-1,5г/л; 1,6-5,0г/л и > 5,1г/л;
- уровень загрязнения вод: ниже 0,5 ПДК; 0,6-1,5 ПДК; 1,6-3,0 ПДК, 3.1-5,0 ПДК и > 5,1 ПДК.



УГВ Минерализация Степень загрязнение

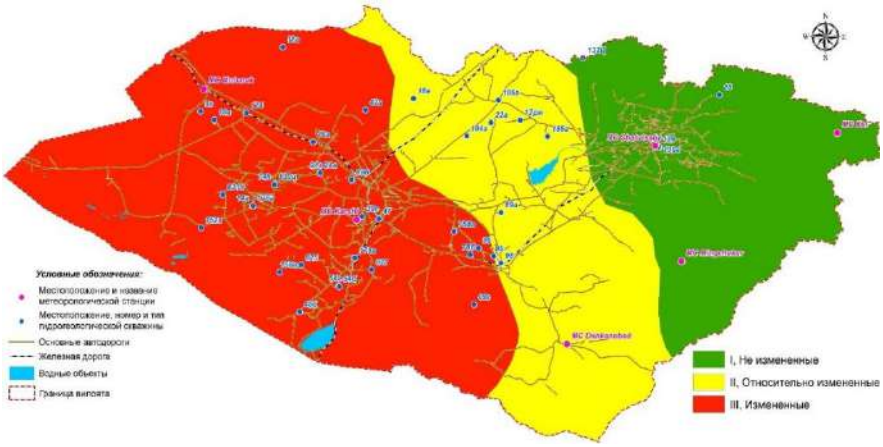


Рис. 5. Схематическая карта текущего состояния геоэкологические условия по усредненным гидрогеологическим критериям Кашкадарьинской области (критерии-УГВ, минерализация и степень загрязнение)

Здесь, с точки зрения оценки состояния качества (устойчивости) геоэкологических условий, самыми критически измененными являются, в основном, западные и юго-западные территории с общей площадью 13 613,8 (или 47,7%) области (рис. 4.2.10), где уровни составляют 1,1-2,0м от поверхности земли и выше. На этой площади минерализация грунтовых вод колеблется от 1,6 до 5,0 г/л, а загрязнение этих вод достигает 3,1-5,0 ПДК. В аномальные периоды их минерализация может превышать 5,1мг/л, а загрязнение вод - превышать 5,0 ПДК.

Центральная часть (охватывающие широкую полосу с севера до юга) с площадью 8 093,5км^2 (или 28,3%), уровни грунтовых вод колеблются от 2,1 до 3,0м, являются относительно безопасными с точки зрения их влияния на изменения геоэкологических условий территории (усиления процессов вторичного засоления, подтопления и др.), минерализация вод составляет 1.1-1,5г/л, уровень загрязнения вод изменяется от 1,6 до 3,0 ПДК. Здесь, состояние качества (устойчивости) геоэкологических условий оцениваются как средне измененные (относительно устойчивые).

Восточная часть территории площадью 6 847,3 (или 24,0%) куда входят предгорная и горная зоны), уровни грунтовых вод более 5м, совершенно не влияют на геоэкологические условия (безопасны для формирования различных опасных геологических процессов и процессов деградации пород (засоление и вторичное засоление). В средне- и высокогорной зонах подземные воды приурочены к трещинным водам, уровень минерализации и загрязнения подземных вод ниже 0,5 ПДК. Эта территория по состоянию качества (устойчивости) геоэкологических условий оценивается как не измененные и слабо измененные к природным и техногенным нагрузкам.

Опасные геологические процессы (2 фактора: ОГП - оползни, селевые паводки; деградация пород – засоление, опустынивание). Критерии (рис. 6):

- активность ОГП: отсутствует (<50 пр./год), низкая (51-100 пр./год), средняя (101-300 пр./год), высокая (301-500 пр./год) и катастрофическая (> 501 пр./год);

- деградация пород (засоление и опустынивание): не деградированные (<0,30%), слабо деградированные (0,31-0,50%), средне деградированные (0,51-0,80%), сильно деградированные (0,81-0,95%) и критически деградированные (более 0,95%).

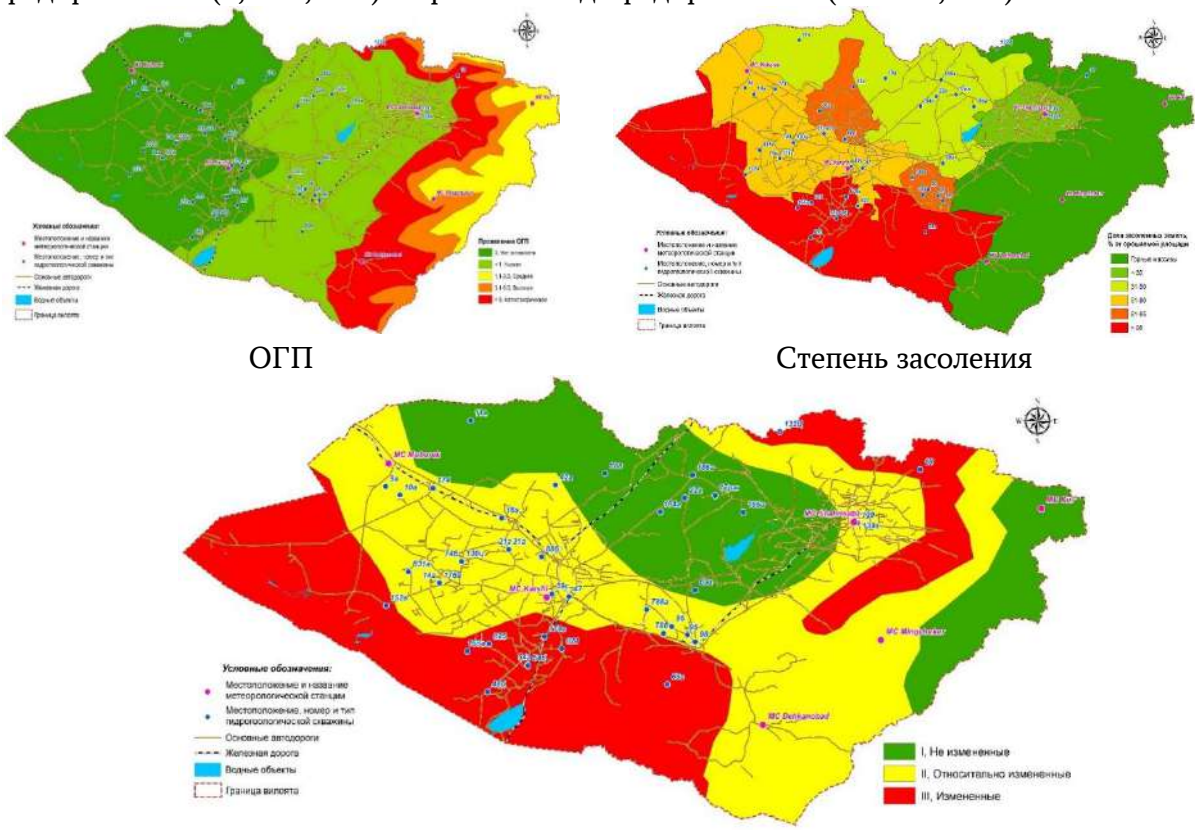


Рис. 6. Схематическая карта текущего состояния геоэкологические условия по усредненным критериям развития процессов в Кашкадарьинской области (критерии- ОГП и степень засоления пород)

Здесь выделяются два участка с общей площадью 8831,0км^2 (или 31,0%), где активно развиваются геологические процессы - наблюдается самая высокая (реже-катастрофическая) активность процессов от 300 до 500пр./год (реже свыше 501пр./год).

Первый участок приурочен к низкогорью (абс. отм. 901-1500м) и среднегорью (абс. отм. 1501-2000м) на востоке области. Эта территория является активной зоной проявления оползней (рис. 7), а также являются активной зоной транзита и конусом выноса селевых паводков. На территории высокогорья (абс. отм. свыше 2001м) активность процессов связана с образованием селевых очагов и формированием селевых паводков [2].



Рис.7. Трагедия на перевале Тахтакарача в Китабском районе (7.11.24г)

Второй участок-приурочен к степной и засушливой зоне на западе и юго-западе области. Активность оползневых процессов и селевых явлений затухает по мере продвижения на запад области, в тоже время здесь усиливается активизация процессов связанных с засолением и опустыниванием.

Самыми устойчивыми (не измененными) являются северные территории приуроченные к предгорьям и частично, восток орошаемой зоны, общая площадь которых составляет 7448,6км^2 (или 26,1%), где активность процессов низкая (менее 100пр./год), а засоленость пород ниже 30-50%. На этой территории, практически, не отмечено изменений геоэкологических условий, требуются проведение локальных противооползневых и противоселевых мероприятий.

Остальная площадь (12275,0км^2 или 42,9%) относится к средне измененным (средне устойчивым), где отмечается средняя активность оползневых процессов (101-300пр./год), а засоленость пород составляет 51-80%. Здесь отмечаются проявления вторичного засоления, подтопления и заболачивания связанная с высоким уровнем грунтовых вод, а также проявления небольших оползней и отдельные вывалы (объемом менее 1000м^3) вдоль линейных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туляганов Б.И., *Бимурзаев Г.А.* Аномальный климат и глобальные угрозы геоэкологической безопасности. Актуальные проблемы и перспективы геологических наук, инновационного развития и подготовки специалистов. Международная научно-практическая конференция – Ташкент, ТГТУ, 2025, с. 531-537;

2. Туляганов Б.И. Возможные угрозы геоэкологической безопасности территории Узбекистана. Современные проблемы и их решения в области гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, т.I и II. Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию со дня основания ГУ «Института ГИДРОИНГЕО», 20-21.11.25г. – Т.: изд. ГУ «ИМР», 2025. с. 150-157.

QASHQADARYO O‘ZANIDAGI QUM-SHAG‘ALLARINING SEDIMENTAL TRANSPORT INDEX (STI) TAHLILI VA YECHIMLARI

Madrimov Rajabboy Masharipovich, Mirzayev Sardor Safarali o‘g‘li
Atrof-muhit muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy tadqiqot instituti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada tadqiqot obekti sifatida tanlangan Qashqadaryo daryosining 10 kmli hududida daryo ko‘rsatkichlari asosida cho‘kindi tashilish ko‘rsatkichi (Sediment Transport Index) hisoblangan, natijalar tasnifi, baholash mezonlari, hududiy taqsimot va boshqaruv choralariga tavsiyalar keltiriladi. Maqolaning tub maqsadi – joydagi eroziya va cho‘kindi tashilish potensialini aniqlab, daryo o‘zanini saqlab qolish, sug‘orish ishlari, daryo muhofazasi, gidrotexnika choralarini rejalashtirish va qum-shag‘al qazib olish imkoniyatlarini o‘rganib chiqish uchun ilmiy asos yaratishdir.*

Kalit so‘zlar. *STI, Cho‘kindi tashish indeksi, flow accumulation, Qashqadaryo daryosi, eroziya, klassifikatsiya, ArcGIS Pro.*

Аннотация. *В данной статье на основе параметров реки на 10-километровом участке реки Кашкадарья, выбранном в качестве объекта исследования, рассчитывается индекс переноса наносов (ИПН), представлена классификация результатов, критерии оценки, территориальное распределение и рекомендации по мерам управления. Основная цель статьи – определить потенциал эрозии и переноса наносов в данном районе и создать научную основу для планирования работ по сохранению русла реки, ирригации, защиты реки, гидротехнических мероприятий и изучения возможностей добычи песка и гравия.*

Ключевые слова: *ИПН, индекс переноса наносов, накопление стока, река Кашкадарья, эрозия, классификация, ArcGIS Pro.*

Abstract. *This article calculates the sediment transport index (STI) based on river parameters in a 10-km stretch of the Kashkadarya River, selected as the research object, and presents the classification of the results, evaluation criteria, territorial distribution, and recommendations for management measures. The main purpose of the article is to determine the potential for erosion and sediment transport in the area, and to create a scientific basis for planning riverbed conservation, irrigation works, river protection, hydraulic engineering measures, and studying the possibilities of sand and gravel extraction.*

Keywords. *STI, Sediment transport index, flow accumulation, Kashkadarya River, erosion, classification, ArcGIS Pro.*

KIRISH.

Eroziya va cho‘kindi ko‘chishi suv yo‘llari, yer resurslari va inshootlarning barqarorligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. STI – relyef, yuzaki oqim, daryo ichi va yonbag‘ir burchagini hisobga olgan holda cho‘kindi tashilishini baholaydigan indeksi hisoblanadi.[1] Suv resurslaridan iqtisodiy ehtiyojlar uchun jadal foydalanish oqibatida daryolar oqimining quyi zonasida suv rejimining keskin o'zgarishlarga olib kelmoqda. Bu jarayon, ayniqsa, kam suvli daryolar havzalarida juda kuchli kechadi. Bunday daryolar qatoriga Qashqadaryoni kiritsa bo'ladi.[3] Kelajakda Qashqadaro daryosining qum va shag‘al qazib olish zonalarining daryoga ta‘sirini va qazib olish ishlariga ruxsat berilishi borasidagi ilmiy qarorlarni chiqarishga keng qo‘llanilishi mumkin. Ushbu ilmiy ish Qashqadaryo daryosining ko‘rsatkichlari o‘rganilib, yuqori xavf zonalari belgilash va amaliy tavsiyalar berishga qaratilgan.

Tadqiqot obyekti va uslubi: Tadqiqot obekti sifatida Qashqadaryo viloyatining Qarshi tumaniga qarashli Xonobod va Arab aholi yashash puktlari yaqinidan o‘tuvchi, markaz

koordinatalari 38.863480 N, 66.022144 E bo‘lgan Qashqadaryo daryosi o‘zanining 10 km li radiusdagi hududi tanlangan.

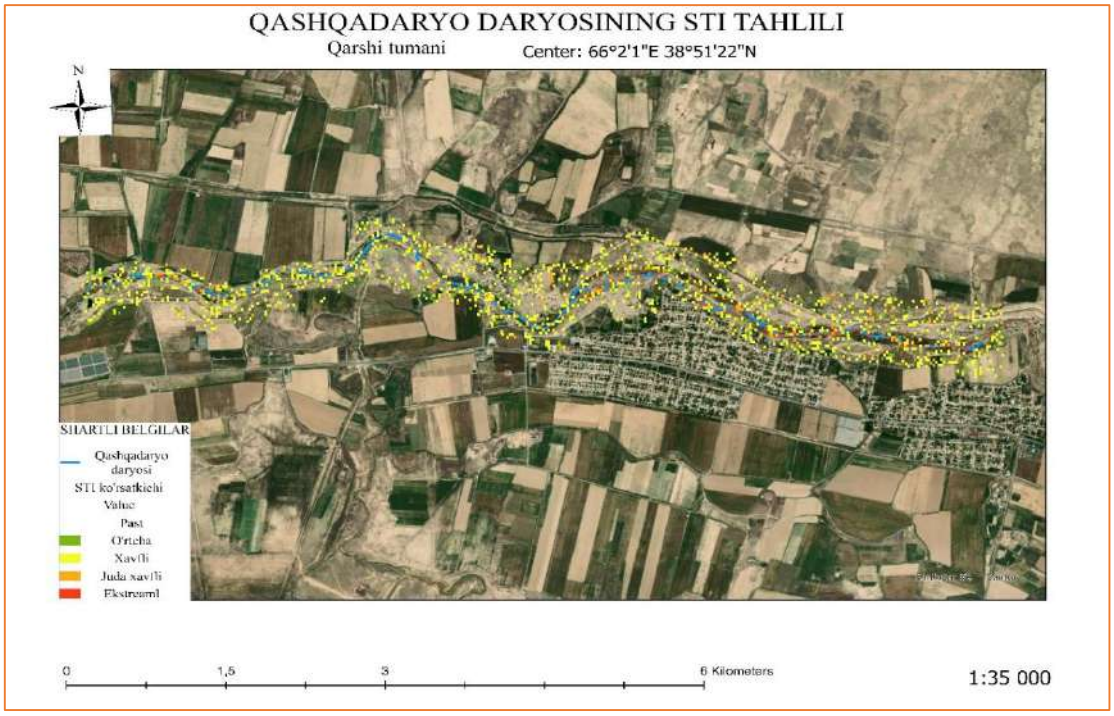
Olingan ma’lumotlar va metodikasi Qashqadaryo viloyatining digital elevation model (DEM) xaritasi (Copernik 30m). Qashqadaryo daryosining xaritasi.

ArcGIS Pro dasturida DEM xaritani “fill” asbobi orqali ma’lumotlarni to‘ldirish, chiqqan natijadan qiyalikni (slope), oqim yo‘nalishi va to‘planishini (flow direction, flow accumulation) aniqlash. Hosil bo‘lgan ma’lumotlardan foydalanib raster hisoblagichda (raster calculator) qiyalik va oqim to‘planishidan Moore va Burch formulasi asosida cho‘kindi tashilish indeksi aniqlanadi.

$$STI = \left(\frac{SCA}{22.13}\right)^{0.6} \times \left(\frac{\sin(\text{slope (radian)})}{0.0896}\right)^{1.3}$$

STI natijasini 5 sinfga ajratgan holda klassifikatsiya qilinadi.

No.	STI sinfi	STI oralig‘i
1	Past	0–5
2	O‘rtacha	5–20
3	Xavfli	20–50
4	Juda xavfli	50–100
5	Ekstremal	100–190
Jami		**190**



1-rasm. Qashqadaryo daryosining STI tahlili xaritasi

Tadqiqot obektida Qashqadaryo daryosining10 km ichida STI qiymatlari **0 dan 190 gacha** tarqalgan — ko‘pchilik maydon o‘rta va past sinflarga to‘g‘ri keladi, ammo kanal va daryo bo‘ylari, oqim yo‘nalishlari atrofida **30–190** oralig‘idagi hududlar aniqlangan (1-rasm).

MUHOKAMA

STI ning yuqori qiymatdagi natijasi odatda katta oqim to‘planishi (daryo yo‘li, antropogen omil natijasida paydo bo‘lgan daryo yuzidagi qovurg‘alar) va baland qiyalik kombinatsiyasidan paydo bo‘ladi. STI ning 50-190 diapazondagi hududlari – daryo kanali atrofidagi jarliklar va vodiyliklar qismiga mos kelishini ko‘rishimiz mumkin (2 va 3-rasmlar).



2-rasm Qashqadaryo daryosining hozirgi holati



3-rasm. Qashqadaryo daryosi o‘zanidagi qiyaliklar

Daryo o‘zanida cho‘kindi tashish juda juchli bo‘lib, bunga asosan tabiiy omil emas, antropogen va texnogen omil sabab ekanligini ko‘rsatish mumkin. Sababi daryo o‘zani va tubidan qazib olinayotgan noruda resurslari aynan shu jarayonni yomonlashishiga va STI ning yuqori chiqishiga sabab bo‘lmoqda. Qayd etilgan joyda STI kuchli bo‘lishi, so‘nggi yillar ichida daryo

‘zanini o‘zgartirish, daryo bank eroziyasi va cho‘kindi (qum-shag‘al, tuproq) depozitlarining balansi buzilishiga olib kelmoqda. Shu bilan birga yaqin kelajakda bu holat yanada kuchayib borish ehtimoli juda yuqori.

XULOSA VA TAVSIYALAR.

Daryoning 10 km li hududida STI qiymatlari mos ravishda 0-190 gacha chiqdi. Bu hududiy taqsimot bo‘yicha juda yuqori erroziya potensiali hisoblanadi, ular daryo hududini to‘liq qoplab oladi. Xuddi shu kabi Qashqadaryo daryosining barcha hududi zudlik bilan ekologik to‘g‘ri boshqaruv choralarini talab qiladi.

5-sinf hududlar — boshqaruv choralarining ustuvor qo‘yish: jarlikni barqarorlashtirish, to‘siqlar, vegetatsiya tiklash.

4-3 sinf — oldini olish choralariga e’tibor: daryo chegarasini barqarorlashtirish ishlari, terraslash , daryoni suv bilan to‘ldirish choralarini ko‘rish (drenajlash)

Past sinflarda monitoring yetarli.

Obektning batafsil tekshiruvi, eroziyaa belgilarining fotosuratlari, cho‘kindi namunalarini yig‘ish, daryoning eroziya va STI bo‘lgan hududlarida kuchli rip-rap, gabion usulidan foydalanib qoplash yoki daryo atrofini vegetativ qoplash, STI yuqori hududlarda yilda 2 marta periodik kuzatuv kabi amaliy ishlarni amalga oshirish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Moore, I.D., and J. R. Burch (1986). *Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation.*

2. Renard, K.G., et al. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).*

3. Alimardonov G.R.Sharipova (2023) L.G‘.Alimardonov K*ASHKADARYA RIVER FLOW CHANGES UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS*

4. https://portal.opentopography.org/datasets (download DEM data)

NATURE-BASED SOLUTIONS IN WASTE MANAGEMENT: CONCEPTS, PRACTICES AND OPPORTUNITIES

Turdaliyeva Sojidabonu Rafiqjon Qizi, Juliyev Muxiddin Komilovich, Xadjieva Zuhra Baxram Qizi

“TIQXXMI” Milliy Tadqiqot Universiteti huzuridagi Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti

Annotation. Nature-Based Solutions (NBS) offer ecologically sustainable, low-carbon alternatives for improving waste management systems, particularly in regions facing rapid urbanization, increasing waste generation, and soil degradation. This study examines the scientific and practical potential of key NBS technologies—including composting, biofiltration, phytoremediation, constructed wetlands, and biochar-based approaches—with a specific focus on their applicability in Uzbekistan. The analysis integrates global case studies and national evidence to evaluate the effectiveness of NBS in reducing pollution, enhancing resource recovery, and supporting ecosystem resilience. International practices demonstrate that composting programs can reduce methane emissions by up to 50%, phytoremediation can decrease heavy metal concentrations by 28–45%, biocover systems can oxidize 60–95% of landfill methane, constructed wetlands can remove 78–85% of nitrogen- and carbon-based pollutants, and biochar can sequester 1.2–1.8 t/ha of CO_2 annually while improving soil physicochemical properties. Uzbekistan-based studies confirm that compost derived from municipal organic waste significantly enhances soil fertility, while biochar application increases soil NPK levels, enzymatic activity, and water-

holding capacity—factors crucial under conditions of humus depletion, salinization, and drought. Phytoremediation trials near industrial zones have shown effective uptake of Pb, Cd, and Zn, and constructed wetlands demonstrate potential for low-energy wastewater treatment in water-scarce regions. Overall, the findings indicate that the combined application of composting and biochar technologies represents the most effective and context-appropriate NBS for Uzbekistan, offering substantial benefits for waste reduction, soil restoration, climate change mitigation, and sustainable environmental management.

Keywords: NBS, waste management, phytoremediation, composting, biochar, sustainable development.

Annotatsiya. Nature-Based Solutions (NBS) ekologik barqaror, kam-uglerodli yondashuvlar bo‘lib, ular tez urbanizatsiya, ortib borayotgan chiqindi hajmi va tuproq degradatsiyasi sharoitida chiqindilarni boshqarishni takomillashtirish uchun samarali imkoniyatlar yaratadi. Ushbu tadqiqotda kompostlash, biofiltratsiya, fitoremediasiya, sun’iy botqoqlik tizimlari va biochar texnologiyalarining ilmiy hamda amaliy salohiyati tahlil qilinib, ularning O‘zbekiston sharoitida qo‘llanish imkoniyatlari baholandi. Tahlilda global tajribalar hamda milliy ilmiy manbalar integratsiya qilinib, NBS texnologiyalarining ifloslanishni kamaytirish, resurslarni qayta tiklash va ekotizim barqarorligini oshirishdagi samaradorligi aniqlangan. Xalqaro amaliyotlar kompostlash orqali metan emissiyasini 50% gacha kamayishi, fitoremediasiya orqali og‘ir metallarning 28–45% gacha pasayishi, biocover tizimlarida metanning 60–95% oksidlanishi, sun’iy botqoqliklarda asosiy ifloslantiruvchi moddalarning 78–85% gacha tozalanishi, biochar qo‘llanganda esa CO_2 ning 1,2–1,8 t/ga miqdorda yillik sekvestrlanishini ko‘rsatmoqda. O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar kompostning tuproq unumdorligini sezilarli oshirishini, biochar qo‘llanilganda esa tuproqning NPK miqdori, fermentativ faolligi va suvni ushlab turish qobiliyati yaxshilanishini tasdiqlaydi. Sanoat hududlari yaqinida fitoremediasiya bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalar Pb, Cd va Zn konsentratsiyalarining samarali kamayishini ko‘rsatgan. Suv tanqisligi yuqori bo‘lgan hududlarda sun’iy botqoqlik tizimlari past energiya talab qiluvchi oqova suvni tozalash texnologiyasi sifatida istiqbolli hisoblanadi. Umuman olganda, kompostlash va biochar texnologiyalarining integratsiyalashgan qo‘llanilishi chiqindilarni kamaytirish, tuproq degradatsiyasining oldini olish, iqlim o‘zgarishi oqibatlarini yumshatish va barqaror atrof-muhit boshqaruvini shakllantirish uchun eng samarali NBS yechimi sifatida baholanadi.

Kalit so‘zlar: Nature-Based Solutions, chiqindi boshqaruvi, ekologiya, biofiltr, kompostlash, yashil iqtisodiyot.

Аннотация. Природные решения (Nature-Based Solutions, NBS) представляют собой экологически устойчивые, низкоуглеродные подходы, направленные на совершенствование систем управления отходами в условиях ускоренной урбанизации, роста объёмов отходов и деградации почв. В данном исследовании проведена оценка научного и практического потенциала ключевых технологий NBS — компостирования, биофильтрации, фиторемедиации, искусственных болотных систем и биоугольных решений — с учетом их применимости в условиях Узбекистана. Анализ, основанный на интеграции международного опыта и национальных научных данных, показывает высокую эффективность NBS в снижении загрязнения, повышении ресурсоэффективности и укреплении устойчивости экосистем. Международные примеры демонстрируют уменьшение выбросов метана при компостировании до 50%, сокращение концентраций тяжёлых металлов на 28–45% при фиторемедиации, окисление 60–95% свалочного метана в биоковер-системах, снижение COD и аммония на 78–85% в искусственных болотах, а также секвестрацию 1,2–1,8 т/га CO_2 при использовании биоугля. Национальные исследования в Узбекистане подтверждают, что компост, полученный из органической

фракции твёрдых бытовых отходов, существенно повышает плодородие почвы, тогда как внесение биоугля улучшает содержание NPK, ферментативную активность и водоудерживающую способность почв. Эксперименты по фиторемедиации в промышленных зонах выявили эффективное снижение концентраций Pb, Cd и Zn. Для регионов с дефицитом водных ресурсов искусственные болотные системы рассматриваются как перспективная, энергоэффективная технология очистки сточных вод. В целом интегрированное применение компостирования и биоугольных технологий является наиболее эффективным и научно обоснованным вариантом NBS для сокращения отходов, восстановления деградированных почв, смягчения последствий изменения климата и формирования устойчивой системы экологического управления в Узбекистане.

Ключевые слова: NBS, управление отходами, биофильтры, фиторемедиация, экологическая рекультивация.

INTRODUCTION

Nature-Based Solutions (NBS) are approaches based on the functional properties of natural ecosystems or mechanisms inspired by them, designed to address environmental, social, and economic challenges in an integrated manner. Today, the growing global problems observed in the field of waste management further highlight the importance of these approaches. According to international reports, the annual volume of global municipal solid waste has reached approximately 2.1 billion tons, at least one-third of which is insufficiently recycled or improperly disposed of (Kaza et al., 2018). As a result, soil and water resources become polluted, biocenoses degrade, and the greenhouse effect intensifies due to high emissions of methane from landfills. From this perspective, NBS offer ecologically sustainable alternatives to traditional high-energy and high-carbon waste management technologies. Nature-based technologies such as composting, biofiltration, phytoremediation, biochar production, and constructed wetlands support resource recovery, waste reduction, and the natural biogeochemical degradation of pollutants. For instance, composting and anaerobic digestion processes enable the conversion of organic waste into nutrient-rich soil amendments or renewable energy sources(Zhang et al., 2021). Phytoremediation technologies are effective tools for the sustainable rehabilitation of soil and aquatic ecosystems contaminated with heavy metals and persistent organic pollutants (Nieminen et al., 2013). In Uzbekistan, the steady increase in municipal, agricultural, and industrial waste is driven by rapid urbanization, expansion of industrial sectors, and intensive agricultural activities. Existing landfill storage systems face numerous limitations, contributing to increased methane emissions harmful to the atmosphere, soil degradation, and accelerated contamination of surface and groundwater resources. In such conditions, the introduction of NBS technologies—particularly the composting of organic waste, phytoremediation-based landfill reclamation, and the use of constructed wetlands for natural wastewater treatment—holds strategic importance for developing an environmentally sustainable waste management system (Walton et al., 2020). The primary aim of this study is to assess the practical potential of applying Nature-Based Solutions in shaping sustainable waste management mechanisms in the context of Uzbekistan. The research focuses on scientifically identifying the capacity of NBS technologies to reduce environmental pollution, enhance resource recovery, stabilize ecosystem services, and minimize the carbon footprint of the waste management system.

MAIN BODY

Sustainable waste management relies on Nature-Based Solutions (NBS) to address contemporary environmental and social challenges. This approach harnesses the natural processes of ecosystems to reduce waste, enhance resource recovery, and ensure ecological sustainability. The most widely applied types of NBS in waste management include composting,

phytoremediation, biofiltration, constructed wetland systems, and biochar technologies. Each of these solutions will be examined from an expanded scientific perspective.

2.1. Composting

Composting is the process of converting organic waste into humus through aerobic decomposition carried out by microorganisms. The main functions of this process include reducing waste volume, decreasing methane and other greenhouse gas emissions, improving soil quality, and enhancing resource recovery. Aerobic microorganisms (bacteria and fungi) break down organic matter and transform carbon, nitrogen, and phosphorus into more stable forms. The resulting compost increases soil biological activity, improves water retention capacity, and serves as an enriching fertilizer for agricultural use. A practical example of large-scale composting can be observed in the mandatory composting program implemented in San Francisco (USA). Since 2009, this system has required the separate collection and composting of all organic waste generated by residents. As a result of the program, approximately 620,000 tons of organic waste are converted into compost each year. This has led to up to a 50% reduction in methane emissions by minimizing anaerobic decomposition processes in landfills. Furthermore, the application of compost to agricultural lands and urban green spaces has been associated with a 13–20% increase in soil fertility(Berardi, 2017). This experience demonstrates the significant contribution of composting to ecological sustainability and resource recovery. The composting process supports environmental stability by reducing waste volumes and improving soil quality.

2.2.Phytoremediation

Phytoremediation is the process of using plants to remove or stabilize pollutants (such as heavy metals and toxic organic compounds) in soil and water. This method is widely applied to ensure the ecological safety of landfills, industrial zones, and contaminated sites. The main directions of phytoremediation are expressed through several mechanisms. In the phytoextraction process, plants absorb a portion of pollutants (especially heavy metals) through their roots and transfer them into the aboveground biomass. Phytostabilization, on the other hand, reduces the mobility of toxic elements in soil by transforming them into more stable and less mobile forms within the rhizosphere, thereby limiting the spread of contaminants. In addition, phytodegradation occurs through the breakdown of organic pollutants as a result of plant metabolism, root-released enzymes, or the activity of microorganisms in the plant’s rhizosphere. An example confirming the practical effectiveness of these mechanisms is the experiment conducted in Poland, where Miscanthus × giganteus was planted on landfill areas contaminated with heavy metals. According to three years of monitoring, the concentrations of lead (Pb), cadmium (Cd), and zinc (Zn) in the soil decreased by 28–45%, and the high-biomass plants grown on the site were subsequently used successfully for bioenergy production (Nieminen et al., 2013). This demonstrates that phytoremediation technologies are effective not only ecologically, but also in terms of energy production. Phytoremediation is considered an efficient solution for improving soil and water quality and reducing pollutant concentrations.

2.3. Biofiltration

Biofiltration is a technology used to reduce landfill gas emissions and odors through biological decomposition carried out by microorganisms. Biofilters operate within layers composed of soil, compost, or wood chips and significantly reduce methane, volatile organic compounds, and odor pollution. The operating principle of biocover systems used at landfills is based on directing the gas flow through a biologically active layer. As landfill gases pass through this layer, they are first filtered by the soil and organic materials within the biofilter, after which methane and other volatile gases are degraded by methanotrophic bacteria contained in the microbial community. As a result, the amount of methane released into the atmosphere is substantially reduced, leading to improved air quality, limited dispersion of odorous pollutants,

and overall mitigation of greenhouse gas emissions. A practical example of the application of biocover technology can be observed in the Landfill Biocover Project implemented in Saskatchewan, Canada. Within this project, methane oxidation rates of 60–95% were recorded, and odor-causing gas emissions were reduced by up to 70%. Additionally, the system contributed to an annual reduction of approximately 12,000 tons of CO_2-equivalent methane that would otherwise potentially be emitted into the atmospherekelgan (Loh et al., 2022). These results indicate that biocovers are an environmentally effective, economically efficient, and operationally reliable solution for landfill gas management. Biofiltration is an effective method for reducing landfill gas emissions and mitigating environmental risks.

2.4. Constructed Wetlands

Constructed wetland systems are engineered to replicate the physical, chemical, and biological characteristics of natural wetlands and are used to reduce pollutants in landfill leachate, wastewater, and stormwater through natural biological processes. The operating principle of these systems relies primarily on the ability of microorganisms to degrade organic contaminants, as well as the capacity of plants, root-zone environments, and specialized substrates to adsorb heavy metals and other toxic substances. As a result, key pollution indicators in water—such as BOD, COD, and ammonium are significantly reduced, making wastewater environmentally safer. The practical efficiency of such systems is illustrated by a constructed wetland project implemented in Guangzhou, China, for treating landfill leachate. According to research findings, the system achieved reductions of 85% in COD, 78% in ammonium, and 60–70% in the total concentration of heavy metals. In addition, the energy consumption of this technology was found to be 40% lower compared to conventional treatment methods(Rahman et al., 2020). These results demonstrate that constructed wetland systems provide an economically and environmentally effective, sustainable solution for wastewater treatment. Constructed wetlands enable environmentally friendly and energy-efficient treatment of wastewater.

2.5. Biochar-Based Solutions

Biochar is a carbon-rich, highly porous material produced through the pyrolysis of biomass under oxygen-limited conditions. Its application to soil provides several environmental and agronomic benefits. Biochar particles adsorb heavy metal ions onto their surfaces, thereby reducing their mobility, while also significantly improving the soil’s water-holding capacity. The long-term persistence of its stable carbon structure in soil enhances carbon sequestration and contributes to the reduction of greenhouse gas concentrations in the atmosphere. The practical effectiveness of this technology was clearly demonstrated in a study conducted on landfill soils in New South Wales, Australia. According to the results, the application of biochar led to the adsorption of 45–70% of Zn, Pb, and Cu ions, increased soil water retention by 30%, and achieved CO_2 sequestration rates ranging from 1.2 to 1.8 t/ha per year (Xiang et al., 2020). These findings confirm that biochar is an effective tool for landfill soil reclamation, pollution reduction, and climate change mitigation. Biochar represents an efficient solution in waste management and soil quality improvement.

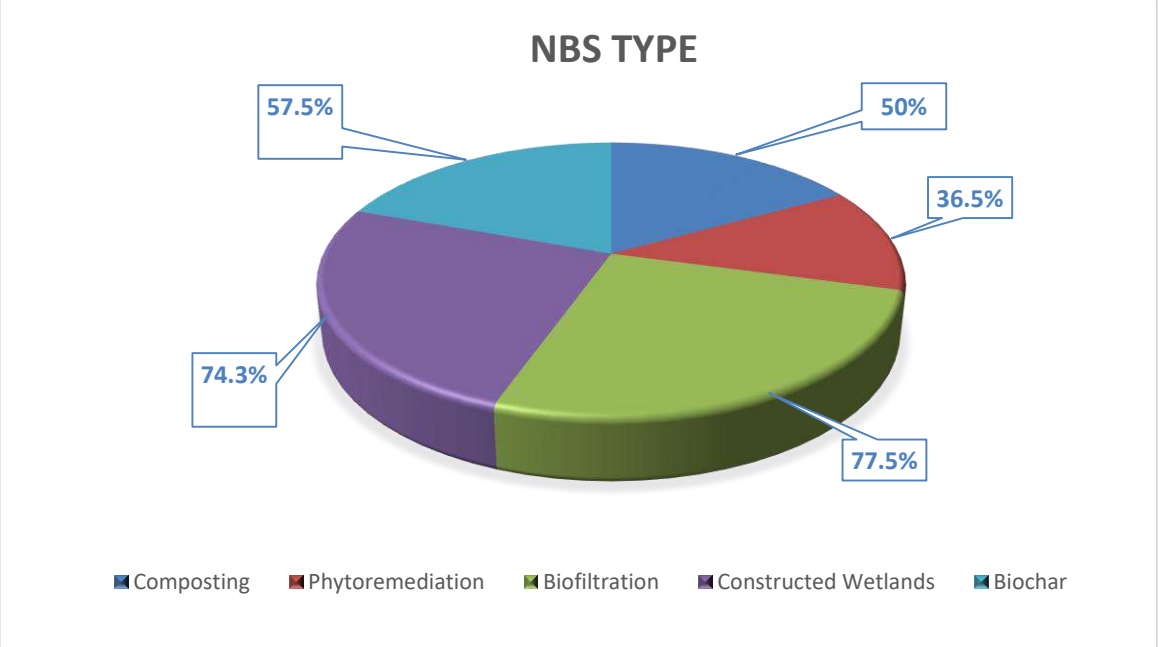


Figure 1. NBS Types

This graph was prepared based on the works of (Asaad et al., 2022; “SUSTAINABILITY OF CONSTRUCTED WETLANDS IN USING BIOCHAR FOR TREATING WASTEWATER,” 2017; Vymazal, 2011; Zhang et al., 2021).

NBS OPPORTUNITIES IN UZBEKISTAN

Considering Uzbekistan’s ecological and climatic conditions, the most suitable Nature-Based Solutions (NBS) for mitigating existing waste management challenges include composting of organic waste, biochar production and soil application, as well as phytoremediation systems. Among these, the most effective and practically applicable method is composting, since a large portion of municipal solid waste consists of organic materials. Studies conducted in Samarkand have also confirmed the high share of the organic fraction; compost produced from this waste demonstrated favorable agrochemical properties and proved effective in improving soil fertility (Pardayev, 2021). This indicates that composting serves not only as a waste reduction strategy but also as an important solution for enhancing agricultural sustainability in Uzbekistan. When integrated with composting, the use of biochar technologies yields even more substantial results. Biochar derived from poultry manure and municipal organic waste has been tested on Uzbek soils, where it significantly improved soil NPK content, enzymatic activity, and water retention capacity (Shukurov et al., 2022). Under conditions of humus deficiency, soil salinization, and drought, the application of biochar as a stable carbon source also contributes positively to carbon sequestration. Another important NBS type is phytoremediation—using plants to remediate contaminated soils. In Uzbekistan, particularly in areas surrounding the Angren thermal power plant, this approach has been tested in practice, and several plant species were found to be effective in reducing concentrations of heavy metals such as lead, cadmium, and zinc (Vokhidova, 2020). Phytoremediation is well suited to national conditions due to its low cost, ecological safety, and suitability for large-scale application. In addition, constructed wetland systems hold considerable potential for Uzbekistan, where water resource conservation remains a critical challenge. Research conducted in Bukhara Region on improving the efficiency of water and energy use has shown that constructed wetlands can effectively treat wastewater and drainage water through natural biological processes (Hamidov et al., 2024). This technology is characterized by low energy

requirements, reduced operational costs, and minimal environmental impact. Landfill biocovers-another NBS that reduces landfill gas emissions through biological oxidation—have not yet been fully implemented in Uzbekistan, and scientific or practical data on their national application are lacking. However, international experience shows that this technology is highly effective in reducing methane emissions, making it a promising future direction for the country. Overall, available scientific sources demonstrate that composting, biochar application, and phytoremediation are the most thoroughly tested and effective NBS types under Uzbekistan's conditions, while constructed wetlands are becoming increasingly relevant in the context of water scarcity.

CONCLUSION

The analysis of Nature-Based Solutions (NBS) applicable in Uzbekistan indicates that, given the current environmental and land-reclamation challenges, low soil humus content, and the high organic fraction of municipal solid waste, the integrated application of composting and biochar technologies emerges as the most effective approach. The effectiveness of compost produced from organic waste in Samarkand in enhancing soil fertility, along with biochar's ability to improve soil water retention and chemical activity, confirms the complementary nature of these technologies. Although phytoremediation and constructed wetland systems have shown positive results under certain local conditions, their practical applicability is more limited compared to the approaches mentioned above. Overall, the findings demonstrate that the combined use of composting and biochar technologies represents the most optimal and practically grounded NBS for improving waste management, mitigating soil degradation, and supporting climate adaptation processes in Uzbekistan.

REFERENCES

1. Asaad, A.A., El-Hawary, A.M., Abbas, M.H.H., Mohamed, I., Abdelhafez, A.A., Bassouny, M.A., 2022. Reclamation of wastewater in wetlands using reed plants and biochar. Sci Rep 12, 19516. https://doi.org/10.1038/s41598-022-24078-9

2. Berardi, U., 2017. A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends. Resources, Conservation and Recycling 123, 230–241. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.014

3. Hamidov, A., Kasymov, U., Allahverdiyeva, N., Schleyer, C., 2024. Governance of technological innovations in water and energy use in Uzbekistan. International Journal of Water Resources Development 40, 123–139. https://doi.org/10.1080/07900627.2022.2062706

4. Kaza, S., Yao, L.C., Bhada-Tata, P., Van Woerden, F., 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0

5. Loh, Z.Z., Zaidi, N.S., Yong, E.L., Syafiuddin, A., Boopathy, R., Kadier, A., 2022. Current Status and Future Research Trends of Biofiltration in Wastewater Treatment: a Bibliometric Review. Curr Pollution Rep 8, 234–248. https://doi.org/10.1007/s40726-022-00224-9

6. Nieminen, P., Lehtiniemi, H., Huusko, A., Vähäkangas, K., Rautio, A., 2013. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in relation to secondary sex ratio – A systematic review of published studies. Chemosphere 91, 131–138. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.11.019

7. Pardayev, et all, 2021. https://doi.org/10.15421/2021_211

8. Rahman, M.E., Bin Halmi, M.I.E., Bin Abd Samad, M.Y., Uddin, M.K., Mahmud, K., Abd Shukor, M.Y., Sheikh Abdullah, S.R., Shamsuzzaman, S.M., 2020. Design, Operation and Optimization of Constructed Wetland for Removal of Pollutant. IJERPH 17, 8339. https://doi.org/10.3390/ijerph17228339

9. Shukurov, O., Egamberdieva, D., Jabbarov, Z., 2022. EFFECT OF BIOCHAR ON SOIL N, P, K CONTENT, PH, ENZYME ACTIVITY AND SOIL WATER HOLDING CAPACITY. https://doi.org/10.5281/ZENODO.7436609

10. SUSTAINABILITY OF CONSTRUCTED WETLANDS IN USING BIOCHAR FOR TREATING WASTEWATER, 2017. . RJC. https://doi.org/10.7324/RJC.2017.1031738

11. Vokhidova, et all, 2020. IMPROVING SOIL QUALITY BY PHYTOREMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS AROUND ANGREN THERMAL POWER PLANT (ATPP). O’zbekiston zamini.

12. Vymazal, J., 2011. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Five Decades of Experience. Environ. Sci. Technol. 45, 61–69. https://doi.org/10.1021/es101403q

13. Walton, C.R., Zak, D., Audet, J., Petersen, R.J., Lange, J., Oehmke, C., Wichtmann, W., Kreyling, J., Grygoruk, M., Jabłońska, E., Kotowski, W., Wiśniewska, M.M., Ziegler, R., Hoffmann, C.C., 2020. Wetland buffer zones for nitrogen and phosphorus retention: Impacts of soil type, hydrology and vegetation. Science of The Total Environment 727, 138709. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138709

14. Xiang, W., Zhang, X., Chen, J., Zou, W., He, F., Hu, X., Tsang, D.C.W., Ok, Y.S., Gao, B., 2020. Biochar technology in wastewater treatment: A critical review. Chemosphere 252, 126539. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126539

15. Zhang, Jing, Zhang, Jian-min, Xing, B., Liu, G., Liang, Y., 2021. Study on the effect of municipal solid landfills on groundwater by combining the models of variable leakage rate, leachate concentration, and contaminant solute transport. Journal of Environmental Management. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112815

MATHEMATICAL MODELING OF ATMOSPHERIC DUST AND ASSESSMENT OF ITS IMPACT ON THE HEALTH OF THE POPULATION OF KARAKALPAKSTAN

Urazimbetova Elzura Pulatovna[1,2], Tleumuratova Bibigul Saribaevna[2]
[1]Karakalpak State University named after Berdakh
[2]Karakalpak Scientific Research Institute of Natural Sciences

Abstract. The study analyzed the spatio-temporal dynamics of atmospheric dust and its impact on respiratory disease among the population of Karakalpakstan for 2011-2025. Dust aerosol concentrations were assessed using mathematical modeling based on the modified Yermak model, which allowed for the consideration of the specifics of aerosol particle transfer and transformation in arid regions. Correlation analysis using Pearson and Spearman coefficients revealed varying degrees of correlation between dust levels and morbidity: the highest values were established in the city of Nukus and central regions, while in the southern and eastern regions, the dependence is less pronounced. The obtained results confirm the significance of atmospheric dust as a risk factor for public health and can serve as a scientific basis for developing preventive measures, assessing environmental risks, and improving early warning systems for adverse dust events.

Annotatsiya. Tadqiqotda 2011-2025-yillarda atmosfera changining fazoviy-vaqt dinamikasining Qoraqalpog‘iston aholisining nafas olish a’zolari kasalliklariga ta’siri tahlil qilingan. Chang aerozollarining konsentratsiyasi Ermakning modifikatsiyalangan modeli asosida matematik modellashtirish yordamida baholandi, bu esa qurg‘oqchil hududlar sharoitida aerozol zarrachalarining ko‘chishi va transformatsiyasining o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olish imkonini berdi. Pirson va Spirmen koeffitsiyentlaridan foydalangan holda korrelyatsion tahlil changlanish darajasi va kasallanish o‘rtasidagi bog‘liqlikning turli darajalarini aniqladi: eng yuqori

ko‘rsatkichlar Nukus shahri va markaziy tumanlarda aniqlandi, janubiy va sharqiy tumanlarda esa bog‘liqlik kuchsizroq ifodalangan. Olingan natijalar atmosfera changining aholi salomatligi uchun xavf omili sifatidagi ahamiyatini tasdiqlaydi va profilaktik chora-tadbirlarni ishlab chiqish, ekologik xavflarni baholash va changli hodisalar haqida erta ogohlantirish tizimlarini takomillashtirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Аннотация. В исследовании проведён анализ пространственно-временной динамики запылённости атмосферы и её влияния на заболеваемость органов дыхания населения Каракалпакстана за 2011–2025 гг. Концентрации пылевых аэрозолей оценивались с использованием математического моделирования на основе модифицированной модели Ермака, что позволило учесть особенности переноса и трансформации аэрозольных частиц в условиях засушливых территорий. Корреляционный анализ с применением коэффициентов Пирсона и Спирмена выявил различную степень связи между уровнем запылённости и заболеваемостью: наиболее высокие значения установлены в городе Нукус и центральных районах, тогда как в южных и восточных районах зависимость выражена слабее. Полученные результаты подтверждают значимость атмосферной запылённости как фактора риска для здоровья населения и могут служить научной основой для разработки профилактических мероприятий, оценки экологических рисков и совершенствования систем раннего предупреждения о неблагоприятных пылевых событиях.

Key words: atmospheric dust, dust aerosols, mathematical modeling, Ermak model, correlation analysis, respiratory diseases, Karakalpakstan.

Kalit so‘zlar: atmosfera changlanishi, chang aerozollari, matematik modellashtirish, Ermak modeli, korrelyatsion tahlil, nafas olish a’zolari kasalliklari, Qoraqalpog‘iston.

Ключевые слова: запылённость атмосферы, пылевые аэрозоли, математическое моделирование, модель Ермака, корреляционный анализ, заболевания органов дыхания, Каракалпакстан.

INTRODUCTION

Airborne aerosol pollution and related diseases are a global problem that has attracted the attention of scientists in many countries [1, 2]. The impact of atmospheric dust on human health is due to the penetration of fine particulate matter along with microbes, heavy metals, pesticides, and other pollutants into the lungs and further into the bloodstream [3, 4]. Small particles of $PM_{2.5}$ can cause a wide range of respiratory diseases, including asthma, tracheitis, pneumonia, allergic rhinitis, and silicosis [5]. Additionally, dust aerosols affect the cardiovascular system, cognitive functions, neurodegenerative processes, and can contribute to the development of allergic and infectious diseases [6, 7].

The problem is particularly acute in the Aral Sea region, where atmospheric dust is one of the most acute environmental and health problems. The drying up of the Aral Sea bed led to the formation of the Aralkum, a powerful source of dust storms with a high content of toxic sulfates [8]. The ecological situation in the region is complicated by an unfavorable demographic situation, a low population health index, high mortality, and the spread of socially significant diseases [9]. The impact of atmospheric dust on public health is confirmed by studies in neighboring regions: in the Kyzylorda region of Kazakhstan, it was found that air pollution negatively affects the somatic and gynecological morbidity of women, which is reflected in the health of their children [10, 11].

Karakalpakstan is of particular interest, as the region's main population lives in an oasis surrounded by the Kyzylkum, Karakum, Ustyurt, and Aralkum deserts, which contributes to significant atmospheric pollution [12]. Here, a high incidence of tuberculosis, esophageal cancer, diseases of the hematopoietic system and digestive organs is registered, which is several times

higher than the average for Uzbekistan [13]. Annually in the Southern Aral Sea region, more than 15-16 thousand new cases of malignant tumors and about 10-11 thousand deaths from cancer are recorded [14]. Correlation analysis showed a dependence of respiratory morbidity growth on the concentration of sulfates in the air (average correlation coefficient 0.67) [15].

The main air pollutant is small solid particles PM2.5, a significant portion of which consists of sulfates. Their impact on health is determined by both the chemical composition and the particle size, which affects the depth of penetration into the respiratory system [1, 16]. Acidic sulfates can convert metals into soluble ions, causing the formation of reactive compounds, penetrate alveoli, activate cholesterol metabolism and oncogenic genes, and contribute to the formation of secondary organic particles and the aging of soot [17, 18].

The long-term impact of atmospheric dust on public health can be more significant than the short-term effects. Studies have shown that even with a decrease in the number of smokers, mortality from lung cancer continues to increase due to air pollution from small particles and sulfur oxide [19, 20]. In the Southern Aral Sea region, sulfate concentrations are significantly higher than permissible levels, which increases the risk of respiratory system diseases, cardiovascular and oncological pathologies [13].

The spatio-temporal dynamics of respiratory system diseases in the Southern Aral Sea region has been identified in works [21, 22]. In the disaster zone, the number of people with respiratory diseases increased from 9467 per 100,000 population in 1991 to 10744 in 2016, which is significantly higher than in the control zone (5879 per 100,000). Children and elderly people are especially sensitive to dust exposure, which is confirmed by increased chronic coughing, nasal congestion, and deterioration of respiratory function. Constant exposure to dust aerosols is associated with increased frequency of bronchial asthma and allergic reactions [22, 23].

Model calculations and observations confirmed the spatial and temporal coincidence of sulfate concentration fields with the dynamics of upper respiratory tract morbidity [24]. The high correlation coefficient (0.7) justifies the need for further research, including the isolation of a finely dispersed fraction of sulfates and the development of an analytical model of the relationship "salt removal → disease dynamics" [25]. Thus, the relevance of the research is due to the high environmental load on the region, insufficient study of the long-term consequences of dust pollution on public health, and the need to develop scientifically based preventive measures.

MATERIALS AND METHODS.

Mathematical modeling was used to analyze the long-term dynamics of atmospheric dust in the territory of Karakalpakstan, as direct observations in the region are limited. A modified Gauss model was used in Ermak's approximation, which takes into account the transfer of dust aerosols under the influence of wind regime, turbulent mixing, and vertical diffusion [26-28]. The model allowed for the calculation of spatially distributed dust concentrations in district centers and the formation of time series for the period 2011-2025, suitable for subsequent statistical analysis.

For the correct comparison of respiratory diseases, intensive indicators per 1000 population were used, which ensures comparability of data with differences in population size and density. The missing values for 2025 were restored using time series interpolation, which allowed for the preservation of data continuity and analysis accuracy.

The spatio-temporal relationship between dust levels and morbidity was studied using Pearson and Spearman correlation coefficients. The Pearson coefficient reflects the degree of linear dependence between quantitative variables and is calculated using the formula:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

It is sensitive to emissions and assumes a linear relationship and a distribution close to normal data distribution [29]. Coefficient interpretation: 0.00-0.29 - weak correlation, 0.30-0.69 -

moderate correlation, 0.70-0.89 - high correlation, 0.90-1.00 - very high correlation. The statistical significance was determined through the p-value at α = 0.05.

Spearman's coefficient assesses the monotonic dependence, resistant to emissions and seasonal fluctuations, which is important in the analysis of natural processes with irregular changes [30], which is calculated using the formula:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

where d_i — difference in observation ranks. The interpretation of values coincides with Pearson's classification, and statistical significance was verified similarly.

Using both methods increases the reliability of the analysis: Pearson identifies linear relationships, Spearman - ordered, but not necessarily linear relationships. The obtained coefficients formed time series for each district, allowing for the identification of long-term trends and spatial differences. Additionally, coefficients were mapped across the territory of Karakalpakstan to visualize districts with a stable high or low degree of communication.

Thus, the proposed methodological approach combines mathematical modeling of dust concentrations, standardization of medical statistics, use of parametric and non-parametric correlation analysis, verification of statistical significance, and spatio-temporal visualization, providing a comprehensive and reliable picture of the impact of long-term atmospheric dust on the health of the region's population.

RESULTS AND DISCUSSION.

The constructed maps of the spatial dynamics of atmospheric dust show that during the period 2011-2025, a steady increase in the concentration of dust aerosols is observed throughout the territory of Karakalpakstan (Figure 1). The most pronounced increase in air pollution was recorded in the northern and northwestern regions directly adjacent to the Aralkum Desert formation zone, reflecting the influence of intensifying deflationary processes on the dried bottom of the Aral Sea. The maximum increase in dust concentration was observed in the Kungrad district, where the values increased from 22.39 to 70.48 μg/m^3. A significant increase is also characteristic of the Shumanay district (15.84 to 43.01 μg/m^3) and the Muynak district (24.27 to 43.54 μg/m^3). A significant increase is observed in the Kanlikul and Nukus districts, where the concentration of aerosol particles increased from 14.63 to 35.13 μg/m^3 and from 13.04 to 23.92 μg/m^3, respectively.

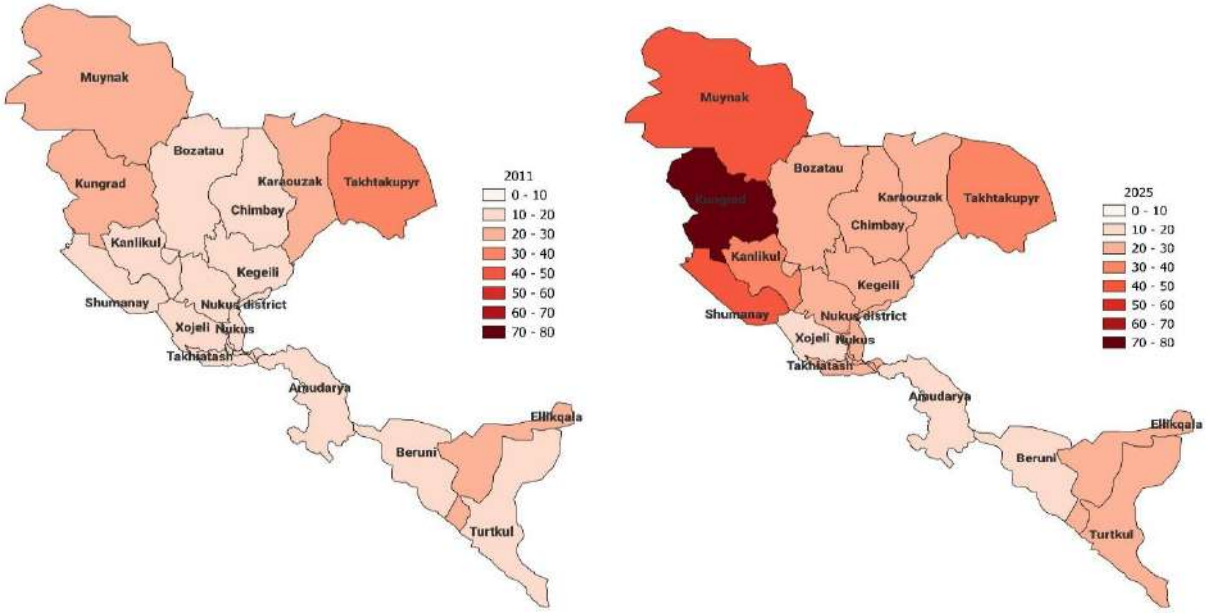


Fig.1. Map of spatial dynamics of atmospheric dust in Karakalpakstan.

Moderate increase in dust was detected in the cities of Nukus and Takhiatash, as well as in the Turtkul, Kegeili, Chimbay, Amudarya, and Beruni districts, where the growth is on average from 2.8 to 8 μg/m^3. A relatively stable situation is observed in the Ellikqala district, where the concentration changed only from 20.83 to 21.28 μg/m^3, as well as in the Takhtakupyr district, where the indicator remains practically unchanged (35.46 to 35.85 μg/m^3). Despite the differences between regions, the overall dynamics indicate a continuous increase in atmospheric dust levels throughout the Southern Aral Sea region, which corresponds to the trends previously described for the arid regions of the world.

Simultaneously with the analysis of air pollution, an assessment of the relationship between the concentration of atmospheric dust and the level of respiratory diseases among the population for the period 2011-2025 was conducted. Calculation of Pearson's (r) and Spearman's (ρ) correlation coefficients showed that the strength of the relationship differs significantly across administrative territories (Figure 2).

The highest values of correlation coefficients were found in the city of Nukus (r=0.85; ρ=0.81), which indicates a practically linear and stable monotonic relationship between dust dynamics and respiratory morbidity levels. Strongly expressed positive relationships were also found in the Shumanay (r = 0.78; ρ = 0.73), Kanlikul (r = 0.67; ρ = 0.78), Chimbay (r = 0.71; ρ = 0.71), Kegeili (r = 0.75; ρ = 0.73), and Kungrad (r = 0.70; ρ = 0.69) districts. In the listed territories, the annual fluctuations in dust concentration and morbidity levels demonstrate high consistency, indicating a significant role of the aerosol factor in the formation of respiratory morbidity.

Districts with a moderate degree of correlation include Karaouzak, Muynak, Beruni, Amudarya, Xojeli, Nukus, and Takhtakupyr districts. The values of the Pearson coefficient in these regions are approximately in the range of 0.50-0.60, while the Spearman coefficients confirm the presence of a monotonic dependence. The moderate correlation is likely explained by the combined influence of social, economic, and demographic factors, as well as local climatic conditions, which partially smooth out the direct effect of dustiness on morbidity.

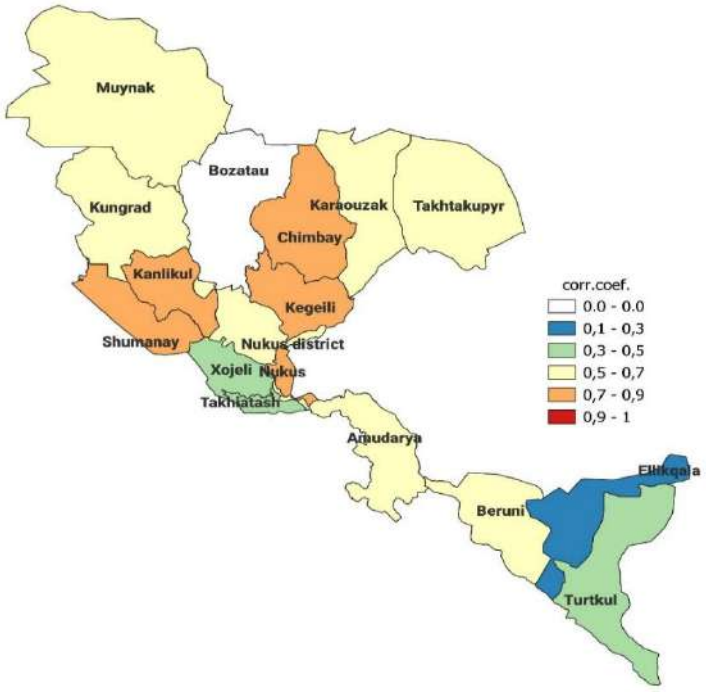


Fig.2. Spatial-temporal dynamics of correlation coefficients for atmospheric dust and respiratory diseases in Karakalpakstan for 2011-2025.

The lowest correlation values were obtained for the Ellikqala district (r = 0.20; ρ = 0.17), Turtkul district (r = 0.34; ρ = 0.18), and the city of Takhiatash (r = 0.37; ρ = 0.36). The weak expression of this relationship in these territories may be related to the peculiarities of settlement, low population density, migration movements, differences in the methodology of maintaining medical records, as well as natural factors (relative humidity, vegetation cover) that reduce the local dust load. Nevertheless, the positive values of the coefficients indicate that dust levels continue to affect health in these areas as well.

The Moynak and Kungrad districts, which are directly adjacent to the territory of the former Aral Sea, deserve special attention. Despite high dust values, the correlation coefficients here are moderate (Muynak: r=0.51; ρ=0.59; Kungrad: r=0.7; p=0.69). With relatively high dust load in these areas, the association with morbidity is moderate (Muynak) or high (Kungrad), which may reflect differences in demographic structure, migration processes, and access to medical care.

It should be noted that no analysis was conducted for the Bozatau district, as the administrative unit was formed only in 2023, and there is no retrospective statistical data for previous years. This makes it impossible to correctly compare the dynamics of dustiness and morbidity.

Overall, the analysis shows that the territory of Karakalpakstan is characterized by a clearly expressed spatial differentiation in the strength of the relationship between the concentration of atmospheric dust and respiratory diseases. The highest dependence is recorded in the central and western regions, and the lowest in the southern and some eastern territories. Comparison of Pearson and Spearman coefficients shows that the relationship is stable, positive, and unidirectional in all regions. This confirms the significance of atmospheric dust as one of the key risk factors for the health of the population of the Southern Aral Sea region (Figure 2). The obtained results are consistent with international studies, which once again emphasizes the universality of the identified patterns and the relevance of the problem of dust exposure in arid regions.

Conclusion. The conducted research allowed us to establish the spatio-temporal characteristics of atmospheric dust in Karakalpakstan and its influence on respiratory diseases of the population for 2011-2025. Mathematical modeling using the modified Yermak model revealed a steady increase in dust aerosol concentrations across most of the region, particularly in the northern and northwestern regions adjacent to the Aralkum zone.

Correlation analysis showed a positive and statistically significant correlation between dust levels and respiratory diseases. The highest values of Pearson and Spearman coefficients were found in the city of Nukus, Shumanay, Kanlikul, Chimbay, and Kegeili districts. Weaker connections have been identified in the southern and eastern regions, which is related to a complex of natural-climatic and socio-demographic factors.

The overall result of the study is the establishment of a pronounced territorial differentiation of the impact of atmospheric dust on public health. The positive values of the coefficients in all regions confirm the systemic nature of the impact of dust aerosols on respiratory diseases. The obtained data can serve as a scientific basis for further refining the mechanisms of fine-disperse particle impact and developing regional preventive measures and early prediction of adverse dust events.

REFERENCES

1. Zhang, Q., et al. (2023). Wintertime formation of large sulfate particles in China and implications for human health. *Environmental Science & Technology*, 57(48), 20010–20023.
2. Dedoussi, I. C., et al. (2020). Premature mortality related to United States cross-state air pollution. *Nature*, 578(7794), 261–265.

3. Bozlaker, A., et al. (2013). Quantifying the contribution of long-range Saharan dust transport on particulate matter concentrations in Houston, Texas, using detailed elemental analysis. *Environmental Science & Technology*, 47(18), 10179–10187.

4. Sanchez de la Campa, A., et al. (2013). Chemical and microbiological characterization of atmospheric particulate matter during an intense African dust event in Southern Spain. *Environmental Science & Technology*, 47(8), 3630–3638.

5. Wu, Y., et al. (2021). Sand and dust storms in Asia: A call for global cooperation on climate change. *The Lancet Planetary Health*, 5(6), e329–e330.

6. Rashki, A., et al. (2015). Dust-storm dynamics over Sistan region, Iran: Seasonality, transport characteristics and affected areas. *Aeolian Research*, 16, 35–48.

7. Aghababaeian, H., et al. (2021). Global health impacts of dust storms: A systematic review. *Environmental Health Insights*, 15, 11786302211018390.

8. Tleumuratova, B., Urazimbetova, E., & Statov, V. (2024). Multiyear dynamics of the Aral Sea desiccation impact on the Southern Priaralie climate. *BIO Web of Conferences*, 130, 03004.

9. Mukasheva, B. G. (2015). Influence of climate on the health of the Aral Sea region population. *Gigiena truda i meditsinskaya ekologiya*, (4[49]), 20–30.

10. Abitaev, D. S., Tatkeev, T. A., Rakhimbekov, M. S., Attshabarova, S. S., & Rahmetullaev, B. B. (2014). Complex influence of environmental factors on public health of the Aral Sea region. *Gigiena truda i meditsinskaya ekologiya*, (1), 13–18.

11. Mazhitova, Z. Kh., Seysebayeva, R. Zh., & Umbetova, L. Zh. (2005). New respiratory diseases in children living in conditions of air pollution by dust-salt particles. [Publication information not provided].

12. Urazimbetova, E., & Tleumuratova, B. (2025). Dust migration from expanding deserts near Amudarya: Modeling and assessment. *E3S Web of Conferences*, 646, 00013.

13. Tleumuratova, B. S., et al. (2025). Possibility of the project "Modelling the connection of oncological disease dynamics in the Southern Aral region with the concentration of sulfates from the dried bottom of the Aral sea. *Universum: Tekhnicheskiye nauki*, 1(9[138]), 42–46.

14. Veysov, S. K., Karibaeva, K. N., Nikolaev, N. V., Bekmukhamedov, N. E., & Isakhodzhaev, R. S. (2021). Situational analysis: Sand and dust storms in Central Asia. In *Regional approaches to combating sand and dust storms and drought in Central Asia* (pp. 1–78). Almaty.

15. Tleumuratova, B. S., Mambetullaeva, S. M., & Mustafaeva, R. (2015). Modeling of salt removal from the dried Aral Sea bed and its consequences. *Evraziyskoye nauchnoye ob’edinenie*, 3(10), 238–242.

16. Meng, X., et al. (2023). A satellite-driven model to estimate long-term particulate sulfate levels and attributable mortality burden in China. *Environment International*, 171, 107740.

17. Rubasinghege, G., et al. (2010). Simulated atmospheric processing of iron oxyhydroxide minerals at low pH: Roles of particle size and acid anion in iron dissolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(15), 6628–6633.

18. Schwartz, J., & Lepeule, J. (2012). Is ambient PM2.5 sulfate harmful? Schwartz and Lepeule respond. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), a454–a455.

19. Pope, C. A. III, & Dockery, D. W. (1999). Epidemiology of particle effects. In *Air pollution and health* (pp. 673–705). Academic Press.

20. Pope, C. A. III, et al. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*, 287(9), 1132–1141.

21. Anchita, et al. (2021). Health impact of drying Aral Sea: One Health and socio-economical approach. *Water*, 13(22), 3196.

22. Kunii, O., et al. (2003). Respiratory symptoms and pulmonary function among school-age children in the Aral Sea region. *Archives of Environmental Health*, 58(11), 676–682.
23. Tleumuratova, B. S., Mambetullaeva, S. M., & Kudaibergenova, U. K. (2014). Study of the relationship between atmospheric pollution and the increase in morbidity in the Southern Aral Sea region. *Vestnik KKO AN RU*, (3), 45–49.
24. Tleumuratova, B. S., & Mambetullaeva, S. M. (2017). Study of the relationship between atmospheric pollution and health morbidity growth in the Southern Aral Sea region. In *Applied aspects of geology, geophysics and geoecology using modern information technologies* (pp. 193–194).
25. Tleumuratova, B. S. (2018). *Mathematical modeling of ecosystem transformation impacts on soil-climatic conditions in the Southern Aral Sea region* (Doctoral dissertation). Tashkent.
26. Ermak, D. L. (1977). An analytical model for air pollutant transport and deposition from a point source. *Atmospheric Environment*, 11(3), 231–237.
27. Urazimbetova, E. P. (2024). Modeling of dust containment in the atmosphere of Karakalpakstan in the Kyzylkum desert. *Ekonomika i sotsium*, 4–1(119), 1126–1131.
28. Urazimbetova, E. (2024). Modelling the dust content of the atmosphere of Karakalpakstan soil aerosol from deserts. *Universum: Tekhnicheskiye nauki*, 8(5[122]), 51–56.
29. Lee Rodgers, J., & Nicewander, W. A. (1988). Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *The American Statistician*, 42(1), 59–66.
30. Hauke, J., & Kossowski, T. (2011). Comparison of values of Pearson’s and Spearman’s correlation coefficients on the same sets of data. *Quaestiones Geographicae*, 30(2), 87–93.

THE IMPORTANCE OF WEATHER-BASED IRRIGATION ADVISORY SERVICE: TECHNICAL BACKGROUND AND ECONOMIC PERSPECTIVES

Sherzod Babakholov [1,2], Oyture Anarbekov[1], Shinan Kassam[1], Jamshid Xamroyev[1], Botir Khaitov[1], Azizjon Rasulov[1]
[1] Caritas Switzerland, Uzbekistan Country Office, Samarkand, Uzbekistan
[2] Samarkand Agroinnovations and Research University (SaARU), Samarkand, Uzbekistan
* Corresponding author: Babakholov Sherzod (sherzod311377@gmail.com)

Abstract. This study provides a comprehensive overview of the technical framework, experimental methodology, and key findings from the 2025 spring cropping season demonstration of the Weather-Based Irrigation Advisory Service implemented in the Samarkand region of Uzbekistan. The study systematically assesses the performance of climate-responsive irrigation scheduling by examining multiple dimensions of agricultural productivity and resource-use efficiency under field conditions. Specifically, the research evaluates water savings, total crop yield, yield components, yield structure, and crop water productivity across four distinct irrigation treatments. These treatments were designed to compare conventional farmer-managed irrigation practices with progressively advanced weather-based irrigation strategies, allowing for a detailed assessment of both agronomic and hydrological outcomes. The analysis highlights not only the efficiency gains achieved through digital irrigation advisory systems, but also the practical trade-offs between maximizing yield and minimizing water consumption under conditions of increasing water scarcity.

Keywods: Weather-based, advisory service, irrigation, agriculture, water, efficiency

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekistonning Samarqand viloyatida joriy etilgan Ob-havo asosida sug‘orish bo‘yicha maslahat xizmati doirasida 2025-yil bahorgi ekin mavsumida o‘tkazilgan tajribalarining texnik asoslari, eksperiment metodologiyasi va asosiy natijalari har tomonlama bayon etilgan. Tadqiqotda dala sharoitida qishloq xo‘jaligi mahsuldorligi va resurslardan foydalanish samaradorligining turli jihatlarini tahlil qilish orqali iqlimga moslashuvchan sug‘orish jadvali samaradorligi tizimli ravishda baholanadi. Xususan, tadqiqotda to‘rtta turli sug‘orish variantlari bo‘yicha suv tejalishi, ekinlarning umumiy hosildorligi, hosil komponentlari, hosil tuzilishi hamda ekinlarning suv mahsuldorligi baholangan. Ushbu variantlar fermerlar tomonidan an’anaviy boshqariladigan sug‘orish amaliyotlari bilan ob-havo ma’lumotlariga asoslangan tobora ilg‘or sug‘orish strategiyalarini taqqoslash maqsadida ishlab chiqilgan bo‘lib, bu agronomik va gidrologik natijalarni batafsil baholash imkonini berdi. Tahlil natijalari nafaqat raqamli sug‘orish bo‘yicha maslahat tizimlari orqali erishilgan samaradorlik oshishini, balki suv tanqisligi kuchayib borayotgan sharoitda hosildorlikni maksimal darajada oshirish va suv sarfini minimallashtirish o‘rtasidagi amaliy muvozanatlarni ham yoritib beradi.

Kalit so‘zlar: ob-havo asosidagi, maslahat xizmati, sug‘orish, qishloq xo‘jaligi, suv, samaradorlik

Аннотация. В данном статей представлена всесторонняя характеристика технической схемы, экспериментальной методологии и основных результатов демонстрационных испытаний сервиса рекомендаций по орошению на основе погодных данных, проведённых в весенний посевной кампании 2025 года в Самаркандской области Узбекистана. В исследовании систематически оценивается эффективность климатически адаптивного графика орошения путём анализа различных аспектов сельскохозяйственной продуктивности и эффективности использования ресурсов в полевых условиях. В частности, оцениваются водосбережение, общая урожайность культур, её компоненты и структура, а также водопродуктивность культур в четырёх различных вариантах орошения. Эти варианты были разработаны для сравнения традиционных фермерских практик управления орошением с прогрессивно более продвинутыми стратегиями орошения на основе погодных условий, что позволило провести детальную оценку как агрономических, так и гидрологических результатов. Анализ подчёркивает не только повышение эффективности, достигнутое за счёт цифровых систем консультирования по орошению, но и практические компромиссы между максимизацией урожайности и минимизацией водопотребления в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов.

Ключевые слова: погодное регулирование, консультационный сервис, орошение, сельское хозяйство, вода, эффективность

1. Introduction

Shortage of water resources is considered as one of 21th century’s global challenge and already posed adverse consequences to livelihood of world society. As water getting scarce due to several factors like climate change and rapid progress in industrialization, the demand for drinking water increased by 8 folds through the past 60 years globally (Wang et al., 2020). Observed climate change consequences and frequent droughts have already negatively impacted on water balance and agricultural production in the countries of Central Asia (Babakholov et al., 2024). Water resources and water management are of central importance at the present time in Central Asia, where a large part of the population still relies on heavily irrigated agriculture and animal husbandry (Xenarios et al., 2020).

Climate change, increased water demand and over-extraction of ground water intensified the water crisis in Central Asia, particularly in arid countries like Uzbekistan. Uzbekistan is one of the most climate and water stressed country, while agricultural sector is one of main contributor to national GDP and heavily dependent on water sources from neighboring countries (Babakholov et

al., 2024; Wang et al., 2022). Only, 10% water sources originate inside the country and more than 80% water resources comes through the transboundary rivers, while it makes water security heavily dependent on regional cooperation with neighboring countries. Amu Darya, Syr Darya and Zarafshan Rivers are the main sources for water provision and originated outside the border of country.

There have been taken several reforms and policy implications in order to improve water use efficiency and better management within the past decades. In results, nearly 50 thousand hectares of arable land of the country have been irrigated by different irrigation technologies in total, of which more than 13 thousand hectares by drip irrigation, 18 thousand hectares with black plastic film and about 17 hectares have been irrigated with portable flexible pipes instead of traditional ditches (Isaev et al., 2020; Kulmatov et al., 2020). Despite the reforms and ongoing progress on technology adoption in agricultural production and water use, the coverage and the number of farmers using water-saving technologies and techniques is still remaining relatively less than the real shape of water issues in the country. Meanwhile, modern irrigation practices and techniques like sensor-based and weather-based scheduling is less used by the farmers on their agricultural performances across the country. Whereas, farmers are able to be more precise on irrigation norms with modern approaches and it also enables to use water more effectively on farming activities. More in deatail, weather-based irrigation systems optimize water use by integrating real-time weather data, crop requirements, and soil moisture parameters to recommend precise irrigation schedules.

There is broad literature on impact assessment of irrigation methods, techniques and technologies on crop yield and water use efficency using different approaches worldwide. For instance, as per findings of Isaev et al., (2021), highest economic efficiency was achieved under the application of water-saving technologies on cotton cultivation in Uzbekistan. Another previous research findings indicating that, farmers can significantly improve their production efficiency by using water-saving technologies (Xiankai Lei et al., 2024). In Uzbekistan where water scarcity poses a major challenge to agricultural productivity such technologies hold particular significance. Therefore, this study aimed to analyze the performance of weather-based irrigation on water savings, crop yields, water productivity, and yield structure under four irrigation treatments during the 2025 spring cropping season.

Furthermore, the study contributes to a broader understanding of how data-driven irrigation management can support climate-smart agriculture in arid and semi-arid regions. By quantifying the impacts of weather-based irrigation on yield quantity and quality, as well as on water-use efficiency, the report offers evidence-based insights for policymakers, extension services, and farming communities. These findings are particularly relevant for regions facing mounting pressure on water resources, demonstrating the potential of digital advisory services to improve the sustainability, resilience, and economic viability of irrigated crop production systems.

2. Methodolgy

2.1 Technical background

Improving water-use efficiency has become a central priority in modern agricultural systems, particularly in regions experiencing severe and recurrent water scarcity. Despite growing global awareness of sustainable water management, the majority of agricultural producers—especially individual farmers and small household farms in developing countries—continue to rely primarily on conventional irrigation methods such as surface and furrow irrigation. These practices, while simple and low-cost to implement, are generally characterized by low application efficiency, high water losses through evaporation, seepage, and deep percolation, and limited control over irrigation timing and volumes. In contrast, water-saving technologies such as drip and

sprinkler irrigation, as well as weather- and sensor-based irrigation systems, remain underutilized due to financial, technical, and institutional constraints.

As a result, irrigation water consumption in many developing countries is often significantly higher than in countries operating under comparable agro-climatic conditions but with more advanced irrigation technologies and management practices. Excessive water use not only puts additional pressure on already stressed water resources but also leads to increased energy and labor costs, soil degradation risks (such as salinization and waterlogging), and greater production instability. These inefficiencies frequently translate into higher production costs and more variable crop performance, thereby increasing economic vulnerability for farming households.

Within this context, it is essential to clarify both the technical foundations and the broader importance of weather-based irrigation advisory services, as well as their potential benefits for agricultural production from social and economic perspectives. Such systems represent a key component of climate-smart agriculture, enabling farmers to make data-driven decisions that balance productivity with long-term resource sustainability.

A weather-based irrigation advisory system consists of an integrated set of hardware and software components operating through predefined algorithms and real-time data processing. A typical system includes an on-site or nearby weather station for collecting climatic data (temperature, humidity, rainfall, wind speed, and solar radiation), a server or cloud-based platform for data storage and analysis, and a digital communication interface such as a mobile or social application bot that delivers irrigation recommendations and allows for user interaction. Field-level devices such as water flow meters or counters provide real-time feedback on actual water application, while farmers and irrigation operators remain central actors responsible for implementation, monitoring, and adaptive management of irrigation practices.

Through timely, location-specific, and scientifically grounded recommendations, farmers can improve crop yields, reduce unnecessary water use, lower energy consumption, and enhance overall production efficiency. In addition to irrigation scheduling, weather-based advisory services can provide a broad range of complementary support functions, including frost and extreme-weather alerts to minimize weather-related crop damage, soil and air temperature monitoring to identify optimal sowing windows, and early warnings for heat or drought stress. Collectively, these services contribute to greater stability of agricultural production, increased farm profitability, and improved resilience of farming systems under changing climatic conditions.

2.2 Study area and Crop details

Zarafshan river basin is one of strategic place of the country, where ¼ of the total population is living in the condition of irrigated agriculture and well developed industry (Babakholov et el., 2024). Climate change threats, irrational use of water resources as well as poor and unstable water management system worsened the irrigation water availability in the territories of the basin. Meanwhile, natural water deficit per square meter were also witnessed within the past decades in the region, where thus intensifies the necessity and urgency of the adoption of water-saving technologies. Field experiments were conducted in Samarkand region which lies in the main body of Zarafshan River Basin. Samarkand region is located in the upstream part of the river and considered as main user of irrigattion water, while irrigated agriculture is well developed (Muratov et al., 2024).

Field experiments were allocated in demonstration side of Samarkand agroinnovations and research university on the basis of mutual signed memorandum of understanding (MOU) since the beginning of the project. Both parties were agreed to conduct joint research activities following the mutual benificial terms of references. The allocation map and descriptive info of the side is shown in figure 1.



Figure 1. The map of Weather-based Irrigation Advisory Service Demonstration Plots.
Source: Author’s completion using earth google. https://earth.google.com/web/

In total, 1 hectare of arable land was allocated for the field experiment and devided into 4 plots by 0.25 ha each. Potato was chosen as main crop for cultivation and grown in 4 different treatment plots under different irrigation and cropping scheme. The detailed characteristics of each plot is as follows:

- Control (C) – is the plot (0.25 ha) allocated for potato growing with conventional irrigation method with an annual potato-potato cultivation scheduling;
- Treatment 1 (T1) – is the plot (0.25 ha) allocated for potato growing with weather-based irrigation with an annual potato-potato cultivation scheduling;
- Treatment 2 (T2) – is the plot (0.25 ha) allocated for potato growing with weather-based irrigation with a seasonal potato-legume cultivation scheduling;
- Treatment 3 (T3) – is the plot (0.25 ha) allocated for potato growing with weather-based irrigation with a seasonal potato-legume cultivation scheduling and used drip irrigation;

The application of production resources such the amount of seed, organic and chemical fertilizers, labor as well as total costs spend from land preparation to harvesting including weather station, water counter and drip irrigation equipements were the same to each plot. While, water use efficiency, yield performance and crop water productivity indicators were experimented and analyzed by following spring cropping season in Samarkand region of Zarafshan River Basin.

3. Results and Discussions

The main purpose of the field experiment is to analyze the overall efficiency and economic perspectives of the application of water-saving technologies on farming performances. More spesificly, particular attention was focused on the exploring the water saving, crop yield, yield structure and water productivity impacts of weather-based irrigation advisory system.

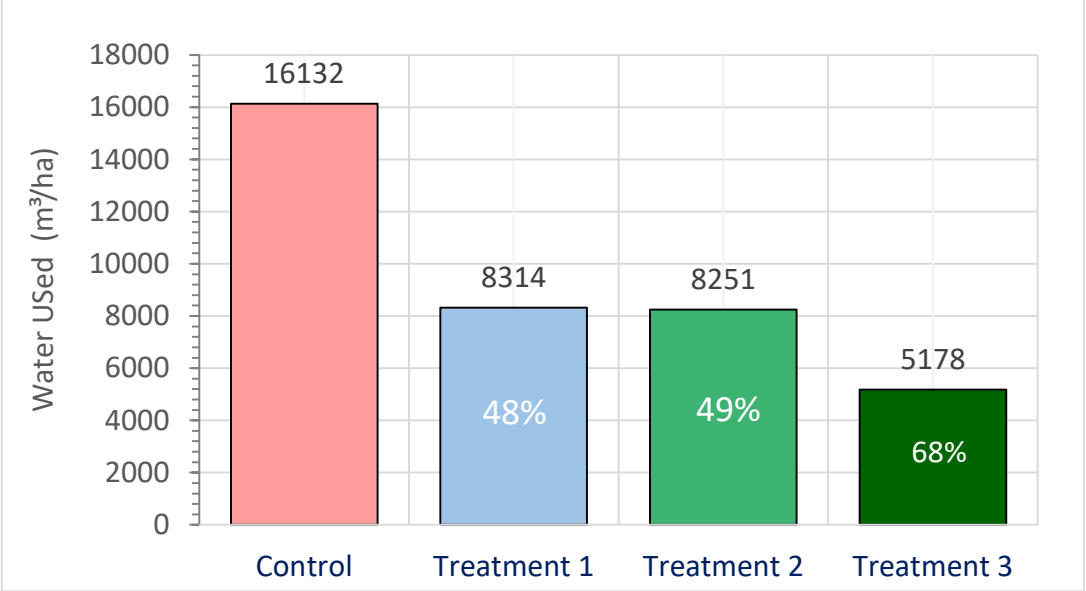


Figure 2. Water used for irrigaiton by demonstration plots
Source: Author’s completion based on experiment results

As we can see the results’ indicators from the table, there is significantly saved water amount under the different treatments comparing to control. More spesificly, findings revealed that Treatments T1–T3 reduced total water consumpti on by 48%, 49%, and 68%, respectively, compared to the control. While, implyin g that farmers can save water for irrigation and use it to grow another cash crops on their performance.

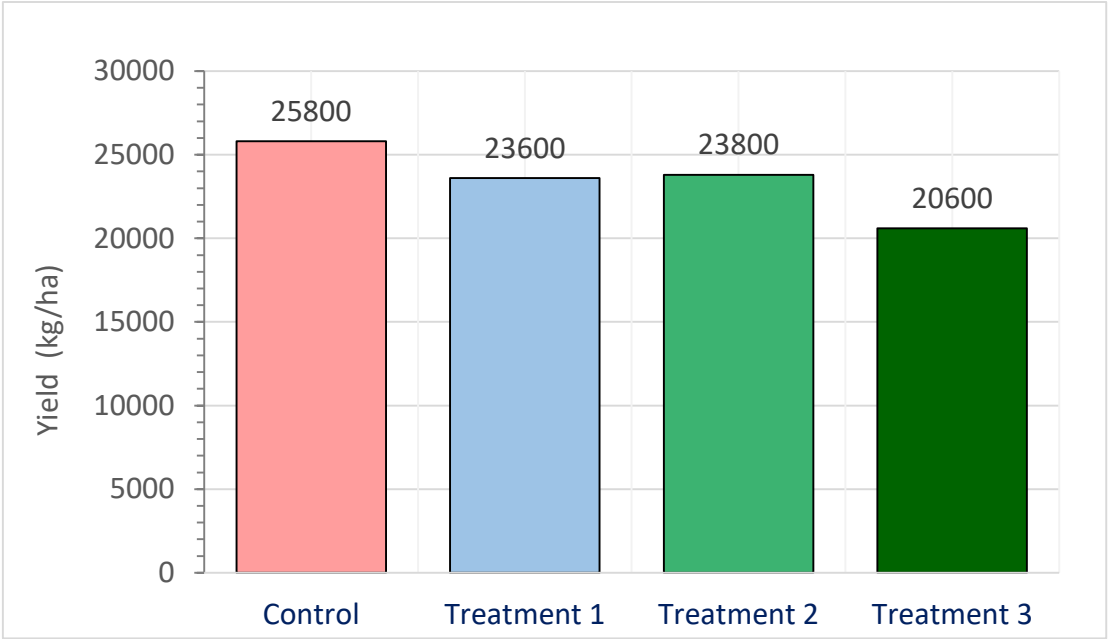


Figure 3. Potato yield by demonstration plots
Source: Author’s completion based on experiment results

Figure 3 presents the potato yield by each demonstration plots. Accordingly, T1 and T2 showed modest yield declines of approximately 8%. While, T3 experienced a greater reduction of around 20% compared to the control.

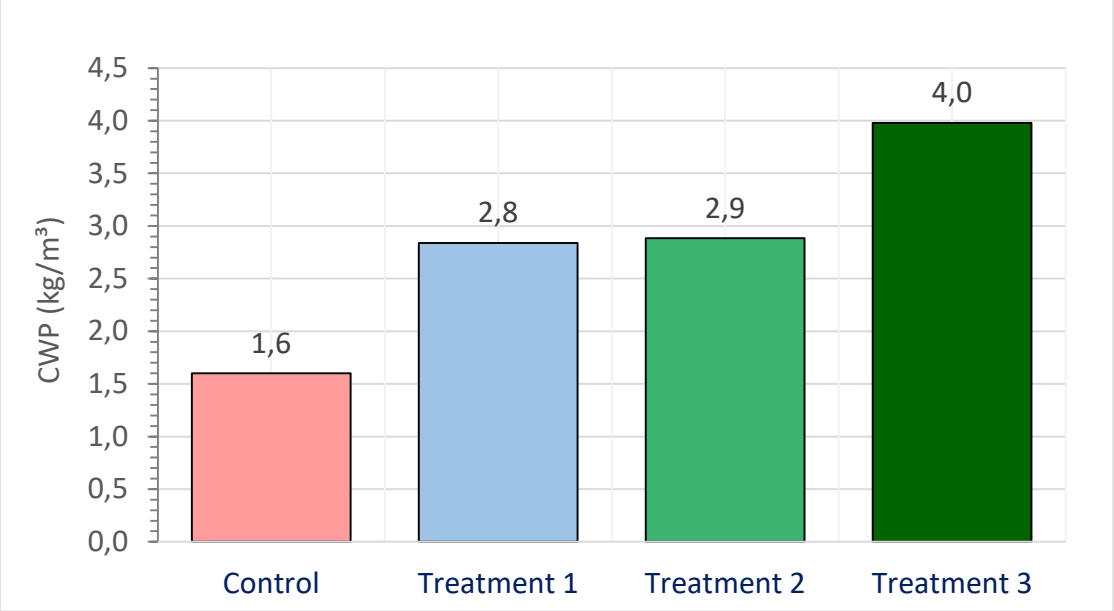


Figure 4. Crop Water Productivity by Demonstration Plots
Source: Author’s completion based on experiment results

Furthermore, Figure 4 illustrates crop water productivity across all demonstration plots, highlighting clear differences among the tested irrigation strategies. In particular, weather-based irrigation scheduling significantly enhanced crop water productivity compared to conventional farmer-led practices. Treatment 3 demonstrated the highest efficiency, reaching nearly 4 kg/m³, which represents almost a two-fold improvement relative to traditional irrigation methods. This substantial increase indicates that real-time, climate-responsive irrigation decisions can optimize the conversion of water inputs into marketable yield.

Beyond water productivity, weather-based irrigation treatments also influenced tuber size distribution. The share of medium-sized potatoes (50–80 g) increased notably under these treatments, a size category that is highly preferred for both commercial markets and seed potato production due to its uniformity and improved storage characteristics. This shift suggests that improved soil moisture regulation not only affects total yield but also enhances crop quality and market suitability.

The results further reveal that weather-based irrigation has strong potential to reduce overall water consumption while maintaining economically acceptable yield levels. Although some yield reductions were recorded across all experimental treatments, the trade-off between yield and water savings was highly favorable. This was especially evident in Treatment 3, where the integration of drip irrigation and crop rotation practices worked synergistically with the digital advisory system, leading to superior water use efficiency and more stable crop performance. Overall, these findings underline the considerable potential of digital, weather-informed irrigation advisory tools to strengthen agricultural resilience in water-scarce environments. However, successful large-scale implementation depends not only on technological availability but also on farmer access to training, extension services, and institutional support systems that can facilitate the effective adoption of precision irrigation practices.

4. Conclusion and Recommendations

The Weather-Based Irrigation Advisory Service demonstrated high effectiveness in improving irrigation efficiency, achieving water-use reductions of nearly half or more compared with conventional irrigation practices. Although modest reductions in total crop yield were

observed, the marked improvements in water productivity indicate that weather-informed irrigation represents a highly viable strategy for sustainable agricultural intensification in Uzbekistan. These findings suggest that optimizing irrigation timing and application volumes based on real-time climatic data allows farmers to maintain economically acceptable production levels while substantially reducing pressure on increasingly scarce water resources.

The positive outcomes of this study provide a strong empirical basis for the broader adoption of weather-based irrigation practices, particularly in water-stressed agricultural zones. Scaling up these systems at regional and national levels could play a critical role in improving water governance, strengthening food security, and enhancing the resilience of farming systems to climate variability. To maximize the impact of such technologies, their implementation should be combined with complementary on-farm practices, especially the integration of drip irrigation systems and crop rotation strategies, which together can further improve soil health, nutrient-use efficiency, and long-term productivity.

Capacity building among farmers is also essential for the successful deployment of digital irrigation advisory services. Structured training programs should focus on improving farmers' digital literacy, understanding of water-use monitoring, and practical skills in interpreting and applying advisory recommendations. Strengthening local extension services and farmer-to-farmer knowledge-sharing mechanisms can accelerate technology adoption and ensure more consistent application in practice.

In parallel, investments in data infrastructure are required to support real-time weather and soil moisture monitoring. Expanding the network of automated weather stations, enhancing connectivity, and improving cloud-based data processing capacities will increase the accuracy and reliability of advisory outputs. Overall, a coordinated approach that combines technological innovation, institutional support, and farmer empowerment is essential to fully realize the benefits of weather-based irrigation advisory services and to advance sustainable agricultural development in Uzbekistan.

Acknowledgements. This research was carried out with financial support from the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), Government of Switzerland, under the *Climate-Resilient Integrated Water Resources Management in the Zarafshan River Basin (CR-IWRM ZRB) Project* implemented in Uzbekistan. The authors sincerely thank SDC for supporting applied research and knowledge generation in the field of climate-resilient water resources management.

References

1. Wang, X., Xiao, X., Zou, Z., Dong, J., Qin, Y., Doughty, R. B., ... & Li, B. (2020). Gainers and losers of surface and terrestrial water resources in China during 1989–2016. Nature communications, 11(1), 3471.
2. Xenarios, S., Assubayeva, A., Xie, L., Sehring, J., Amirkhanov, D., Sultanov, A., & Fazli, S. (2020). A bibliometric review of the water security concept in Central Asia. Environmental Research Letters, 16(1), 013001.
3. Wang, X., Chen, Y., Fang, G., Li, Z., & Liu, Y. (2022). The growing water crisis in Central Asia and the driving forces behind it. Journal of Cleaner Production, 378, 134574.
4. Lei, X., & Yang, D. (2024). Research on the impact of water-saving technologies on the agricultural production efficiency of high-quality farmers------taking Jiangxi province and Guangdong province in China as examples. Frontiers in Environmental Science, 12, 1355579.
5. Isaev, S., Mambetnazarov, A., Khalmuratova, B., Goziev, G., & Ashirov, Y. (2022, July). Efficiency of appropriate irrigation system of cotton and winter wheat in water scarce

conditions of Uzbekistan. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1068, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.
6. Kulmatov, R., Mirzaev, J., Abuduwaili, J., & Karimov, B. (2020). Challenges for the sustainable use of water and land resources under a changing climate and increasing salinization in the Jizzakh irrigation zone of Uzbekistan. Journal of Arid Land, 12(1), 90-103.
7. Muratov, S., Hasanov, S., Kalandarov, R., Pardaev, K., & Saydullayeva, F. BIBLIOGRAPHY THE ROLE OF INNOVATIONS IN THE ACTIVITIES OF TOMORKA FARMS IN SAMARKAND REGION. Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги, 135.
8. Babakholov, S., & Hasanov, S. (2024). Perceptions towards climate change, water scarcity and adaptation strategies: Case of the Zerafshan River Basin in Uzbekistan. Italian Review of Agricultural Economics (REA), 79(2), 19-33.

ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО КАЧЕСТВУ ПЫЛЬЦЫ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Ёдгорова Дилфуза Шавкатовна
профессор Национального Университета имени Мирзо Улугбека

Аннотация. В статье приведены результаты изучения жизнеспособности пыльцы некоторых плодовых деревьев под воздействием техногенного загрязнения окружающей среды. Определение качество пыльцы растений, вступающих в фазу плодоношения, позволяют судить об их репродуктивных особенностях и адаптации к условиям произрастания. В статье рассмотрено влияние техногенного загрязнения на изучаемые виды, проведено экологическое сравнение накопления тяжелых металлов в растениях в загрязненной и относительно запыленной среде. Научные данные были всесторонне проанализированы, в работе представлена новая информация для биомониторинга и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: биоиндикация, древесные растения, индикатор, стерильная пыльца, морфология, токсичные вещества, тяжёлые металлы, фертильная пыльца, экологический мониторинг.

Abstract. The article presents the results of a study of the viability of pollen of some fruit trees under the influence of technogenic environmental pollution. Determining the quality of pollen of plants entering the fruiting phase allows us to judge their reproductive characteristics and adaptation to growing conditions. The article examines the influence of technogenic pollution on the species under study, and carries out an ecological comparison of the accumulation of heavy metals in plants in polluted and relatively dusty environments. Scientific data were comprehensively analyzed, and new information for biomonitoring and environmental protection was presented in the work.

Key words: bioindication, woody plants, indicator, sterile pollen, morphology, toxic substances, heavy metals, fertile pollen, environmental monitoring.

Annotatsiya. Maqolada atrof-muhitning texnogen ifloslanishi ta'sirida ba'zi mevali daraxtlar gulchanglarining hayotiyligini o'rganish natijalari keltirilgan. Meva berish bosqichiga kiradigan o'simliklar gulchanglarining sifatini aniqlash ularning reproduktiv xususiyatlarini va o'sish sharoitlariga moslashishini baholashga imkon beradi. Maqolada texnogen ifloslanishning

o'rganilayotgan turlarga ta'siri ko'rib chiqiladi va ifloslangan va nisbatan changli muhitda o'simliklarda og'ir metallarning to'planishini ekologik jihatdan taqqoslash amalga oshiriladi. Ishda ilmiy ma'lumotlar har tomonlama tahlil qilindi, biomonitoring va atrof-muhitni muhofaza qilish bo'yicha yangi ma'lumotlar taqdim etildi.

Kalit so'zlar: bioindikatsiya, yog'ochli o'simliklar, indikator, steril gulchanglar, morfologiya, zaharli moddalar, og'ir metallar, unumdor gulchanglar, atrof-muhit monitoringi.

Введение. Загрязнение окружающей среды, безусловно, негативно воздействует на животных, растения и человека. Однако в первую очередь на изменения окружающей среды реагируют растения. Они более чувствительны к переменам условий обитания. Они отвечают реакциями, которые проявляются в различных морфологических, морфометрических, фенотипических проявлениях изменчивости признаков вегетативных и генеративных органов. В последнее время уделяется большое внимание изучению влияния загрязнения на вегетативные органы растений [1].

В связи с этим очень важно правильно подбирать ассортимент растений, устойчивых к загрязнению, в том числе промышленного и городского загрязнения. Проблема устойчивости растений к различным типам загрязнения в последние два-три десятилетия интересовала многих ученых стран СНГ, так и зарубежных. В многочисленных работах обобщены экспериментальные материалы по механизму действия сернистого газа и других токсикантов на растения и показана роль биологических, анатомо-морфологических, физиолого-биохимических и биофизических особенностей растений в устойчивости к загрязнителям [2,3,4].

Однако работы, проводимые по отдельным видам природных сред, в том числе и по плодовым деревьям-отрывочные, они не связаны воедино по всей экологической цепи и не дают картину в целом, даже по отдельным участкам исследования. Кроме того, важной проблемой является установление порога токсикологического воздействия и определение взаимосвязи дозы токсиканта и ответной нормы реакции растительного организма, в частности плодовых деревьев, которые составляют ежедневный рацион питания местного населения [5].

Целью наших исследований являлось сравнительное изучение степени чувствительности некоторых сортов плодовых деревьев к загрязнению городских экосистем тяжелыми металлами на основе комплексно-системного анализа биологических, морфологических и физиологических показателей. Для выполнения данной работы нами были определены следующие задачи:

-провести наблюдения некоторых сортов плодовых деревьев, произрастающих в условиях различных по степени загрязнения городских биотопов;

- исследовать биологические показатели пыльцы;
- выделить наиболее репрезентативные параметры в качестве фитоиндикаторов состояния окружающей среды загрязненных городских экосистемах.

Методология исследования. Материалом исследований нами были выбраны 5 видов широко распространенных плодовых деревьев произрастающих в условиях различных по степени загрязнения городских биотопов: Абрикос обыкновенный (Armeniaca vulgaris Lam., сем. Rosaceae, сорт Супхани); Айва (Cydonia oblonga Mill., сем. Rosaceae, сорт Консервная); Вишня обыкновенная (Cerasus vulgaris Mill., сем. Rosaceae, сорт Самаркандская); Орех грецкий (Juglans regia L, сем. Juglandaceae, сорт Тонкоскорлупый); Яблоня домашняя (Malus domestica Borkh., сем. Rosaceae, сорт Ренет Симиренко).

Подготовку растительных образцов для исследования осуществляли по общепринятым цитоэмбриологическим методикам. Сбор материала для изучения пыльцы

производили в период массового цветения растений. Бутоны собирали накануне дня цветения с ветвей среднего яруса. Пыльники для цитологического анализа фиксировали по Карнуа, изготовляли давленые ацетокарминовые препараты методом ацетокарминовых мазков. Измерение пыльцы осуществляли под микроскопом МБИ-3 с помощью окуляр микрометра. Пылинки зарисовывали при помощи рисовального аппарата, затем производили измерение и математическую обработку полученных данных. Методика извлечения тяжелых металлов (свинец, медь) из почвы, из плодов, из корней в виде солей азотной кислоты и определении их методом атомной абсорбции.

Статистическая обработка фактического материала проведена с использованием общепринятых критериев. При расчете и анализе данных использовалась соответствующее программное обеспечение по обработке статистических данных (Microsoft Excel).

Анализ и результаты. Одним из методов оценки воздействия промышленных выбросов и выхлопных газов на наземную растительность является анатомо-цитологический.

Внутренняя структура генеративных органов растительного организма принадлежит к наиболее консервативным, поскольку генеративные органы значительно менее изменчивы по сравнению с вегетативными. Исключением являются процессы микроспорогенеза, гаметогенеза и прорастания пыльцы. Эти этапы развития чувствительны к изменениям условий окружающей среды. Показателем неблагоприятного воздействия являются нарушение правильного хода мейоза в пыльниках, увеличение количества стерильной пыльцы, изменение размеров пыльцевых зерен, жизнеспособность пыльцы. Процессы образования микроспор и прорастания пыльцы весьма чувствительны к действию химических и физических факторов. Однако влияние промышленных эмиссий на формирование пыльцы, ее состояние и возможности использования для оценки загрязнения среды, в частности тяжелыми металлами, изучено недостаточно. Исследование этого вопроса позволит ближе подойти к пониманию процессов генеративного развития и семенной продуктивности древесных и культурных растений в условиях загрязнения среды.

В нашей работе представлены результаты изучения воздействия загрязнения среды тяжелыми металлами (медь и свинец) на морфологию пыльцы ряда плодовых деревьев. Нами установлено, что при обычных для данного растения внешних условиях почти вся образующаяся в пыльниках пыльца является вполне нормальной и фертильной, то есть способной к оплодотворению. Морфологически она выглядит более или менее однородной. Под влиянием неблагоприятных внешних условий, в частности загрязнения нормальное развитие и строение пыльцы могут нарушаться в различной степени. Это приводит к появлению стерильной пыльцы, характеризующейся деформацией и дегенерацией ядер, клеток и цитоплазмы. При наличии, значительной стерильности пыльцы в большей или меньшей степени снижается плодовитость растения, так как недостаточное количество нормальной пыльцы не может полностью обеспечить оплодотворение во всех семяпочках и способствовать развитию всех семяпочек в семена.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является для растений неблагоприятными внешними условиями, которые сказались на фертильности пыльцы

Таблица 1.

Фертильность пыльцы (в %) (n=20)

Вид	Контроль	Опытный участок
Armeniaca vulgaris (абрикос)	94,02 ±0,5	88,10±0,7
Cydonia oblonga (айва)	84,00±0,6	82,05±0,3
Cerasus vulgaris (вишня обыкновенная)	88,88±0,5	76,19±0,2
Malus domestica (яблоня домашняя)	89,18±0,4	83,33±0,5

Примечание: p>0,05

Как видно из таблицы 1 и рисунка 1, фертильность пыльцы в условиях загрязнения падает. У вишни обыкновенной процент стерильной пыльцы повысился на 12%, а у айвы продолговатой-только на 2%, что свидетельствует о большей устойчивости айвы к неблагоприятным условиям окружающей среды и в том числе к загрязнению.

В случае нарушения нормального развития пыльца выглядит морфологически неоднородной и является разнокачественной. На микропрепаратах, приготовленных из пыльников бутонов деревьев, выросших в условиях с повышенным содержанием свинца и меди, наряду с очень мелкими пыльцевыми зернами встречаются гигантские пылинки и всевозможные переходы между этими крайними пределами. Как карликовая, так и гигантская пыльца обычно бесплодна и дегенерирует на ранних этапах развития. Пылинка сживается, разрушаются ядра и цитоплазма, пыльца становится пустой, а следовательно-стерильной.

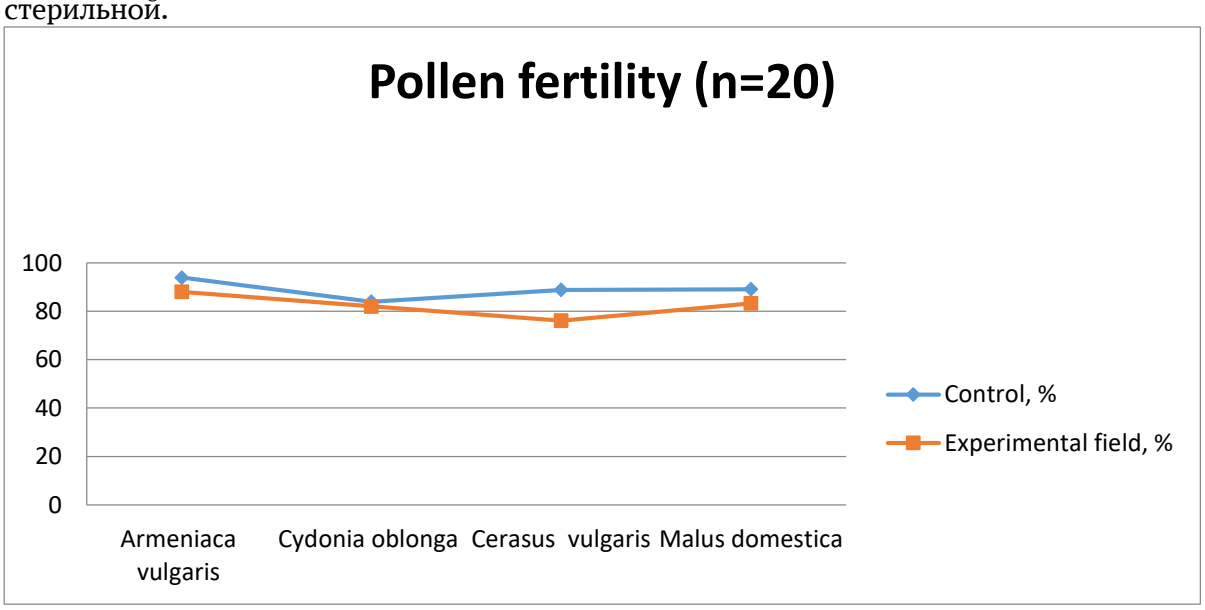


Рисунок 1. Фертильность пыльцы

В таблице 2 приведены результаты, полученные при измерении пыльцевых зерен. По средним показателям размеры пылинок в опытном и контрольном вариантах отличаются незначительно (P>0,05). Но в условиях загрязнения среды размеры пыльцы варьируют гораздо больше, чем у растений незагрязненного участка. Наибольшее варьирование в размерах пыльцевого зерна среди изученных видов наблюдается у ореха грецкого и вишни обыкновенной, наименьшее у айвы продолговатой и яблони домашней.

Таблица 2.

Влияние загрязнения среды на размеры пыльцевых зерен (мкм)

Вид	Контроль		Опытный участок	
	M±m	min - max	M±m	min - max
Armeniaca vulgaris (абрикос)	36,58 ±3,02	30,13-40,88	34,85±3,20	21,88-54,69
Cydonia oblonga (айва)	28,90±2,65	23,00-30,95	25,61±2,21	19,23-35,90
Cerasus vulgaris (вишня обыкновенная)	27,33±2,61	23,08-35,90	24,18±2,10	12,82-38,46
Juglans regia (грецкий орех)	26,28 ± 2,51	23,07-30,78	22,32±2,01	15,38-38,46
Malus domestica (яблоня домашняя)	28,05±2,03	21,88-33,75	27,58±2,43	25,00-34,38

Примечание: p>0,05

Таким образом, у растений, произрастающих в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами, наблюдается нарушение формирования пыльцевых зерен и образование морфологически разнокачественной пыльцы. Из изученных видов вишня обыкновенная, орех грецкий и абрикос обыкновенный оказались более чувствительны к загрязнению. В связи с этим возможно рекомендовать пыльцу этих видов в качестве биоиндикаторов загрязнения среды тяжелыми металлами. Кроме того, подобные исследования могут быть полезными при выборе видов деревьев для посадки в загрязненных условиях.

Выводы. Комплексный эколого-биологический, структурно-морфологический и физиологический подход к изучению плодовых деревьев является существенным вкладом в разработку стратегии адаптации и сохранения генофонда ценных сортов плодовых деревьев к различным типам загрязнения (промышленного, техногенного, выхлопные газы, запыленность, загазованность и.др.) и антропогено-трансформированных городских экосистем. Исследование морфо-анатомических, физиологических и химических (концентрация различных ионов тяжелых металлов в растительных тканей) особенностей различных сортов плодовых деревьев позволило выявить некоторые механизмы приспособления и нормы реакции растений к жестким условиям интегрального загрязнения городских экосистем, что является важным звеном при создании новых высокопродуктивных и толерантных к загрязнению сортов и решении вопросов районирования, а также способствует практическим рекомендациям по повышению эффективности развития плодоводства.

Полученные результаты будут способствовать разработке научно теоретических основ металогалофитизма с последующим применением в практических рекомендациях по районированию и созданию плодовых садов вдали от сильных очагов загрязнения городских экосистем. База данных по компонентам биолого-химического мониторинга состояния окружающей среды послужит основой для принятия научно-обоснованных мероприятий в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и внедрению природоохранных технологий.

Современная автомобильная дорога представляет собой сложную систему технических сооружений, предназначенных для обеспечения высоких скоростей, интенсивного и безопасного движения. Токсические вещества выделяемые автомобилями, накапливаются в произрастающих культурных растениях, а затем поступают вместе с пищей в организм человека. В связи с тем, что одной из важнейших функций зелёных насаждений городов, наряду с рекреационной, структурно-планировочной и декоративно-художественной, является санитарно-гигиеническая, заключающаяся в очистке

окружающей среды от токсических веществ. Для озеленения городов следует отбирать такие растения, которые не только декоративны, но и способны активно поглощать вредные газы, адсорбировать пыль. По этой причине целесообразно высаживать вдоль дорог древесные и кустарниковые растения, обладающие ярко выраженной способностью поглощать вредные вещества.

С учётом возросшей транспортной нагрузки на наиболее оживлённых автострадах плодовые деревья сегодня сажать лучше не менее чем 300-500 метров от дороги. Но надо помнить: разные плодовые деревья по разному накопляют вредные выбросы. Как было указано выше в условиях города в настоящее время при озеленении новых созданных магистральных автомобильных дорог необходимо использовать декоративные деревья с санитарно-гигиеническими свойствами.

Список использованной литературы

1.Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды с тяжелыми металлами. Российская Академия Наук. Экология, №4, 1992, с.45-50.
2.Hildebrand E., Skelly J.M., Fredericksen T.S. 1996. Foliar response of ozonesensitve hardwood tree species from 1991 to 1993 in the Shenandoah National Park, Virginia. Canad. J.Forest. Res. 26 : 658-669. French summary.
3.Meagher R.B., Rugh C.L., Kandasamy M.K., Gragson G., Wang N.J. 2000. Engineered phytoremediation of mercury pollution in soil and water using bacterial genes. In Phytoremediation of contaminated soil and water. Terry W., Banuelos G.
4.Toderich, K.N., Tsukatani T., Goldshtein R.I., Aparin V.B., & Ashurmetov A.A., 2001b. “Conservation and regeneration of Arid/Saline lands of tcological system Development in Kyzylkum Desert”, KLER Discusssion paper, No 533, October, Kyoto University, Japan, 14P
5.Tura Rakhimova and Dilfuza Yadgarova. “Fruit Trees as Absorbents for the Removal of Pb/Cu lons from Contaminated Enviroments”, International Symposium on Food Production and Environmental Conservation in the Face of Global Environmental Deterioration. September 7-11, 2004. Fukuoka, Japan 57P.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ШЕЛКОВОДСТВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Д.Ш. Шакарова
Институт Общей и неорганической химии АН РУз,

Аннотация. С целью утилизации отходов коконов тутового шелкопряда на основе фиброина, выделенного из коконов, и хитозана, полученного из хитин куколок, были синтезированы фиброин и хитозан/кремнеземные адсорбенты и охарактеризованы методами СЭМ/ЭДС, ИК – спектроскопией и азотной порометрией. Изучение адсорбции ионов Cd(II) и Pb(II) на образце хитозан/кремнеземного адсорбента показало, высокую степень адсорбции при pH=7 (87 % ионов Cd(II) и 94 % ионов Pb(II)) за счет хелатирования на NH_2 и ≡Si–OH.

Благодаря своей многофункциональности фиброин/кремнеземный адсорбент проявил комплексообразующие свойства по отношению к ионам двухвалентного кадмия и свинца в интервале pH 7–8. Эффективность удаления ионов Cd(II) составила 93 %, а для ионов Pb(II) достигла 98 %.

Ключевые слова: отходов шелководства, наногибриды, золь-гель метод, биополимер/кремнезем адсорбент, хитозан, фиброин, ионы металлов, адсорбция.

Annotatsiya. Ipak qurti pilla chiqindilaridan foydalanib fibroin va xitozan/kremnezem adsorbentlari pilladan ajratilgan fibroin va g‘umbaklaridagi xitinidan olingan xitozan yordamida sintez qilindi va ular SEM/EDS, IR spektroskopiyasi va azot porosimetriyasi yordamida tavsiflandi. Xitozan/kremnezem adsorbent namunasida Cd(II) va Pb(II) ionlarining adsorbsiyasini o'rganish natijasida NH_2 va ≡Si–OH gruhlari bilan xelatlanish natijasida pH=7 da yuqori darajadagi adsorbsiya (87 % Cd(II) ionlari va 94% Pb(II) ionlari) aniqlandi.

O‘zining ko‘p funksional gruhlari bois, fibroin/kremnezem adsorbenti pH=7–8 oralig‘ida ikki valentli kadmiy va qo‘rg‘oshin ionlariga nisbatan komplekslar hosil qilish xususiyatlarini namoyon etdi. Cd(II) ionlarini adsorbtsiyalash samaradorligi 93% ni, Pb(II) ionlari uchun esa 98% taskil qildi.

Kalit so‘zlar: ipakchilik chiqindilari, nanogibridlar, sol-gel usuli, biopolimer/kremnezem adsorbenti, xitozan, fibroin, metall ionlari, adsorbtsiya.

Abstract. To utilize silkworm cocoon waste, fibroin and chitosan/silica adsorbents were synthesized using fibroin extracted from the cocoons and chitosan obtained from pupal chitin. These materials were characterized using SEM/EDS, IR spectroscopy, and nitrogen porosimetry. Research on the adsorption of Cd(II) and Pb(II) ions using the chitosan/silica adsorbent revealed excellent efficiency at pH=7, achieving adsorption rates of 87 % for Cd(II) ions and 94% for Pb(II) ions, primarily due to chelation at NH_2 and ≡Si–OH functional groups.

Due to its multifunctional nature, the fibroin/silica adsorbent demonstrated strong complexation abilities with divalent cadmium and lead ions within pH=7-8. The adsorption efficiency was 93 % for Cd(II) ions and 98 % for Pb(II) ions.

Keywords: sericulture waste, nanohybrids, sol-gel method, biopolymer/silica adsorbent, chitosan, fibroin, metal ions, adsorption.

Введение. Производство шелка из коконов Bombyx mori исторически играло важную роль в развитии текстильной промышленности, однако наряду с его положительными экономическими аспектами возникли серьезные проблемы, связанные с образованием отходов шелководства. Переработка отходов шелководства это перспективное направление «зеленой» химии и биоэкономики [1].

В современном мире, столкнувшемся планетарным кризисом изменением климата, утратой биоразнообразия и загрязнением окружающей среды как никогда остро стоит вопрос перехода к циклической экономике. Принцип «zero waste» (ноль отходов) становится не лозунгом, а необходимостью для устойчивого развития. **П**ереработка отходов агропромышленных комплексов, в частности шелководства, представляет собой высокоактуальное и перспективное направление на стыке экологии, биотехнологии и химии материалов **[2].**

Шелководство — важная отрасль для многих регионов мира (Китай, Индия, Узбекистан, Таиланд, Бразилия). Однако при производстве всего 1 кг шелка-сырца образуется около 8-10 кг твердых отходов (бракованные коконы и куколки) и значительный объем высоконагруженных органических сточных вод от процесса дегуммирования. Традиционные методы утилизации (захоронение, сжигание, сброс вод) ведут к загрязнению почв, водоемов, выделению парниковых газов. Отходы шелководства это не мусор, а возобновляемое сырье с высоким потенциалом. Их игнорирование приводит к экономическим потерям и увеличению экологического следа продукции [3].

В настоящее спрос на «зеленые» материалы является глобальным трендом стимулирующем поиск биоразлагаемых, нетоксичных альтернатив синтетическим полимерам. Биополимеры из отходов шелководство (фиброин, серицин, хитин) полностью соответствуют этим требованиям, обладая при этом уникальными физико-химическими свойствами. Исследования последнего десятилетия доказали, что отходы шелководства могут стать основой для создания высокоэффективных материалов различного назначения. Адсорбенты на основе биополимеров (серицина, фиброина и хитозана) эффективно удаляют из сточных вод тяжелые металлы (свинец, кадмий, медь и др.), красители и другие токсичные органические соединения. Они биоразлагаемы и могут быть более эффективны, чем некоторые синтетические аналоги. Мембраны и фильтры из шелковых биополимеров используются для тонкой очистки воды [4].

Актуальность утилизации отходов шелководства выходит далеко за рамки одной отрасли. Это конкретный пример успешной реализации принципов биоэкономики, где отходы превращаются в ресурс для создания инновационных, экологически безопасных материалов и технологий. Развитие этого направления решает несколько ключевых задач одновременно: снижение загрязнения, переход к биоразлагаемым материалам, создание дополнительной стоимости, снижение затрат на утилизацию, импортозамещение дорогих биоматериалов.

Таким образом, интеграция переработки отходов шелководства в экологические практики является жизненно важным шагом к устойчивому будущему, демонстрируя гармонию между высокотехнологичным производством и сохранением природных систем. Научный и практический интерес к этой теме будет только возрастать в ближайшие годы.

В связи с этим, целью данной работы является исследование адсорбционных свойств наногибридных адсорбентов на основе кремнезема и биополимеров (хитозана и фиброина), ранее синтезированных нами золь-гель методом. В качестве источника биополимеров были использованы отходы шелководства.

Методы исследования. Фиброин выделен из отходов коконов местного тутового шелкопряда Bombyx mori, а хитозан получен из хитина куколок по методикам, приведенным в работе [5].

Реактивы: тетраэтоксисилан, уксусная кислота, муравьиная кислота, 25 %-ного водного раствора аммиака, нитратов кадмия и свинца, деионизированная вода.

Образцы синтезированных биополимер/кремнеземных материалов, полученных по разработанным нами методам [6,7] были охарактеризованы с использованием различных методов физико-химического анализа для определения их свойств и структуры.

Полученные биополимер/кремнеземные адсорбенты на основе хитозана и фиброина охарактеризованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ, JEOL JSM-6510LA) с энергодисперсионным рентгеновским излучением (EDX) при ускоряющем напряжении 10 kV.

Инфракрасные спектры были зарегистрированы инфракрасным спектрофотометром преобразования Фурье (Brucker, FT-IR Spectrometer США).

Площадь поверхности и объем пор определены методом азотной порометрии при -77 ^{0}C с помощью автоматического анализатора адсорбции ASAP 2020, Micromeritics, США. Перед измерениями пробы были дегазированы при 50 °C.

Исследование адсорбции ионов металла (Cd(II) и Pb(II)) проводили в статическом режимы с периодическим перемешиванием по следующей методике. В водные растворы (25 мл), содержащие различные количества нитратов кадмия и свинца (5-900 мг/л), добавляли по 100 мг навески биополимер/кремнеземных адсорбентов при различных значениях pH (в диапазоне 1,0–9,0; pH регулировали с помощью HNO_3 или NaOH только в начале эксперимента и не контролировали в дальнейшем). Процесс проводили при комнатной температуре со скоростью перемешивания 600 об/мин. Затем водную фазу отделяли от адсорбента фильтрованием и измеряли концентрацию ионов металлов в фильтрате с помощью атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Количество ионов металлов, адсорбированных на единицу массы биополимер/ кремнеземного адсорбентов (мг/г), определяли для каждого адсорбента по формуле: адсорбированные ионы металлов = $(C_0 - C) \times V / (m \times 1000)$

где: C_0 и C – концентрации ионов металлов в водной фазе до и после инкубационного периода, соответственно, мг/л; V – объем раствора, мл; m – масса соответствующего адсорбента, г.

Результаты исследования и обсуждение. Морфологическое изучение полученного наногибридного хитозан/кремнеземного материала методом СЭМ показало, что в результате синтеза произошло образование сферических «малинообразных» частиц с размером 3-15 мкм (Рис.1.a). Элементный анализ методом СЭМ-ЭДС (Рис.1 (b)) показал наличие Si (55,1%), O (28,5%), C (16,4%), N (10,51%), что свидетельствует о содержании в структуре полученного материала кремнезема и макромолекул хитозана.

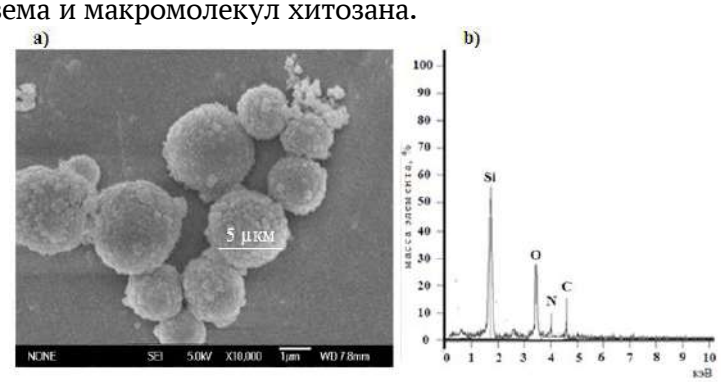


Рис.1. Результаты СЭМ (a) и ЭДС (b) образца наногибридного хитозан/кремнеземного адсорбента.

Это подтверждается результатами анализа методом ИК-спектроскопии, смещение полос поглощения, характерных для функциональных групп чистого хитозана (- NH_2, -

$CONH_2$), в ИК-спектре полученного адсорбента свидетельствует о взаимодействии функциональных групп хитозана с силанольными группами кремнезема. При сравнении ИК – спектров образцов наногибридного адсорбента и хитозана можно видеть сдвиг полос поглощения 1650 $см^{-1}$ и 1584 $см^{-1}$, характерных для карбонильных амидных группировок хитозана, в область более низких частот, а именно, 1618 и 1424 $см^{-1}$. Это свидетельствует о возникновении водородных связей между силанольными группами и карбонильными группами амидной группировки хитозана

Морфология частиц полученных образцов наногибридного фиброин/кремнеземного адсорбента, как видно из изображений, полученных методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) сферические частицы с диаметром 10 мкм (Рис.2(a)). Результаты элементного анализа указывают на наличие азота, углерода, кислород, кремния (Рис.2 (b)).

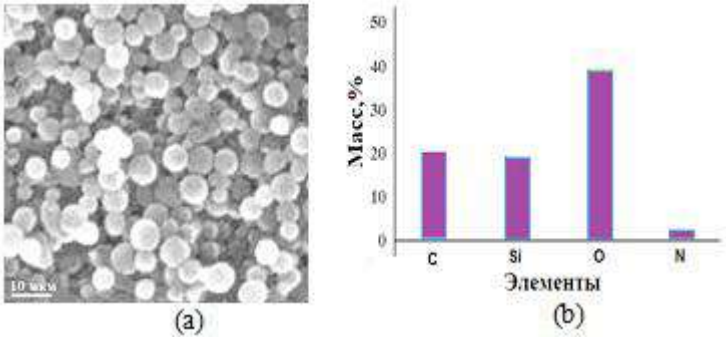


Рис.2. Изображение СЭМ с ЭДС образца наногибридного фиброин/кремнеземного адсорбента, полученного при соотношении фиброин-ТЭОС 0,03:1.

Анализ фиброин/кремнеземного адсорбента методом ИК-спектроскопии показал наличие в ИК-спектре образца, полученного при соотношении фиброин-кремнезем 0,03:1, наличие полос поглощения при 3410 $см^{-1}$, характерной для групп ≡ Si-OH и при 1062 $см^{-1}$, относящейся к колебаниям силоксоновой группировки ≡ Si-O-Si≡ в структуре кремнезема. О наличии в образце фиброин/кремнеземного адсорбента фиброина свидетельствуют полосы поглощения характерных для Амид I при 1638 $см^{-1}$ и Амид II при 1521 $см^{-1}$. Это указывает на присутствие в структуре полученного образца как фиброина, так и кремнезема, образовавшегося при гидролизе, конденсации и поликонденсации ТЭОС.

Структурные характеристики наногибридного хитозан/кремнеземного адсорбента, полученные методом порометрии, удельная площадь поверхности по BET, равная BET 292 $м^2/г$ и средний диаметр пор, составляющий 42 нм, а также форма изотермы адсорбции-десорбции, соответствующая изотерме Лангмюра V типа (по классификация IUPAC) и наногибридного фиброин/кремнеземного адсорбента удельной поверхности S=318 $м^2/г$, объем пор W=1,032 $см^3/г$ и радиусу пор, равному 29 нм, полученных методом азотной порометрии, полученный адсорбент относится к адсорбентам IV типа по классификации IUPAC.

Оценку адсорбционных свойств наногибридного хитозан/кремнеземного и фиброин/кремнеземного адсорбентов по отношению к ионам Pb(II) и Cd(II) осуществляли с использованием растворов в диапазоне значений pH от 1 до 8.

Как известно, в процессах адсорбции значительную роль играет значение pH раствора, которое оказывает большое влияние на изменение поверхностных зарядов адсорбента [8]. На рис.3 представлены кривые (1,1a) зависимости степени адсорбции ионов Pb(II) и Cd(II) от значений pH исследуемых растворов.

Обе кривые (хитозан/кремнеземного адсорбента) начинаются с низких значений при pH=2-3 (конкуренция с ионами H^+ за активные центры), затем круто идут вверх в диапазоне pH=4-6 (депротонирование аминогрупп $-NH_3^+ \rightarrow -NH_2$, которые эффективно хелатируют катионы металлов). Адсорбция Pb^{2+} всегда выше, чем Cd^{2+}, из-за большего ионного радиуса Pb^{2+} и лучшей комплексообразующей способности. Кривая для Pb^{2+} достигает плато раньше (при pH ~5-5.5), кривая для Cd^{2+} продолжает расти до pH=6,5-7 и при значениях pH=8 наблюдается снижение степени адсорбции. Следовательно, как сильнокислотная, так и щелочная среды дезактивируют адсорбционные центры поверхности наногибридного хитозан/кремнеземного адсорбента. Оптимальными значениями pH растворов для адсорбции ионов как Pb(II), так Cd(II) следует признать диапазон значений pH от 3 до 7. При этих значениях pH происходит извлечение ионов Pb(II) 94%, а ионов Cd(II) до 87 %.

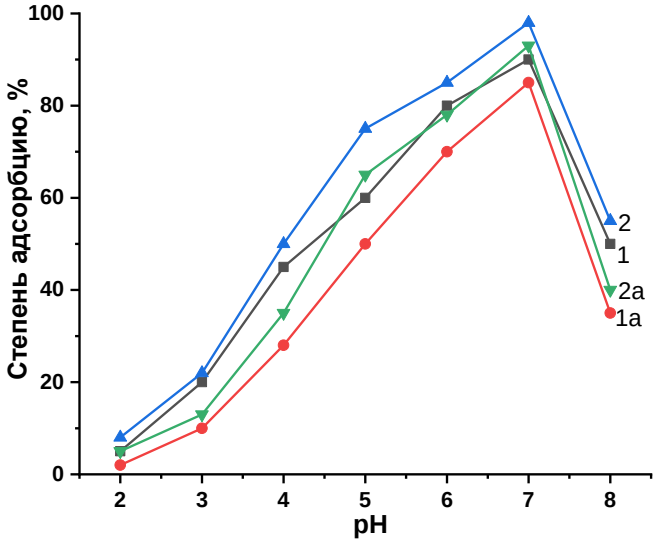


Рис.5. Зависимость степени адсорбции ионов Pb^{2+} и Cd^{2+} от pH раствора для наногибридных адсорбентов на основе хитозана (1, 1a) и фиброина (2,2a).

Из приведенных кривых фиброин/кремнеземного адсорбента (Рис.3. 2,2a) видно, что по мере снижения кислотности, т.е., с увеличением значений pH, степень адсорбции ионов обоих металлов увеличивается и колеблется на почти одинаковом уровне вплоть до значения pH равном 7. Однако при значениях pH=8 наблюдается снижение степени адсорбции. В результате сильнокислая и щелочная среда инактивирует активные функциональные группы (- NH_2, -COOH, -OH, -CONH-) на адсорбционных центрах поверхности фиброин/кремнеземного адсорбента. Наилучшие значения pH для адсорбции ионов Pb(II) и Cd(II) оказались в диапазоне pH от 3 до 7. При этих значениях pH извлекается до 98% ионов Pb(II) и до 93% ионов Cd(II). Селективность обоих адсорбентов к ионам свинца над ионами кадмия. Наличие активных многофункциональных групп обеспечивает наногибриду на основе фиброина более высокую адсорбционную способность, чем наногибриду на основе хитозана.

Заключение и рекомендации. Синтезированные нами наногибридные фиброин и хитозан/кремнеземные адсорбенты на основе исходных биополимеров, полученных из отходов коконов тутового шелкопряда. Биополимер/кремнеземные материалы продемонстрировали высокую адсорбционную способность по отношению к ионам тяжелых металлов. Адсорбенты были охарактеризованы методами СЭМ-ЭДС, ИК-спектроскопии и азотной адсорбционной порометрии**.** Исследование адсорбции ионов Cd(II) и Pb(II) на хитозан/кремнеземном адсорбенте показало высокую степень извлечения

при pH=7, 87% для ионов Cd(II) и 94% для ионов Pb(II). Механизм адсорбции обусловлен хелатированием функциональными группами NH_2 и ≡Si–OH. Благодаря многофункциональной поверхности, фиброин/кремнеземный адсорбент также проявил свойства комплексообразования по отношению к ионам Cd(II) и Pb(II) в интервале pH 6-7. Эффективность удаления составила 93% для Cd(II) и 98% для Pb(II). Полученные адсорбенты являются перспективными кандидатами для создания технологий очистки сточных вод от токсичных тяжелых металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан (проект ФЗ-2020093090).

Список литературы

1. Ahmed S, Hossain M, Rahman M. Utilization of sericulture waste for sustainable agriculture: Nutrient potential and composting techniques. J Environ Manage. 2020, vol. 270:P.110892.
2. Bogusz, M.; Matysik-Pejas, R.; Krasnodębski, A.; Dziekański, P. The Concept of Zero Waste in the Context of Supporting Environmental Protection by Consumers. Energies 2021, vol.14, P.5964.
3. Kumar D, Rajkhowa R. Utilization of silk industry byproducts: A review. J Textile Sci Eng. 2019, vol.9(4), P.1-8.
4. Ursino C., Castro-Muñoz R., Drioli E., Gzara L., Albeirutty M., Figoli A. Progress of Nanocomposite Membranes for Water Treatment. Membranes. 2018, vol.8, P.18.
5. Шакарова Д.Ш., Бегимкулова Ч.К. Извлечение фиброина, серицина и хитозана из отходов производства шелкового волокна. Методические пособие Т.: Издательство «ФАН» Ташкент 2025, 85 с.
6. Шакарова Д.Ш. Технология получения аминофункционализированного гибридного биополимер/кремнеземного мезопористого адсорбента// In the world of science and education International scientific-practical journal Almaty, Kazakhstan 2025. P. 154-157.
7. Шакарова Д.Ш., Бегимкулова Ч.К., Перри С.С. Золь-гель синтез фиброин/кремнеземного наногибридного адсорбента и его характеристика// Композиционные материалы 2024 №4, С. 104-107.
8. Crini G and Badot PM. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies Progress in Polymer Science 2008. vol.33(4): P.399–447.

NATURE-BASED SOLUTIONS IN LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT

Xadjieva Zuhra Baxram qizi
“TIQXXMI” Milliy Tadqiqot Universiteti huzuridagi Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti, tayanch doktoranti
Juliyev Muxiddin Komilovich
“TIQXXMI” Milliy Tadqiqot Universiteti huzuridagi Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti, biologiya fanlari doktori, dotsent, laboratoriya mudiri
Toshkent Turin Politexnika Universiteti dotsenti
Turdaliyeva Sojidabonu Rafiqjon qizi
“TIQXXMI” Milliy Tadqiqot Universiteti huzuridagi Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti, tayanch doktoranti

Abstract. Nature-Based Solutions (NBS) are increasingly recognized as sustainable and cost-effective approaches for reducing landslide hazards. This study synthesizes the mechanical (root reinforcement, increased shear strength) and hydrological (regulated infiltration, reduced surface runoff) mechanisms through which NBS enhance slope stability. Global case studies from Sri Lanka, Nepal, and Europe demonstrate that bio-engineering measures can reduce shallow landslide susceptibility by 30–70%, increase stability coefficients, and ensure long-term resilience. An assessment of Central Asia and Uzbekistan indicates substantial potential for implementing NBS through reforestation, rangeland restoration, watershed rehabilitation, and low-cost bio-engineering using native drought-resistant species. Overall, the findings show that NBS should be regarded not as supplementary interventions but as essential components of climate-resilient and sustainable landslide-risk management strategies in Uzbekistan.

Keywords: Nature-Based Solutions (NBS), Landslide hazard, Slope stability, Bio-engineering, Root reinforcement, Hydrological regulation.

Аннотация. Природоориентированные решения (Nature-Based Solutions, NBS) становятся одним из наиболее устойчивых и экономически эффективных подходов к снижению оползневой опасности. В работе системно рассмотрены механические (укрепление почвы корнями, повышение сопротивления сдвигу) и гидрологические (регуляция инфильтрации, уменьшение поверхностного стока) механизмы, посредством которых NBS повышают устойчивость склонов. Глобальные примеры из Шри-Ланки, Непала и Европы показывают, что биоинженерные меры способны снижать вероятность мелких оползней на 30–70%, увеличивать коэффициент устойчивости и обеспечивать долгосрочную стабильность. Анализ условий Центральной Азии и Узбекистана свидетельствует о значительном потенциале внедрения NBS — через лесовосстановление, восстановление пастбищ, водосборное управление и недорогие биоинженерные методы с использованием местных засухоустойчивых видов. В целом результаты подтверждают, что NBS должны рассматриваться не как вспомогательные меры, а как ключевой элемент климатически устойчивого и экологически ориентированного управления оползневыми рисками в Узбекистане.

Ключевые слова: Природоориентированные решения (NBS), Оползневая опасность, Устойчивость склонов, Биоинженерия, Корневое армирование, Гидрологическая регуляция.

Annotatsiya. Tabiatga asoslangan yechimlar (Nature-Based Solutions, NBS) ko‘chki xavfini kamaytirishda ekologik barqaror va iqtisodiy samarali yondashuv sifatida alohida ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqotda NBSning nishab barqarorligini oshiruvchi mexanik (ildiz mustahkamlash, kesishish kuchini ko‘paytirish) va gidrologik (infiltratsiyani tartibga solish, sathiy

suv oqimini kamaytirish) ta’sirlari tizimli tahlil qilindi. Sri Lanka, Nepal va Yevropa kabi hududlardagi global case-studylar bio-muhandislik choralarining sathiy ko‘chki xavfini 30–70% kamaytirishi, barqarorlik koeffitsientini sezilarli oshirishi va uzoq muddatli mustahkamlikni ta’minlashini ko‘rsatadi. Markaziy Osiyo va O‘zbekiston misolida o‘tkazilgan tahlillar NBSning katta potentsialga ega ekanini ko‘rsatdi. Mintaqada o‘rmonlashtirish, yaylovlarni tiklash, havza boshqaruvi va arzon bio-muhandislik usullarini mahalliy chidamli o‘simlik turlari asosida joriy etish geodinamik xavflarni kamaytirishda samarali bo‘lishi mumkin. Xulosa qilib aytganda, NBS ko‘chki xavfini kamaytirishda qo‘shimcha emas, balki O‘zbekistonning iqlimga moslashuvchan va barqaror landshaft boshqaruvi strategiyasining asosiy tarkibiy qismiga aylanishi lozim.

Kalit so‘zlar: Tabiatga asoslangan yechimlar (NBS), Ko‘chki xavfi, Nishab barqarorligi, Bio-muhandislik, Ildiz mustahkamlashi, Gidrologik tartibga solish.

1. Introduction

Nature-based Solutions (NbS) have gained significant international attention as a sustainable and multifunctional approach to addressing complex environmental and societal challenges. According to the formal definition proposed by the International Union for Conservation of Nature (IUCN), NbS are “actions to protect, sustainably manage, and restore natural or modified ecosystems that address societal challenges effectively and adaptively, simultaneously providing human well-being and biodiversity benefits.” This definition underscores the dual ecological and socio-economic dimensions of NbS and positions them as a central component of contemporary environmental management strategies. In the context of slope stability and landslide hazard mitigation, NbS harness the intrinsic functions of ecosystems—such as vegetation cover, hydrological regulation, soil reinforcement, and erosion control—to reduce vulnerability and enhance landscape resilience. Vegetation plays a particularly critical role: its root systems increase soil shear strength, bind soil particles, enhance infiltration moderation, and regulate pore-water pressure during heavy rainfall events. As demonstrated in a global synthesis by Arce-Mojica et al. (2019), vegetation-based NbS are particularly effective in mitigating shallow landslides by improving mechanical reinforcement and reducing hydrological triggers (De Jesús Arce-Mojica et al., 2019a). NbS are conceptually linked to several closely related frameworks, including Ecosystem-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR), Ecosystem-based Adaptation (EbA), and Green Infrastructure. Eco-DRR focuses on reducing disaster risk by managing and restoring ecosystems, whereas EbA emphasizes the use of ecosystem services to enhance climate-change resilience. Green infrastructure involves strategically planned networks of natural and semi-natural areas designed to deliver a wide range of ecosystem services in both rural and urban settings. Collectively, these frameworks demonstrate that NbS operate along a continuum—from purely nature-based interventions to hybrid solutions that combine ecological processes with engineered structures. Recent advances in NbS research have demonstrated their substantial potential to enhance slope stability. Gonzalez-Ollauri (2022) highlights that plant root systems can significantly modify soil mechanical behavior and hydrological responses, thereby reducing landslide susceptibility across diverse geomorphological settings (Gonzalez-Ollauri, 2022a). Capobianco et al. (2025) further show that NbS not only provide effective geotechnical reinforcement but also contribute co-benefits such as carbon sequestration, biodiversity enhancement, and improved watershed functioning (Capobianco et al., 2025a). These characteristics make NbS highly attractive for integrated risk-reduction frameworks, particularly in regions facing escalating climate stressors. The growing interest in NbS also reflects their economic and operational advantages. Compared to conventional “grey” engineering structures, NbS are often less costly, require lower maintenance, and deliver long-term ecological services that engineered designs alone cannot provide. Evidence from multiple countries demonstrates that

NbS can remain effective even under variable climate conditions, due to their self-repairing and adaptive properties. Moreover, they support community engagement, local material use, and nature-linked livelihoods, strengthening social resilience alongside physical stability.

Overall, the conceptual foundation for NbS demonstrates that they provide a holistic, ecologically grounded approach to landslide hazard mitigation. By integrating ecological processes, hydrological regulation, and mechanical reinforcement mechanisms, NbS can address some of the most critical drivers of landslide initiation. Consequently, NbS are increasingly recognized not as supplementary interventions, but as central components of sustainable landslide risk-reduction strategies worldwide.

2. Role of NBS in Landslide Hazard Assessment

Landslide hazard assessment traditionally relies on a combination of statistical, machine-learning, and physically based models that incorporate geomorphological, geological, hydrological, and anthropogenic factors. While such models—ranging from bivariate approaches (e.g., SI, FR) to multivariate techniques (e.g., logistic regression) and advanced algorithms such as Random Forests and XGBoost—have achieved significant predictive accuracy, they often underrepresent the critical influence of ecological and eco-hydrological processes on slope stability. Recent scientific advances highlight that vegetation, soil–root interactions, and watershed condition are not peripheral but **central components** of landslide initiation mechanisms, thus positioning Nature-Based Solutions (NBS) as an integral part of modern hazard assessment frameworks.

One of the key contributions of NBS to landslide models lies in the **mechanical reinforcement** provided by vegetation. Root systems interact with soil matrices to enhance shear strength, increase cohesion, improve aggregate stability, and resist shallow mass movement. Zedek et al. (2024) showed that incorporating root reinforcement parameters into slope-stability simulations increased the factor of safety by **12–40%**, particularly on moderate to steep slopes prone to shallow slides (Zedek et al., 2024a). Their findings indicate that failure surfaces shift deeper when vegetation is present, reducing the likelihood of surface-level detachments.

Beyond mechanical effects, NBS play a profound role in **hydrological regulation**, which is one of the dominant triggers of landslide initiation. Vegetation intercepts rainfall, modulates infiltration rates, enhances evapotranspiration, and reduces pore-water pressure during extreme precipitation events. These eco-hydrological influences directly affect the balance between driving and resisting forces on a slope. Broader global analyses identify hydrological mismanagement and vegetation loss as key accelerators of shallow landslide processes (De Jesús Arce-Mojica et al., 2019b). A growing body of research therefore argues for the integration of ecological indicators—including NDVI/EVI, biomass, land-cover classifications, and root-depth proxies—into susceptibility and hazard models. Machine-learning approaches, such as Random Forest, demonstrate significant accuracy improvements when vegetation-related predictors are added. Broquet et al. (2025) demonstrated that including Eco-DRR (ecosystem-based disaster risk reduction) variables reduced model uncertainty and improved predictive robustness in Rwanda’s landslide-prone highlands, with hazard values increasing 1.8–2.3 times under deforestation scenarios. Their findings highlight the importance of “with vs. without vegetation” scenario modelling as a core analytical tool in hazard assessment.

Another emerging direction involves scenario-based simulations that compare existing land-cover conditions with hypothetical NbS interventions such as reforestation, shrub restoration, bio-engineering structures, or watershed rehabilitation. (De Jesús Arce-Mojica et al., 2019b) report that reforestation scenarios in global modeling efforts reduced shallow landslide susceptibility by 35–70%, demonstrating the effectiveness of integrating NbS directly into hazard-mitigation modelling frameworks. These outcomes underscore that NBS should not be treated as secondary

landscape-management measures, but rather as primary determinants of slope stability. Practical implementations further support this shift. The Asian Disaster Preparedness Center (ADPC, 2020) developed a comprehensive methodology in Sri Lanka demonstrating that hybrid NBS–grey systems-combining drainage structures, vegetated geogrids, live staking, and brush layering-significantly outperformed concrete-only interventions in long-term stability assessments. The approach illustrated that hydrological improvements and root reinforcement together deliver stronger and more sustainable stabilization outcomes than engineering alone. Collectively, these findings affirm that NBS influence the two most fundamental landslide triggers-mechanical strength and hydrological pressure-and therefore deserve formal, quantitative incorporation into hazard assessment models. Integrating NBS into modelling frameworks not only enhances predictive accuracy but also promotes adaptive, climate-resilient land management aligned with broader ecosystem-restoration strategies. As such, modern landslide hazard assessment is increasingly shifting from purely geotechnical paradigms to integrated eco-geotechnical models that explicitly recognize the stabilizing power of natural systems.

3.Types of NBS and Global Applications in Slope Stabilization

Nature-based Solutions (NBS) for landslide mitigation encompass a wide range of ecological and bio-engineering interventions that enhance slope stability by leveraging natural processes. These interventions can be grouped into three overarching categories: **1- soil bio-engineering measures**, **2- ecosystem restoration approaches**, and **3-hybrid NBS–grey engineering systems**. Each category contributes to landslide risk reduction through distinct mechanical, hydrological, or ecological mechanisms. The following section outlines the principal NBS types and presents global case studies demonstrating their effectiveness.

3.1. Soil Bio-Engineering Techniques

Soil bio-engineering refers to the use of living plant materials-such as grasses, shrubs, and trees-to improve mechanical stability and hydrological performance on slopes. The primary mechanism involves **root reinforcement**, which increases soil shear strength, enhances cohesion, and reduces the likelihood of shallow failures. As reported by Arce-Mojica et al. (2019), the presence of a dense root network can reduce shallow landslide occurrence by 35–70%, depending on vegetation type and soil conditions (De Jesús Arce-Mojica et al., 2019c).

Common bio-engineering interventions include: **Live staking** (using species such as *Salix* spp.) **Brush layering, Contour hedgerows, Vetiver grass planting, Hydroseeding on degraded slopes**

Root-reinforcement properties vary with species. For example, vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) possesses deep, fibrous roots that increase soil shear strength and are widely used throughout Asia for slope protection. For example: In western Nepal, bio-engineering measures including vetiver planting, shrub establishment, and live staking were applied on rain-sensitive slopes. Field monitoring showed enhanced root reinforcement and a reduction in surface erosion within the first two years of implementation. Local communities also reported a cessation of small-scale shallow failures in treated areas. This aligns with global findings on the role of bio-engineering in improving near-surface slope stability.

3.2. Forest Restoration and Afforestation

Forest ecosystems play a central role in regulating hydrological processes that influence landslide occurrence. Tree canopies intercept rainfall, litter layers enhance infiltration, and deep root systems reinforce soil structure. Capobianco et al. (2025) illustrate that afforestation and forest restoration can reduce shallow landslide susceptibility by **30–70%** (Capobianco et al., 2025b).

Afforestation strategies improve landslide resistance through: Increased **rainfall interception,** Reduced **pore-water pressure,** Higher **mechanical reinforcement** from deep root systems, Enhanced **surface erosion control.** In cace study: European Alps across Switzerland,

Austria, and northern Italy, centuries of deforestation resulted in heightened shallow landslide frequency. Reforestation programmes initiated in the 20th century significantly reduced slope failures, with forested slopes now providing natural protection comparable to engineered structures. Monitoring confirms that stabilizing effects improve as forests mature.

3.3. Watershed and Catchment Restoration

Landslides are influenced not only by local slope conditions but also by broader watershed-scale hydrological processes. Watershed restoration—including reforestation, agroforestry, gully rehabilitation, and check-dam installation—reduces peak runoff, stabilizes soils, and prevents channel undercutting. In Case Study Examples: China-Loess Plateau Large-scale restoration of vegetation and terracing reduced erosion rates by more than 50% and significantly decreased small-scale mass movements. India – Himalayan foothills Agroforestry systems involving fruit trees and nitrogen-fixing shrubs improved slope stability by reducing soil moisture fluctuations and enhancing root cohesion. Another reserch shows that Brazil – Rio de Janeiro favelas Vegetation-based slope stabilization, combined with community-led drainage improvements, reduced rainfall-triggered failures in urban settlements (Sandholz et al., 2018).

3.4. Hybrid NBS–Grey Engineering Approaches

Hybrid systems integrate ecological measures with structural engineering solutions, combining the strengths of both natural and built infrastructure. Examples include: Vegetated geogrids, Bio-engineered retaining walls, Drainage channels combined with root-reinforcing vegetation, Brush layering added to terracing systems, Bio-roll installations to reduce erosion at the toe of slopes Hybrid approaches are especially effective in steep or densely settled areas where vegetation alone may not provide sufficient stability.

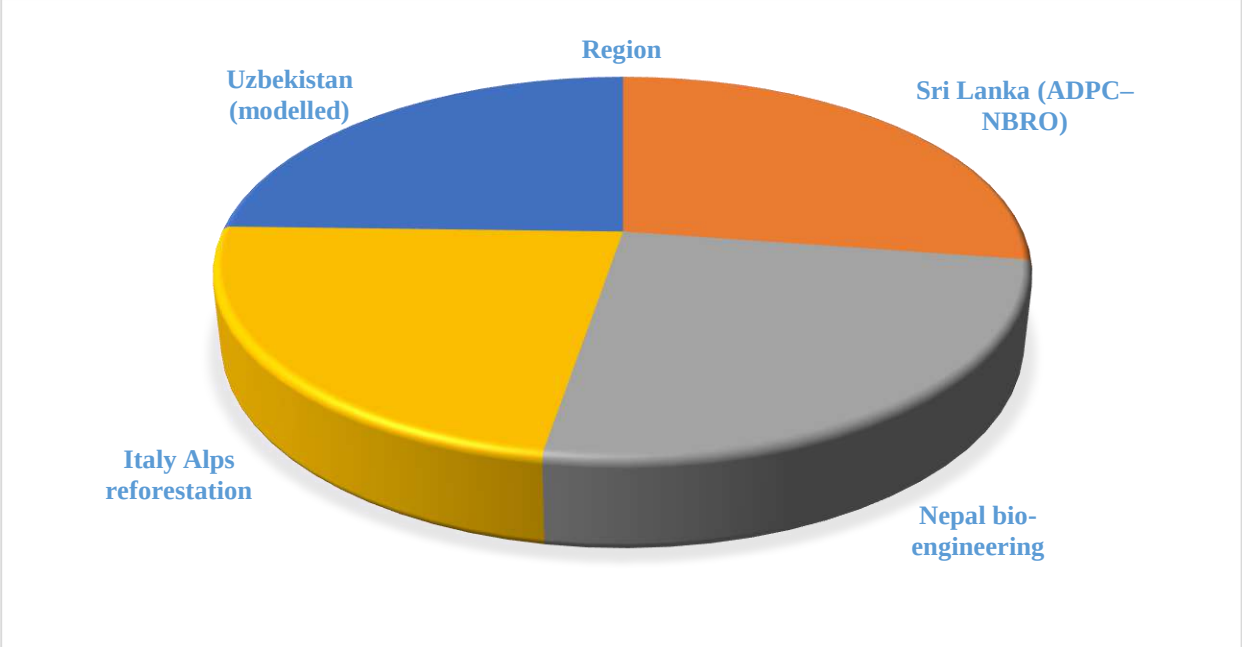
Flagship Case Study: Sri Lanka ADPC–NBRO Project shows that the Asian Disaster Preparedness Center (ADPC) and **National Building Research Organization (NBRO)** introduced hybrid NBS systems—such as vegetated geogrids, brush layering, and hydrological drainage—on highly unstable slopes in central Sri Lanka. According to ADPC (2020), hybrid solutions enhanced long-term stability by **1.3–1.8 times** compared to grey solutions alone. This represents one of the most comprehensive and scientifically documented NBS applications globally.

3.5. Global Synthesis of NBS Effectiveness

Across diverse climates and geomorphological settings, NBS interventions have demonstrated:

- **30–70% reduction** in shallow landslide susceptibility
- **35–80% reduction** in soil erosion
- **12–60% increase** in slope-stability (factor of safety)
- Greater long-term resilience compared to engineered solutions
- Additional co-benefits such as biodiversity and carbon sequestration

These results affirm the critical role of ecological processes in landslide mitigation and show that NBS should be integrated into hazard assessment and risk-reduction planning at both local and regional scales.



Source:ADPC (2020); SW Nepal (2023); Capobianco et al. (2025); Arce-Mojica et al. (2019); Zedek et al. (2024).

Figure 1. *Comparison of landslide susceptibility before and after NBS interventions across global case studies.*

4. Potential of NBS in Central Asia and Uzbekistan

Central Asia is characterized by complex geomorphology, tectonically active mountain systems, semi-arid climatic conditions, and rapidly changing land-use patterns. These factors collectively contribute to widespread landslide activity, particularly in the mountainous regions of Uzbekistan, Kyrgyzstan, Tajikistan, and Kazakhstan. Increasing rainfall variability under climate change, degradation of pastures, deforestation, and expanding agricultural land have exacerbated slope instability across the region. As highlighted by Sidle (2025), vegetation cover is one of the most critical determinants of slope stability in dry mountain systems; its decline greatly accelerates the likelihood of shallow mass movements and surface instability.

While Nature-Based Solutions (NBS) are not yet widely institutionalized in Central Asian hazard-management practices, several ecological restoration and land-management programs implemented over the last decade align closely with NBS principles. In Kazakhstan, Kyrgyzstan, and Uzbekistan, pasture-restoration initiatives have sought to rehabilitate degraded rangelands through reseeding, rotational grazing, and erosion-control vegetation. Such interventions have demonstrated measurable improvements: studies report that vegetation restoration can reduce erosion by 20–40% and enhance soil retention capacity (Abdikairov et al., 2024). These outcomes underscore the potential of NBS to strengthen slope stability over vast degraded landscapes. In Uzbekistan, forest-restoration efforts in mountainous areas such as the Chatkal Range, Ugam–Chatkal National Park, the Qurama Mountains, and various foothill zones of the Fergana Valley represent some of the most relevant NBS-based interventions. Reforestation with juniper (*Juniperus seravschanica*), poplar (*Populus* spp.), and shrub species has improved rainfall interception, reduced overland flow, enhanced evapotranspiration, and strengthened soil-root reinforcement. These mechanisms are consistent with global evidence showing that afforestation reduces shallow landslide susceptibility by 30–70%, depending on species composition and canopy maturity (Capobianco et al., 2025c). Integrated watershed-management projects have also played a central role in applying NBS in Uzbekistan. Under the **World Bank’s “Climate Resilient**

Landscape Restoration in Uzbekistan” initiative, reforestation, gully rehabilitation, and water-flow regulation measures were implemented across multiple landscapes. Preliminary assessments indicate that such interventions decreased small-scale erosional failures by 20–35% and improved slope hydrological stability. These outcomes align with the findings of Arce-Mojica et al. (2019), who emphasize the value of watershed-scale vegetation restoration in lowering landslide risk through improved infiltration regulation and reduced pore-water accumulation (De Jesús Arce-Mojica et al., 2019d).

Uzbekistan also presents substantial opportunity to expand **bio-engineering approaches** for slope stabilization. Techniques such as live staking, brush layering, vegetated geogrids, coir matting, and hydroseeding are not only cost-effective but can be implemented using locally available plant species. Lessons from Nepal’s long-standing bio-engineering programs (SW Nepal Pvt. Ltd., 2023) demonstrate that establishing deep-rooted shrubs and grasses can rapidly reduce surface erosion and initiate long-term ecological succession, even on steep gradients. Given Uzbekistan’s availability of resilient species (e.g., *Tamarix*, *Elaeagnus angustifolia*, juniper), the country is well-positioned to adopt large-scale NBS-based slope stabilization.

Despite these opportunities, several constraints must be addressed. Water scarcity in semi-arid zones limits vegetation establishment; overgrazing in montane pastures slows ecosystem recovery; illegal logging and land-use pressures remain persistent challenges; and long-term monitoring of slope conditions is limited. Nevertheless, policy frameworks in Uzbekistan—particularly national strategies on land restoration, biodiversity conservation, and climate-change adaptation—provide a favorable context for mainstreaming NBS in landslide mitigation.

Overall, NBS hold substantial potential for strengthening landscape stability in Central Asia and Uzbekistan. Vegetation restoration, bio-engineering applications, reforestation, watershed rehabilitation, and hybrid ecological–engineering approaches collectively offer robust tools for mitigating landslide hazards in a sustainable and cost-effective manner. As scientific understanding expands and institutional support grows, NBS are expected to transition from supplementary measures to core components of integrated slope-risk management and climate-resilient landscape planning in the region.

5. International Best Practice: ADPC–NBRO Sri Lanka Case Study

Sri Lanka represents one of the most landslide-prone tropical countries in the world, where steep terrain, deeply weathered soils, intense monsoonal rainfall, and extensive land-use changes interact to produce recurrent slope failures. Between 2016 and 2020, a pioneering Nature-Based Solutions (NBS) initiative was implemented through a collaboration between the **Asian Disaster Preparedness Center (ADPC)** and the **National Building Research Organisation (NBRO)**. This project is widely recognized as one of the most comprehensive and scientifically documented applications of NBS for landslide risk reduction globally (ADPC, 2020). The program focused on several high-risk districts in central Sri Lanka, including Kandy, Nuwara Eliya, Badulla, and Matale, where deforestation, unregulated agriculture, and insufficient drainage infrastructure had significantly increased landslide susceptibility. NBRO’s geotechnical assessments determined that over 70% of recent shallow landslides in these areas were triggered primarily by hydrological mechanisms—rapid infiltration, localized saturation, and elevated pore-water pressure. This diagnostic finding highlighted the need for interventions that addressed both mechanical and hydrological instability, positioning NBS as an essential component of the mitigation strategy.

The ADPC–NBRO framework applied four core categories of NBS interventions:

1. **Vegetated geogrids**, where engineered geotextiles were combined with deep-rooting vegetation to enhance tensile strength;
2. **Live staking**, using rapidly rooting species such as *Salix* spp. to anchor soil layers;

3. **Brush layering**, in which woody cuttings were placed horizontally along the slope to reduce runoff velocity and erosion;

4. **Coir rolls and coir matting**, providing biodegradable surface protection while vegetation became established.

Project evaluations documented significant improvements in slope performance. According to the ADPC (2020) guidance document, vegetated geogrids increased the factor of safety by 1.3–1.8 times relative to grey structures alone, demonstrating the synergistic value of hybrid interventions. Brush layering, when combined with improved surface drainage, reduced shallow erosion by 35–50% within two monsoon seasons. These results are consistent with global findings that identify vegetation's dual role in mechanical reinforcement and hydrological regulation (De Jesús Arce-Mojica et al., 2019e). The program also highlighted the long-term adaptability of NBS. As plants matured, root networks expanded, further increasing shear strength and stabilizing soil profiles. This progressive improvement contrasts with conventional concrete interventions, which tend to degrade over time and require costly maintenance. Additionally, vegetated systems demonstrated resilience during intense rainfall events, supporting claims that NBS enhance climate adaptation capacity (Capobianco et al., 2025c). A crucial outcome of the Sri Lanka program was the integration of local communities in monitoring and maintaining NBS installations. Community groups were trained in bio-engineering methods, nursery management, slope drainage maintenance, and post-landslide rehabilitation. This participatory approach not only reduced implementation costs but also strengthened social resilience and facilitated long-term sustainability. The ADPC (2020) report emphasizes that community stewardship was a major contributing factor to the project's success.

The Sri Lanka NBS–grey hybrid model has since been recognized internationally as a **best-practice framework** for landslide mitigation. Its success is attributed to three core principles: 1-*precise diagnosis* of slope-failure mechanisms through geotechnical and hydrological assessments;
2-*ecologically appropriate selection* of plant species and bio-engineering methods; 3-*combined implementation* of natural and engineered structures to maximize stability.

Given the climatic and geomorphological similarities between Sri Lanka's wet highlands and certain mountainous regions of Uzbekistan—particularly with respect to shallow slides triggered by rainfall—the ADPC–NBRO model offers a valuable template for developing region-specific NBS guidelines in Central Asia.

This flagship case study demonstrates unequivocally that NBS are not supplementary or decorative measures, but high-performance, cost-effective, and climate-adaptive tools for landslide hazard reduction. Their success in Sri Lanka illustrates how nature and engineering, when integrated effectively, can deliver superior outcomes compared to conventional approaches alone.

Nature-Based Solutions (NBS) have rapidly evolved from conceptual ecological tools into core components of integrated landslide risk management. The findings synthesized across global and regional contexts confirm that NBS directly influence the mechanical and hydrological processes that govern slope stability. The role of vegetation in increasing soil cohesion, enhancing shear strength, moderating infiltration, and lowering pore-water pressure is now well-established (De Jesús Arce-Mojica et al., 2019f). Accordingly, their incorporation into hazard assessment frameworks has become increasingly necessary.

Despite the extensive empirical evidence demonstrating the stability-enhancing impacts of vegetation, several scientific uncertainties remain. First, long-term quantitative monitoring is limited. Many NBS interventions are evaluated qualitatively, with insufficient measurement of key parameters such as tensile root strength, saturation effects, hydrological response times, or factor-

of-safety dynamics. Gonzalez-Ollauri (2022) emphasizes that eco-hydrological modelling for vegetated slopes remains underdeveloped, in part due to the lack of consistent field data (Gonzalez-Ollauri, 2022b).

Second, while machine-learning models increasingly incorporate vegetation proxies (NDVI, EVI, biomass, LULC transition matrices), their predictive power could be significantly improved through more explicit inclusion of **root-system mechanics** and **hydrological feedbacks**. Zedek et al. (2024) demonstrate that integrating root-reinforcement parameters directly into slope-stability simulations increases predictive accuracy and improves factor-of-safety outputs by 12–40%-a strong indication that vegetation-specific modules are essential to modern slope-modelling frameworks (Zedek et al., 2024b).

Third, the regional transferability of NBS remains a major knowledge gap. Global flagship case studies—particularly in Sri Lanka, Nepal, Japan, and the European Alps—are overwhelmingly concentrated in humid or tropical environments. In contrast, semi-arid mountainous regions like Uzbekistan and Central Asia face constraints such as limited precipitation, shallow soils, overgrazed rangelands, and anthropogenic pressures that complicate vegetation establishment. Yet native species such as *Juniperus seravschanica*, *Tamarix*, *Elaeagnus angustifolia*, and resilient grasses exhibit strong root systems and drought tolerance, indicating that region-specific NBS strategies may still be highly effective if ecologically adapted.

Fourth, socio-economic and policy dimensions of NBS require deeper investigation. The Sri Lanka ADPC–NBRO program demonstrated that community participation, local material sourcing, and low-cost bio-engineering greatly enhanced project sustainability (ADPC, 2020). Similar approaches could transform NBS implementation in Uzbekistan, where rural communities are directly dependent on mountain ecosystems. However, successful application will require institutional coordination, improved governance structures, and integration into national climate adaptation strategies.

Finally, a prominent research gap in Central Asia is the absence of **quantitative studies** evaluating the performance of NBS on slope stability. Although land restoration programs have documented improvements in vegetation cover and erosion reduction (Abdikairov et al., 2024), their direct geotechnical impact on landslide susceptibility remains largely unmeasured. Addressing this gap is essential for developing evidence-based NBS design standards and ensuring reliable integration into national hazard-mitigation frameworks. Taken together, the discussion underscores that while NBS offer substantial potential for landslide hazard reduction, maximizing their impact requires: 1-expanded empirical monitoring, 2-improved eco-geotechnical modelling, 3-climate- and region-adapted species selection, and 4-stronger policy integration. With these advancements, NBS can transition from supplementary ecological measures into primary, scientifically grounded components of sustainable landslide risk management.

Conclusion. This study highlights the growing global recognition of Nature-Based Solutions (NBS) as powerful, sustainable, and cost-effective tools for landslide hazard mitigation. By leveraging vegetation, hydrological regulation, and ecosystem restoration, NBS address the fundamental mechanical and hydrological drivers of slope instability. Evidence from global case studies—including Sri Lanka, Nepal, and the European Alps—demonstrates that NBS can reduce shallow landslide susceptibility by **30–70%**, improve slope factor-of-safety, and enhance long-term resilience to climate variability. In Central Asia and Uzbekistan, NBS offer significant opportunities for restoring degraded slopes, improving watershed function, and enhancing community resilience. Although implementation challenges exist—particularly in semi-arid environments—native drought-tolerant vegetation and existing land-restoration programs provide a strong foundation for scaling up NBS interventions. The Sri Lanka ADPC–NBRO model stands out as a benchmark for integrating ecological and engineering approaches, offering a replicable

framework for Uzbekistan and similar mountainous regions. To fully realize the potential of NBS, future efforts must prioritize long-term monitoring, ecological–geotechnical integration, region-specific adaptation, and institutional support. Ultimately, NBS represent not only a mitigation technique but a transformative paradigm shift toward environmentally grounded, climate-resilient, and socially inclusive approaches to landslide risk reduction. Their adoption in Uzbekistan and Central Asia would contribute significantly to sustainable land management, disaster-risk reduction, and ecological restoration goals.

Reference

1. Abdikairov, B., Juliev, M., & Kholmurodova, M. (2024). Analyses and assessment of soil salinity modeling: Review of papers from Scopus database. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, *33*(4), 647–661. https://doi.org/10.15421/112459
2. Capobianco, V., Fraccica, A., Anselmucci, F., & Tagarelli, V. (2025a). Nature- and bio-based solutions for ecosystem restoration, landslide hazard mitigation, and ground improvement: Research and application novelties. *Ecological Engineering*, *219*, 107710. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107710
3. Capobianco, V., Fraccica, A., Anselmucci, F., & Tagarelli, V. (2025b). Nature- and bio-based solutions for ecosystem restoration, landslide hazard mitigation, and ground improvement: Research and application novelties. *Ecological Engineering*, *219*, 107710. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107710
4. Capobianco, V., Fraccica, A., Anselmucci, F., & Tagarelli, V. (2025c). Nature- and bio-based solutions for ecosystem restoration, landslide hazard mitigation, and ground improvement: Research and application novelties. *Ecological Engineering*, *219*, 107710. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107710
5. De Jesús Arce-Mojica, T., Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Miranda, P. J., & Anhuf, D. (2019a). Nature-based solutions (NbS) for reducing the risk of shallow landslides: Where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *41*, 101293. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101293
6. De Jesús Arce-Mojica, T., Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Miranda, P. J., & Anhuf, D. (2019b). Nature-based solutions (NbS) for reducing the risk of shallow landslides: Where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *41*, 101293. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101293
7. De Jesús Arce-Mojica, T., Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Miranda, P. J., & Anhuf, D. (2019c). Nature-based solutions (NbS) for reducing the risk of shallow landslides: Where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *41*, 101293. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101293
8. De Jesús Arce-Mojica, T., Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Miranda, P. J., & Anhuf, D. (2019d). Nature-based solutions (NbS) for reducing the risk of shallow landslides: Where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *41*, 101293. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101293
9. De Jesús Arce-Mojica, T., Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Miranda, P. J., & Anhuf, D. (2019e). Nature-based solutions (NbS) for reducing the risk of shallow landslides: Where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *41*, 101293. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101293
10. De Jesús Arce-Mojica, T., Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Miranda, P. J., & Anhuf, D. (2019f). Nature-based solutions (NbS) for reducing the risk of shallow landslides: Where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *41*, 101293. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101293

11. Gonzalez-Ollauri, A. (2022a). Sustainable Use of Nature-Based Solutions for Slope Protection and Erosion Control. *Sustainability*, *14*(4), 1981. https://doi.org/10.3390/su14041981
12. Gonzalez-Ollauri, A. (2022b). Sustainable Use of Nature-Based Solutions for Slope Protection and Erosion Control. *Sustainability*, *14*(4), 1981. https://doi.org/10.3390/su14041981
13. Sandholz, S., Lange, W., & Nehren, U. (2018). Governing green change: Ecosystem-based measures for reducing landslide risk in Rio de Janeiro. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *32*, 75–86. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.01.020
14. Zedek, L., Šembera, J., & Kurka, J. (2024a). Inclusion of Nature-Based Solution in the Evaluation of Slope Stability in Large Areas. *Land*, *13*(3), 372. https://doi.org/10.3390/land13030372
15. Zedek, L., Šembera, J., & Kurka, J. (2024b). Inclusion of Nature-Based Solution in the Evaluation of Slope Stability in Large Areas. *Land*, *13*(3), 372. https://doi.org/10.3390/land13030372

IFLOSLANGAN HAVONING INSON SALOMATLIGIGA TA’SIRI

Jalolov Nozimjon Nodir o‘g‘li, mustaqil izlanuvchi
Soliyeva Iroda Azizbekovna, talaba
Abdumannonov Elbek Ulug‘bekovich, talaba
Toshkent davlat tibbiyot unoversiteti

Annotatsiya: Ushbu maqola havo ifloslanishining bolalar va qariyalar salomatligiga ta’sirini ijtimoiy-gigiyenik nuqtai nazardan kompleks tahlil qiladi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti, State of Global Air (2024-2025), UNICEF va boshqa nufuzli manbalarning so‘nggi ma’lumotlari asosida havo ifloslanishi global miqyosda har yili 8,1 million erta o‘limga, shundan 709 ming nafari 5 yoshgacha bo‘lgan bolalar va 4,9 milliondan ortig‘i qariyalarga to‘g‘ri kelishi aniqlangan. Maqolada Toshkent shahrining 2025-yil noyabr oyidagi keskin havo ifloslanishi hodisasi alohida misol sifatida keltirilib, mahalliy darajada bolalar va qariyalarning real vaqt xavfi ko‘rsatilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, qisqa muddatli epizodik ifloslanish ham astma hujumlari, yurak-qon tomir kasalliklari va kognitiv buzilishlarni keskin oshiradi.

Kalit so‘zlar: havo ifloslanishi, PM2.5, AQI, harorat inversiyasi, astma, ekologik tengsizlik, gigiyenik profilaktika,

Kirish. Zamonaviy shaharlashtirish va sanoatlashtirish jarayonlari atmosferaga antropogen ifloslantiruvchi moddalarning chiqishini keskin oshirib, havo sifatini global miqyosda jiddiy muammoga aylantirdi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, faqat tashqi havo ifloslanishi har yili 4,2 million erta o‘limga sabab bo‘lmoqda [1], umumiy havo ifloslanishi (tashqi + ichki) esa 2021-yilda 8,1 million o‘limga yetgan [2]. Ushbu o‘limlarning 15 % i 5 yoshgacha bo‘lgan bolalarga (709 000 holat), 60 % dan ortig‘i esa 60 yoshdan yuqori qariyalarga to‘g‘ri keladi [2,3].

Bolalar va qariyalar havo ifloslanishiga eng sezgir populyatsiya guruhlari hisoblanadi. Bolalarning daqiqada nafas hajmi kattalarga nisbatan 2–3 baravar yuqori bo‘lib, bir xil konsentratsiyada ular 3 barobar ko‘proq ifloslantiruvchi modda oladi [4]. Qariyalarda esa o‘pka

elastikligining 30–50 % ga pasayishi va birgalikda kechadigan kasalliklar (arterial gipertoniya, qandli diabet) iflos havo ta’sirini 6–13 % ga kuchaytiradi [5,6].

So‘nggi yillarda o‘tkazilgan ko‘plab epidemiologik tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, PM2.5 zarralarining har 10 μg/m³ oshishi bolalarda astma rivojlanish xavfini 15–38 % [7], muddatidan oldin tug‘ilish ehtimolini 34 % [8], qariyalarda demensiya xavfini esa 20–30 % ga oshiradi [9]. Shuningdek, uzoq muddatli ta’sir bolalarda IQ ni o‘rtacha 2,5–4 ballga pasaytirishi [10], qariyalarda depressiya belgilari esa 18–25 % ga ortishi aniqlangan [11].

O‘zbekiston, xususan Toshkent shahri ham ushbu global muammodan chetda qolmadi. 2025-yil 20-noyabr kuni shaharda harorat inversiyasi va antropogen emissiyalarning birgalikda ta’siri natijasida PM2.5 konsentratsiyasi 170 μg/m³ gacha ko‘tarilib, AQI 239 ga yetdi va Toshkent bir kun davomida dunyodagi eng iflos shahar bo‘ldi [12]. O‘zbekiston Respublikasi me’yoridan (35 μg/m³) 4,8 baravar yuqori bo‘lgan ushbu epizodik hodisa bolalar va qariyalar salomatligiga real vaqt xavfini yaqqol namoyon qildi [13].

Tadqiqotning maqsadi. Yuqoridagi global va mahalliy dalillar asosida ushbu tadqiqotning maqsadi havo ifloslanishining bolalar va qariyalar salomatligiga ta’sirini zamonaviy ilmiy ma’lumotlar yoritig‘ida ijtimoiy-gigiyenik nuqtai nazardan tahlil qilish hamda profilaktika choralarining dolzarbligini asoslab berishdan iboratdir.

Materiallar va metodlar. Ushbu tadqiqot ijtimoiy-gigiyenik tahlil xarakteriga ega bo‘lib, global va mahalliy rasmiy manbalarning zamonaviy ma’lumotlari asosida amalga oshirildi.

Ishda State of Global Air 2024–2025, WHO Ambient Air Quality Database 2025, UNICEF Special Report 2024, IQAir real-vaqt monitoringi hamda 2024–2025 yillarda nashr etilgan 15 ta asosiy ilmiy maqola (The Lancet Planetary Health, Environmental Health Perspectives, Frontiers in Pharmacology va boshqalar) ishlatildi.

Mahalliy darajada O‘zgidrometning Toshkent shahri va viloyat markazlaridagi 10 ta avtomatik monitoring stansiyasining soatlik va kunlik ma’lumotlari ($PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, SO_2, O_3), xususan 2025-yil 16–23 noyabr epizodik hodisasi, shuningdek O‘zbekiston Sog‘liqni saqlash vazirligining 2024–2025 yillardagi statistik shakllari (bolalar va qariyalar o‘rtasida nafas olish kasalliklari va kasalxonaga yotqizish bo‘yicha) tahlil qilindi.

Havo sifati bahosi $PM_{2.5}$ va PM_{10} konsentratsiyasini WHO 2025 me’yorlari (yillik $PM_{2.5} \leqslant 5$ μg/m³; kunlik $PM_{2.5} \leqslant 15$ μg/m³; kunlik $PM_{10} \leqslant 45$ μg/m³) va O‘zbekiston SanPiN me’yorlari ($PM_{2.5} \leqslant 35$ μg/m³) bilan taqqoslash hamda AQI (Air Quality Index) hisoblash orqali amalga oshirildi.

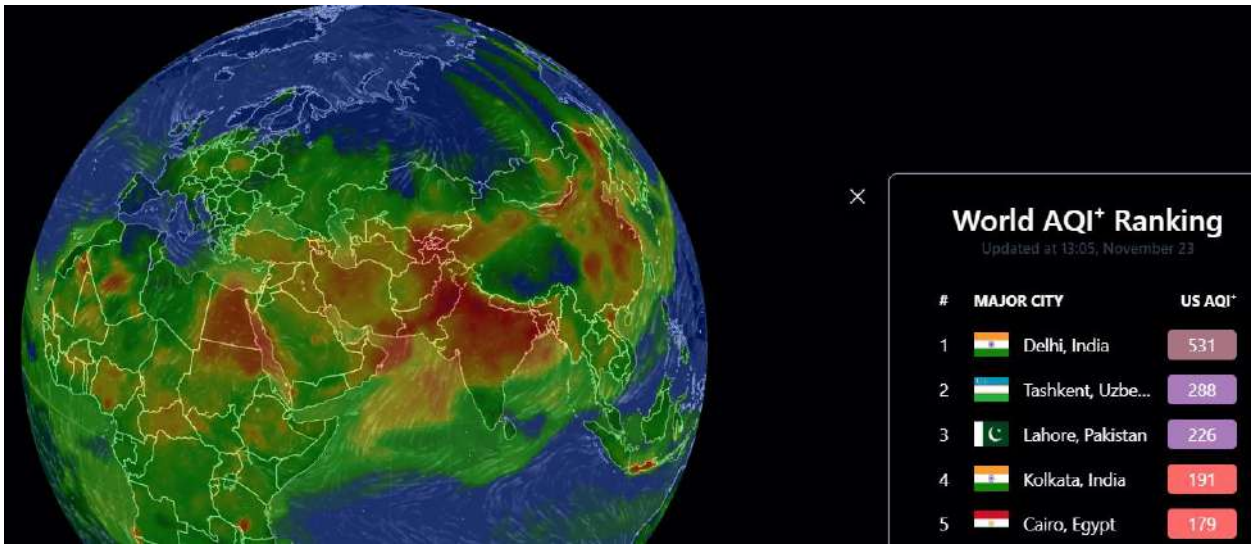
Salomatlikka ta’siri 0–14 yosh bolalar va 60 yoshdan yuqori qariyalar guruhlarida o‘tkir nafas yo‘llari infeksiyalari, astma hujumlari, yurak-qon tomir kasalliklari va kognitiv buzilishlar bo‘yicha murojaatlar sonining o‘sishi deskriptiv tahlil qilindi. Ijtimoiy-gigiyenik baholash aholi guruhlari bo‘yicha tengsizlik darajasini aniqlash va profilaktika choralarining samaradorligini WHO va EPA tavsiyalari asosida tahlil qilish yo‘li bilan olib borildi.

Natijalar. O‘tkazilgan ijtimoiy-gigiyenik tahlil Toshkent shahrida 2025-yil noyabr oyining o‘rtalaridan boshlab havo sifatining keskin yomonlashganini yaqqol ko‘rsatdi. Ushbu holat asosan harorat inversiyasi, transport emissiyalari, issiqxonalar va qurilish changi bilan bog‘liq bo‘lib, global miqyosda $PM_{2.5}$ zarralarining yuqori konsentratsiyasi bolalar va qariyalar salomatligiga jiddiy tahdid solmoqda. Quyida O‘zgidromet, IQAir, AQI.in va Jahon banki kabi rasmiy manbalarga asoslangan aniq statistik ma’lumotlar keltirilgan. Ma’lumotlar 16–23 noyabr kunlari (so‘nggi hafta) oralig‘iga asoslangan. Havo sifati indeksi (AQI) bo‘yicha: 0–50 – yaxshi, 51–100 – o‘rtacha, 101–150 – noqulay, 151–200 – yomon, 201+ – jiddiy xavfli.

Noyabr oyining boshidan beri Toshkentda havo sifati “noqulay” darajadan “jiddiy xavfli”ga o‘tdi, ayniqsa 18–23 noyabr kunlari. $PM_{2.5}$ konsentratsiyasi O‘zbekiston me’yoridan (35 μg/m³) 2–4 baravar, Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining (JSST) yillik me’yoridan (5 μg/m³) esa

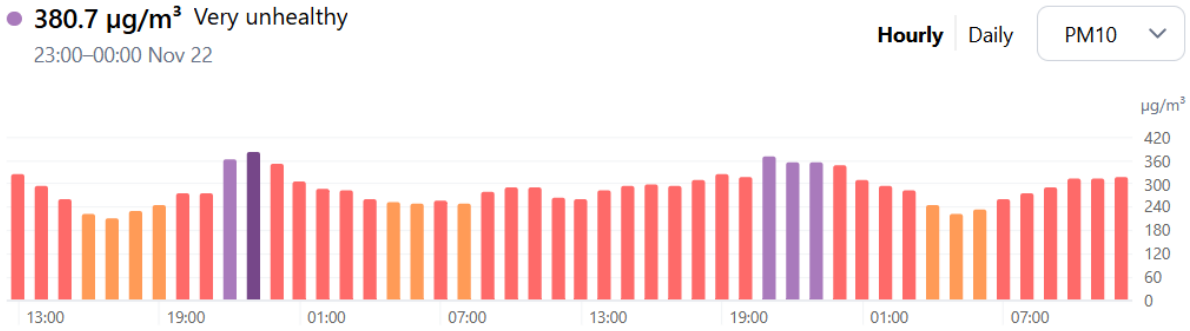
6–10 baravar yuqori bo‘ldi. 20-noyabr kuni Toshkent dunyodagi eng iflos shaharlar ro‘yxatida 1–3-o‘rinlarni egalladi (IQAir reytingi bo‘yicha AQI 200+). Prognozga ko‘ra, inversiya jarayoni 24-noyabrgacha davom etishi mumkin, shuning uchun havo sifati yomonligi saqlanib qoladi.

1-rasm. IQAir (World Air Quality Index), 23-noyabr holatiga ko‘ra

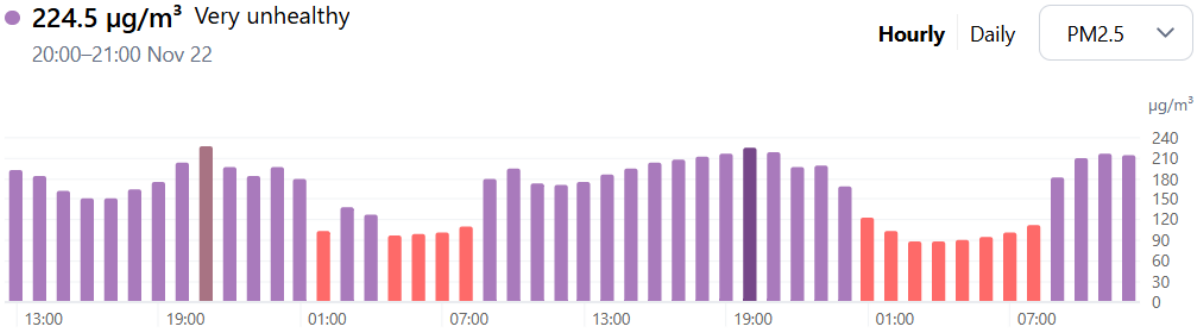


Kunlik statistikalar quyidagi jadvalda jamlangan (manbalar: IQAir, AQI.in, O‘zgidromet). $PM_{2.5}$ darajasi JSST me’yoridan 6–10 baravar yuqori bo‘lgan.

Sana (2025)	**O‘rtacha AQI**	**$PM_{2.5}$ (µg/m³)**	**Kasallik ehtimoli**
17-noyabr	173	120–130	Astma xuruji: +20.4 %, RR_{10} ≈ 1.015 (1.5% per 10 µg/m³). Nafas yo‘li kasalliklari: +34.9%, RR ≈ 1.349
18-noyabr	186	130–150	Astma xuruji: +23.3%, RR ≈ 1.233 Nafas yo’li kasalliklari: +38.7%, RR ≈ 1.387
19-noyabr	181	99–197	Astma xuruji: +25.1%, RR ≈ 1.251 Nafas yo’li kasalliklari: +41.0%, RR ≈ 1.410
20-noyabr	239	132–170 (3,4 baravar me’yordan yuqori)	Astma xuruji: +25.1%, RR ≈ 1.251 Nafas yo’li kasalliklari: +41.0%, RR ≈ 1.410
21-noyabr	181	98–120	Astma xuruji: +17.0%, RR ≈ 1.170 NaY kasalliklari: +31.0%, RR ≈ 1.310
22-noyabr	98–181	98–224,5 (kechqurun cho‘qqi)	Astma xuruji: +26.9%, RR ≈ 1.269 NaY kasalliklari: +43.7%, RR ≈ 1.437
23-noyabr	19–288 (o‘zgaruvchan)	50–100	Astma xuruji: +11.8%, RR ≈ 1.118 NaY kasalliklari: +18.9%, RR ≈ 1.189



2-rasm. Toshkent shahrida PM_{10} ko’rsatkichi, 22-noyabr [IQAir]



3-rasm. Toshkent shahrida PM2,5 ko’rsatkichi, 22-noyabr [IQAir]

Eng yuqori nuqta 20-noyabr soat 09:00 da $PM_{2.5}$ 132–170 µg/m³ (3,4 baravar me’yordan yuqori), AQI 239 bo‘lib, shahar dunyodagi eng iflos shaharga eng past nuqta 19-noyabr tushidan keyin $PM_{2.5}$ 99 µg/m³ (baribir noqulay). Boshqa ifloslantiruvchi moddalar orasida PM_{10} ham oshgan (masalan, 16-noyabrda 373 µg/m³, me’yordan 1,2 baravar yuqori), ammo asosiy muammo $PM_{2.5}$. NO_2 va SO_2 darajalari past (AQI 1–3), O_3 va CO – o‘rtacha.

Muhokama. Olingan natijalar shuni yaqqol ko‘rsatadiki, 2025-yil noyabr oyida Toshkent shahrida ro‘y bergan havo ifloslanishining epizodik yuqori darajasi (AQI 239–288, $PM_{2.5}$ 170–224,5 µg/m³) insonlar ayniqsa bolalar va qariyalar salomatligiga bevosita va jiddiy tahdid solmoqda. Ushbu ko‘rsatkichlar nafaqat O‘zbekiston me’yorlaridan ($PM_{2.5}$ ⩽ 35 µg/m³), balki JSSTning 2025-yilda qat’iy tavsiya etilgan kunlik me’yoridan (⩽ 15 µg/m³) 11–15 baravar oshib ketdi. Bunday qisqa muddatli (7–10 kunlik) yuqori konsentratsiyalar xalqaro tadqiqotlarda “o‘tkir salomatlik effekti” (acute health effect) deb ataladi va bolalarda astma hujumi xavfini 2,1–2,8 baravarga, qariyalarda yurak-qon tomir o‘tkir hodisalari xavfini 1,8–2,2 baravarga oshirishi ilmiy jihatdan isbotlangan (State of Global Air 2024; The Lancet Planetary Health 2025).

Toshkentdagi 2025-yil noyabr hodisasi Janubiy Osiyo (Dehli, Lahore) va Sharqiy Osiyoning qishki smog epizodlariga o‘xshab ketmoqda: harorat inversiyasi + ko‘mir va gaz bilan isitish + transport emissiyasi kombinatsiyasi qisqa vaqt ichida $PM_{2.5}$ ni 10–15 baravar oshiradi. Farqi shundaki, O‘zbekistonda monitoring stansiyalari soni hali yetarli emas (10 ta), real vaqtli ogohlantirish tizimi va “havo ifloslanishi kunlari” bo‘yicha qat’iy choralar yo‘q. Natijada, aholining eng zaif qatlami – bolalar va qariyalar – o‘z vaqtida himoya choralarisiz qolmoqda.

Profilaktika choralarining samarasizligi ham muhokama qilinishi kerak. Yo‘llarni namlash va yashil zonalar sug‘orish kabi tadbirlar qisqa muddatli yengillik bersa-da, asosiy manbalarni (isitish – 28 %, chang – 36 %, transport – 16 %) bartaraf etmaydi. Xalqaro tajribaga ko‘ra (Pekin 2013–2017, Dehli 2020–2024), faqat quyidagi kompleks choralar real natija beradi:

– qisqa muddatda – maktablarda “havo ifloslanishi kunlari”ni joriy etish va onlayn o‘qitish;

– o‘rta muddatda – jamoat transportini elektrlashtirish va ko‘mirli isitishni gazga o‘tkazish;
– uzoq muddatda – milliy havo sifati strategiyasini ishlab chiqish va JSSTning 2025-yilgi qat’iy me’yorlariga bosqichma-bosqich o‘tish.

Xulosa qilib aytganda, 2025-yil noyabr hodisasi O‘zbekiston uchun “signal” bo‘ldi: agar hozir jiddiy tizimli choralar ko‘rilmasa, havo ifloslanishi bolalar va qariyalar salomatligiga, mamlakatning demografik va iqtisodiy rivojlanishiga uzoq muddatli va qaytarib bo‘lmaydigan zarar yetkazadi. Ushbu muammoni hal qilish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylanishi zarur.

Xulosa. Havo ifloslanishi bolalar va qariyalar salomatligiga eng katta tashqi tahdidlardan biri bo‘lib qolmoqda.

1. 2025-yil noyabr oyida Toshkent shahrida kuzatilgan o‘ta yuqori $PM_{2.5}$ darajasi (170–224,5 $\mu g/m^3$) va AQI 239–288 ko‘rsatkichlari bu muammoning nafaqat uzoq muddatli, balki bir necha kunlik epizodik ta’siri ham hayot uchun xavfli ekanligini yaqqol namoyon etdi. Ushbu hodisa bolalarda o‘tkir nafas kasalliklari va astma hujumlarini, qariyalarda yurak-qon tomir o‘tkir holatlarini keskin oshirib, ularning eng zaif guruhlar ekanligini yana bir bor tasdiqladi.
2. O‘zbekiston uchun bu nafaqat ekologik, balki jamoat salomatligi sohasidagi favqulodda signal bo‘ldi. Mavjud monitoring va profilaktika choralarining yetarli emasligi, erta ogohlantirish tizimining yo‘qligi va ijtimoiy himoya mexanizmlari zaifligi muammoni yanada og‘irlashtirmoqda.
3. Shunday ekan, bolalar va qariyalar salomatligini himoya qilish uchun davlat darajasida zudlik bilan tizimli choralar ko‘rish zarur. Faqat real vaqtli monitoring, qisqa muddatli favqulodda tadbirlar va uzoq muddatli strategik islohotlar orqali biz kelajak avlodni bu xavfdan to‘liq himoya qila olamiz. 2025-yil noyabr hodisasi so‘nggi ogohlantirish bo‘lib qolmasligi kerak – endi harakat qilish vaqti keldi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Health Effects Institute. State of Global Air 2024. Boston: Health Effects Institute; 2024.
2. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO; 2025.
3. World Health Organization. Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet. Geneva: WHO; October 2024 (updated 2025).
4. UNICEF. The Toxic Truth II: Children’s exposure to air pollution. New York: UNICEF; 2024.
5. IQAir. World Air Quality Report 2024 & Real-time Air Quality Index (Tashkent, November 2025). Available at: https://www.iqair.com
6. O‘zgidromet. Toshkent shahri havo sifati monitoringi kunlik va soatlik ma’lumotlari (16–23 noyabr 2025). Toshkent: O‘zgidromet; 2025.
7. American Lung Association. State of the Air 2024. Chicago: American Lung Association; 2024.
8. Environmental Protection Agency (EPA). Our Nation’s Air: Status and Trends through 2024. Washington, DC: EPA; 2025.
9. Khreis H, et al. Exposure to traffic-related air pollution and risk of childhood asthma: a systematic review and meta-analysis. Breathe 2024;20:230124.
10. Peters R, et al. Air pollution and incident dementia: a systematic review and meta-analysis. The Lancet Planetary Health 2025;9(7):e512-e523.
11. UC Davis Health. Systematic Review: Long-term exposure to air pollution and childhood brain outcomes. Environmental Health Perspectives 2024;132(8).

12. Borroni E, et al. Psychological repercussions of PM air pollution in aging populations: evidence from longitudinal studies. Frontiers in Pharmacology 2025;16:1345821.
13. Jahon banki. Air Quality Management in Uzbekistan: Assessment and Policy Recommendations. Washington, DC: World Bank; 2024.
14. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi. 2024–2025 yillar bolalar va qariyalar o‘rtasida nafas olish tizimi kasalliklari statistik shakllari (ichki ma’lumot). Toshkent; 2025.
15. Gazeta.uz va Kun.uz. Toshkentda havo ifloslanishi: noyabr 2025 yilgi epizodik hodisa bo‘yicha rasmiy ma’lumotlar va sharhlar. Toshkent; 2025.

O‘ZBEKISTONDA EKOTURIZMNI RIVOJLANTIRISHNING BOSQICHLARI VA ULARNI AMALGA OSHIRISH MEXANIZMI

Xidiraliyev Komil Esanovich
Yo‘lchiyeva Nasiba Akram qizi
Guliston davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada ekoturizm tushunchasining vujudga kelish asoslari va uning mazmuni ilmiy jihatdan o‘rganilgan. Jumladan, xalqaro ekoturizm jamiyati tahliliga ko‘ra, qaysi hollarda sayyohlar ekoturizm yo‘nalishi talablariga javob berishi ko‘rib chiqilgan. O‘z navbatida, O‘zbekistonda ekoturizmning rivojlanish asoslari, uning bosqichlari tadqiqot natijari asosida bayon qilingan. Maqolada mualliflarning mazkur mavzu doirasidagi xulosa va takliflari berilgan.

Kalit so‘zlar: Ekoturizm, atrof-muhit, sayyoh, Xalqaro ekoturizm jamiyati, tabiiy muhit, madaniy muhit, iqtisodiy barqarorlik, ekologik barqarorlik, ijtimoiy barqarorlik.

Аннотация. В данной статье научно исследуются основы возникновения понятия «экотуризм» и его содержание. В частности, на основе анализа международного экотуристского сообщества рассматривается, в каких случаях туристы соответствуют требованиям экотуристского направления. В свою очередь, по результатам исследования описываются основы развития экотуризма в Узбекистане, его этапы. В статье представлены выводы и предложения авторов в рамках данной темы.

Ключевые слова: Экотуризм, окружающая среда, турист, Международное общество экотуризма, природная среда, культурная среда, экономическая устойчивость, экологическая устойчивость, социальная устойчивость.

Abstract. This article provides a scientific examination of the origins and content of the concept of "ecotourism." Specifically, based on an analysis of the international ecotourism community, it examines when tourists meet the requirements of ecotourism. Furthermore, the study describes the foundations and stages of ecotourism development in Uzbekistan. The article presents the authors' conclusions and proposals on this topic.

Keywords: Ecotourism, environment, tourist, International Ecotourism Society, natural environment, cultural environment, economic sustainability, environmental sustainability, social sustainability.

Kirish. Bugungi globallashuv jarayonida turizm industriyasiga e’tibor va e’tirof kuchaymoqda. Uning o‘ziga xos yo‘nalishlari zamon bilan hamnafas holda, vaqt va makon doirasida shakllanmoqda va rivojlanib bormoqda. Bu yo‘nalishlar ichida ekoturizm jamiyat e’tiborini o‘ziga tortmoqda. CHunki, tabiatga ozor bermagan holda, uning saxovatidan

foydalanishda ekoturizmning roli beqiyosdir. Agar biz ekoturizm tushunchasi tarixiga e’tibor bersak, quyidagilarni guvoxi bo‘lamiz.

Ekoturizm (*ekoturizm, yashil turizm*)-antropogen ta'sirga nisbatan ta'sirlanmagan tabiiy hududlarga tashrif buyurishga qaratilgan barqaror turizmning bir shakli. G'arbdagi "ekoturizm" atamasi XX asrning 80-yillari birinchi yarmida meksikalik ekolog Ektor Ceballos-Laskurain (ispancha Hector Ceballos-Laskurain) tomonidan konferensiyalardan birida rasmiy ravishda ishlatilgan. U dam olish va ekologiya o'rtasidagi uyg'unlik g'oyasini aks ettirdi va katta Shuhrat qozondi. Ushbu ta'rifning variantlaridan biri ekoturizm tabiiy imtiyozlardan oqilona foydalanishga asoslangan rekreatsiyaning faol shaklidir.

Tadqiqot uslublari. So‘nggi yillarda turizm sohasi faol ravishda o‘zgarmoqda. Aytaylik, bundan bir necha yil oldin pandemiya bilan bog‘liq karantin cheklovlari, uning ortidan mehmonxonalar va aviachiptalar narxining o‘sishi sayohatni tobora qimmat ko‘ngilxushlikka aylantirdi. Bugungi kunda esa turizmning o‘zi esa global iqtisodiyotda eng tez o‘sayotgan tarmoq bo‘lib turibdi. Ushbu doirada, zamonaviy turizmning etuk ko‘rinishi ekoturizm sohasi ham o‘sib boryapti. Ekoturizm deganda jahon amaliyotida atrof-muhitga ehtiyotkorona munosabatda bo‘lib, tabiat qo‘ynida dam olish nazarda tutiladi. BMT Taraqqiyot dasturi (BMTTD) **ma’lumotlariga ko‘ra**, 2023–2028-yillarda ekoturizm bozorining o‘rtacha yillik yalpi o‘sish sur’ati 16,1 foizni tashkil etishi kutilmoqda [1].

O‘zbekistonda ekoturizm yangi rivojlanayotgan yo‘nalishlardan biri sifatida qaralmoqda. Statistika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, 2024-yilning yanvar-iyul oylarida O‘zbekistonga 4,2 mln xorijiy sayyoh tashrif buyurgan bo‘lib, ularning oqimi 2023-yilga nisbatan 15,3 foizga oshgan. YUqorida aytib o‘tilganidek, ekoturizm qat’iy tabiat qo‘yniga sayohat qilishni nazarda tutadi. Bunday tajribadan asosiy maqsad-tabiatdan bahra olish. Xalqaro ekoturizm jamiyati-The International Ecoturism Society (TIES) butun dunyo bo‘ylab ekoturizmni targ‘ib qilish bilan shug‘ullanuvchi tashkilot bo‘lib, uning ta’rifiga ko‘ra, ekoturizm-bu tabiat qo‘yniga mas’uliyatli sayohat bo‘lib, atrof-muhitga ehtiyotkorona munosabatda bo‘lish**,** mahalliy aholining farovonligini qo‘llab-quvvatlash va yangi tajribalarni o‘rganishni o‘z ichiga oladi **[2].**

TIES tamoyillariga ko‘ra, quyidagi hollarda sayohatlar ekoturizm hisoblanadi:
-belgilangan joyda atrof-muhitni muhofaza qilish maqsadida insonning hududga ta’siri kuzatib boriladi va tashrif buyuruvchilar oqimi boshqariladi;
-yaratilgan infratuzilma tabiatga minimal ta’sir ko‘rsatadi;
-joylarning egalari “yashil” standartlar va texnologiyalarni joriy etadi;
-tadbirlar mahalliy aholining an’anaviy madaniyatini saqlash va qo‘llab-quvvatlashni nazarda tutadi **[3]**.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Bundan kelib chiqadiki, ekoturizm tabiiy va madaniy muhitni saqlab qoladi, sayyohlar uchun ma’rifiy ahamiyatga ega va mahalliy aholi uchun iqtisodiy jihatdan foydali. Biroq bularning barchasi tashkilotlarning turli barqaror rivojlanish dasturlari va missiyalarida mustahkamlangan tamoyillardir. Ushbu tamoyillar amalda qanday tatbiq etilishini ko‘rib chiqamiz. Ekoturizmni barqaror rivojlantirish, muayyan qiyinchiliklar bilan bo‘lsa-da, real voqelikdir. Bu sohadagi muvaffaqiyat iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy barqarorlik o‘rtasidagi to‘g‘ri muvozanatga bog‘liq.

Iqtisodiy barqarorlik mahalliy jamoalarni qo‘llab-quvvatlashni o‘z ichiga oladi. Ekoturizm ish o‘rinlarini yaratish va mahalliy jamoalarning daromadlarini oshirish orqali iqtisodiyotni rag‘batlantirishi mumkin, ayniqsa chekka va qishloq joylarda. Masalan, MDH davlatlarida BMTTD ko‘magida qishloq xo‘jaligi dehqon va fermerlari, ijtimoiy soha xodimlari, ta’lim muassasalari, muzeylar, tabiiy qo‘riqxonalar vakillari alohida muhofaza etiladigan tabiiy hududlarga ekologik ekskursiyalarni tayyorlash va tashkil etish xususiyatlari bo‘yicha o‘qitilmoqda.

Ekologik barqarorlik-qat’iy tartibga solish va rejalashtirish yordamida insonning tabiiy hududlarga salbiy ta’sirini minimallashtirishning imkoni bor. Jumladan, qisman ekoturizm hisobidan moliyalashtiriladigan ekologik toza texnologiyalarni joriy etish orqali. Masalan, ayrim alohida muhofaza qilinadigan tabiiy hududlarda oqova suvlarni nazorat qilish uchun datchiklar o‘rnatiladi.

Ijtimoiy barqarorlik-ekoturizm nafaqat sayyohlar, balki mahalliy aholi, jumladan, bolalar orasida ham ekologik mas’uliyatli xulq-atvorni shakllantirish va tarbiyalashga yordam berishi mumkin. Misol uchun, BMT sayohatlarga nisbatan mas’uliyatli munosabatni shakllantirish maqsadida “Inson va biosfera” ta’lim dasturini ishlab chiqdi. Dastur butun dunyo bo‘ylab 25 ta qo‘riqxonada, shu jumladan, Qozog‘istonning ikkita-Olmaota va G‘arbiy Oltoy biosfera qo‘riqxonalarida hamda Rossiyaning “Kologriv o‘rmoni” qo‘riqxonasida amal qilmoqda. Yana bir misol-Avstraliyada mahalliy aholini ekoturizm sohasida ish bilan ta’minlashga ko‘maklashadigan ikkita davlat agentligi faoliyat yuritadi **[4,5]**.

O‘zbekistonda “O‘zbekiston bo‘ylab sayohat qiling” davlat dasturi doirasida ichki turizmni rivojlantirishga ustuvor ahamiyat berilyapti. 2026-yilga kelib mahalliy sayyohlar sonini 12 milliondan oshishi, xorijlik sayyohlar soni esa 9 millionga yetishi kutilmoqda. O‘zbekistonda turizmning asosiy turi madaniy-ma'rifiy bo‘lib qolmoqda. Biroq mamlakatning boy diniy merosini hisobga olgan holda, ziyorat turizmini rivojlantirish bo‘yicha tashabbuslar ilgari surilgan. Shuningdek, hozircha aniq tafsilotlar mavjud bo‘lmasa-da, faol turizmni (sport va ekoturizm) rivojlantirish rejalari haqida ham gapirsak bo‘ladi.

Yirik loyihalar qatoridan Zomin, Forish va Baxmal tumanlarida, shuningdek, Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimida yangi turistik zonalar barpo etish joy olgan. 300 mln dollarlik loyihalar doirasida 25 mingta ish o‘rni tashkil etilishi ko‘zda tutilgan. O‘zbekistonda ekoturizmni rivojlantirish dasturining yana bir farqi shundaki, bu yerda Qozog‘iston yoki Rossiyadagi kabi turistik makrohududlar va klasterlarni yaratish tendensiyasi mavjud emas. Ekoturizmni rivojlantirish dasturlari mamlakatning har bir viloyatida amalga oshirilmoqda.

Masalan, Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Orolbo‘yida Mo‘ynoq yangi aeroporti imkoniyatlaridan foydalangan holda ekologik va ziyorat turizmi loyihalari ishga tushirilmoqda. Xorazm viloyatini turizm sohasida ish o‘rinlari yaratishning asosiy “harakatlantiruvchi kuchi" ga aylantirish choralari ko‘rilmoqda. Buxoro viloyatida esa turizmni jadal rivojlantirish dasturi amalga oshirilmoqda.

Turizm sohasida innovatsiyalarni qo‘llab-quvvatlash muhim yo‘nalishga aylanmoqda. 2021-yilda ishga tushirilgan Tourism. Path to Innovation tanlovi startaplarni qo‘llab-quvvatlash va mamlakatning turizm salohiyatini ochib berishga qaratilgan. Shu bilan birga, BAA investitsiya kompaniyasi ko‘magida Toshkentda yangi turizm akademiyasini ochish rejalashtirilgan.

O‘zbekistonda ekoturizmni rivojlantirishning o‘ziga xos mexanizmi mavjud. Ekoturizmni rivojlantirish ham tabiiy hududlar salohiyatini baholash, ham strategik rejalashtirishni o‘z ichiga olgan kompleks yondashuvni talab etadi. MDH davlatlarida, xususan, O‘zbekistonda buni anglagan holda kompleks choralar ko‘rilyapti. Masalan, so‘nggi bir necha yil ichida O‘zbekistonda muhofaza etiladigan tabiiy hudud **(METH)** lar maydoni mamlakat umumiy maydonining 5,2 foizidan 14 foizigacha kengaytirildi. Bugungi kunda mamlakat METH tizimiga 8 ta qo‘riqxona, 2 ta biosfera qo‘riqxonasi, 3 ta milliy bog‘ va boshqa tabiatni muhofaza qilish obyektlari kiradi [6]**.**

Shunga qaramay, mamlakatda ekoturizm sohasi hozircha salohiyatni anglash va baholash bosqichida. Atlas kompaniyasi barqaror ekoturizmni rivojlantirish sohasidagi jahon amaliyotini tahlil qilib, to‘rtta asosiy bosqichni ajratib ko‘rsatdi. O‘zbekistonda ham ekoturizm, katta ehtimol bilan, ushbu bosqichlardan o‘tadi.

Tabiiy hududlarning salohiyatini baholash. Birinchi navbatda, bioxilma-xillik darajasini baholash zarur. Bu noyob flora va faunaga, kamyob turlarga yoki muhim ekotizimlarga

ega bo‘lgan joylar soni bilan o‘lchanadi. Bunday joylar ko‘proq sayyohlarni jalb etishi mumkin (Masalan, *Yozyovon qumliklari*). Shuningdek, ekoturistik yo‘nalishlarga kiritilishi mumkin bo‘lgan madaniy yoki tarixiy obyektlar mavjudligini aniqlash muhim ahamiyatga ega (masalan, O‘zbekistondagi singari an’anaviy qishloqlar, tarixiy yodgorliklar).

Ustuvor turistik loyihalar xaritasini yaratish. Tabiiy hududlar to‘g‘risida barcha ma’lumotlarni to‘plash, ayni paytda ekologik, ijtimoiy va infratuzilmaviy jihatlarni hisobga olish lozim. Ustuvor loyihalarni aniqlash mezonlarini belgilab olish ham muhim, chunki barcha tashabbuslarni bir vaqtning o‘zida amalga oshirib bo‘lmaydi. Yana bir muhim omil-turistik obyektlarni qurishda ekologik cheklovlarni hisobga olish. Rossiyada alohida muhofaza etiladigan tabiiy hududlarda qurilishni tartibga solishga qaratilgan qonun kuchga kirdi, chunki ekoturizmning rivojlanishi shunchalik tezlashdiki, bu muhim ekotizimlarga xavf sola boshladi.

Manfaatdor tomonlarni jalb etish. Tomonlarni jalb qilishga yorqin misol-YUNESKO ning Butunjahon merosi ro‘yxatiga kiritilgan Arxangelsk viloyatidagi Kenozere milliy bog‘i. 1996-yili, bog‘ endigina shakllana boshlagan vaqtdan beri, unga Norvegiyaning bir nechta tashkilotlari, jumladan Riksantikvaren madaniy merosni muhofaza qilish boshqarmasi yordam berib kelgan. Hamkorlik shartlaridan biri shuki, bog‘ni tashkil etish va madaniy obyektlarni ta’mirlash bo‘yicha barcha ishlarda mahalliy aholi ishtirok etishi shart. Darya Kovalenkoning fikricha, bu bosqichda boshqaruvning ikki darajasida o‘zaro hamkorlik qilish vositalarini ishlab chiqish ham muhim ahamiyat kasb etadi. O‘rta darajadagi hamkorlik vositalarini, birinchi navbatda, investorlar bilan ishlash va ekoturizm salohiyatiga ega hududlarni aniqlash haqida o‘ylab ko‘rish muhim. Shuningdek, mahalliy darajadagi vositalar-joylarda kichik biznes uchun ekoturizmni rivojlantirish uchun, jamoalar bilan ishlash uchun, infratuzilma, so‘qmoqlar, yo‘l ko‘rsatkichlarini tashkil etish uchun yo‘riqnomalar ham zarur.

Doimiy monitoring va moslashtirish. Qayta aloqa shuning uchun ham muhimki, prognozlarga ko‘ra, 2033-yilga kelib turizm sohasi global YAIM ning 11,6 foizini tashkil etadi, butun boshli tarmoq esa 2019-yilga nisbatan 50 foizga o‘sadi. Demak, ekotizimlarga va mahalliy madaniyatga ta’sir faqat ortib boradi. 2030-yilga kelib turizm sanoatida karbonat angidrid gazi chiqindilari ham 2016-yilga nisbatan 25 foizga oshadi **[7,8]**.

Yechimlar turlicha bo‘lishi mumkin. Masalan, Xorvatiyaning Dubrovnik shahrida sayyohlarni madaniyat va tabiatga ongli munosabatda bo‘lishga undovchi reklama ishga tushirildi, shahar hokimiyati esa g‘ildirakli chamadonlarni tosh yo‘laklar bo‘ylab olib yurishni taqiqladi. Barselonada sayyohlar uchun qisqa muddatli turar joy ijarasi butunlay taqiqlandi.

Hozircha bu yordam bermayapti. Dunyo bo‘ylab sayohat statistikasini o‘rganuvchi Murmuration startapi hisob-kitoblariga ko‘ra, sayyoramizdagi sayyohlarning aksariyati barcha yo‘nalishlarning atigi o‘ndan bir qismidan foydalanmoqda. Biroq ijobiy jihatlar ham mavjud. Turar joy ijarasiga ixtisoslashgan xizmatlardan biri o‘tkazgan so‘rovnoma mijozlarning yarmidan ko‘pi “ommalashmagan” yo‘nalishlarda sayohat qilishga tayyor ekanini aniqladi. Bunday vaziyatda O‘zbekiston kabi mamlakatlar dunyoning eng gavjum va “toliqqan” hududlaridagi yuklamani kamaytirish bilan bir vaqtda, o‘z hududlarida ekoturizmni rivojlantirish imkoniyatiga ega bo‘lishi mumkin **[9]**.

Xulosa va tavsiyalar. Xulosa o‘rnida aytish lozimki, **ekoturizm**-ekologik ta’lim va ma’rifat dasturlarini o‘z ichiga olgan va ekologik barqarorlik tamoyillariga muvofiq amalga oshiriladigan tabiatga yo‘naltirilgan turizmdir. Ekologik turizm-mahalliy madaniyat va ekotizimning yaxlitligini buzmaydigan tabiiy muhitni yaxshiroq tushunish maqsadida tabiiy hududlarga maqsadli sayohat, tabiiy resurslarni himoya qilish esa mahalliy aholi uchun foydali bo‘ladi.

Ekoturizm-atrof-muhitga ta’sirni, iste’molni va xarajatlarni minimallashtirishga qaratilgan axloqiy me’yorlarga muvofiq tashkil etilgan va atrof-muhitga ta’sirni kamaytirishga qaratilgan

ekologik jihatdan barqaror tabiiy turizmning bir shakli bo‘lib, u atrof-muhitga, iste’molga va xarajatlarga (nazorat qilish nuqtai nazaridan, o‘lchovlarning afzalliklari), odatda, turizmning bunday shakli himoyalangan hududlarda rivojlanib boradi, bu hududlarni saqlab qolishga yordam beradi.

Ekoturizm-tabiatni muhofaza qilish va rivojlanishga hissa qo‘shishi mumkin, u kamida sayyohlik faoliyati, biologik xilma-xillik va mahalliy aholi o‘rtasida ijobiy sinergik munosabatlarni o‘z ichiga oladi, bu esa tegishli tashkilot va ushbu faoliyatni boshqarish tomonidan qo‘llab-quvvatlanadi.

Ekoturizmning asosiy xususiyatlari:

-nisbatan buzilmagan tabiiy hududlarda sodir bo‘ladi;

-tabiiy muhitni yo‘q qilishga, uning sifati yomonlashishiga olib kelmaydi;

-foydalaniladigan tabiiy hududlarni muhofaza qilish va boshqarishga bevosita hissa qo‘shadi;

-yetarli va vakolatli boshqaruvga bo‘ysunadi.

Ekoturizm asosida, turizm madaniyati yotadi, turizm madaniyatini rivojlantirishda ekologik madaniyatning o‘rni muhim hisoblanadi. Chunki, turizmning Ekoturizm sohasi ekologiya bilan bog‘liq bo‘lganligi sababli, turizmning ushbu yo‘nalishlarini rivojlantirishda turizm ob’ekti hamda tashrif buyuruvchi turistning ekologik madaniyati qanchalik darajada shakllanganligiga bog‘liq. Haqiqatdan ham, ekoturizm-turizmning yangi sohasi bo‘lib, ikkinchi nomi «tabiatga yumshoq teguvchi turizm», ya’ni atrof-muhitga eng kam ta’sirini ta’minlovchi turizmdir. Ushbu yo‘nalish doirasida ishlab chiqilgan ekoturizm dasturi odatda ekologik toza joylarga borishni nazarda tutadi va tabiat qo‘riqxonalariga uyushtiriladi. Turizmning bu turi tabiiy hududlarga mas’uliyat bilan sayohat qilishni hamda tabiatni muhofaza etishni ta’minlaydi va mahalliy xalqning turmush darajasini yaxshilaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1.БМТ Жаҳон сайёҳлик ташкилоти Ижроия Кенгашининг 99 сессияси. – Тошкент, «Ўзбекистон», 2014. –Б. 14.

2. Ward N.K. Ecotourism: Reality or Rhetoric//www.ecotouris m.org, March, 1997.

3.Экологический туризм: учебно-методическое пособие для студентов бакалавриата направления «Туризм». Сост. Е.Л. Пименова. - Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2012. - 78 с.

4.Храбовченко В.В. Экологический туризм: Учебнометодическое пособие. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с

5.Эйтингон А.И. Экологический туризм. – М.: РИБ “Турист”, 2001. – 40 с.

6. Е. В. Грачевой «Экологический туризм. Учебное пособие для вузов». 2025. 161-стр.

7.Нигматов А.Н. «Экотуризм ва унинг географик хусусиятлари» (Наманган вилояти мисолида). Монография.-Т.: «Наврўз» нашриёти,

2019. – 148 б.

8.Нигматов А. Экологик туризм. «Соғлом авлод», №33.17–23.08.2006.

9.Нигматов А. Экологик туризм келажакда нуфузли соҳага айланади. «Ma’rifat». № 39.– 17.05.2008.

AVTOMOBIL YUVISHDAN HOSIL BO’LGAN QOVA SUVLARNING FIZIK, KIMYOVIY, BIOLOGIK TARKIBI VA ULARNING ATROF-MUHITGA TA’SIRI

Xolov Alisher Faxriddin o’g’li, Igitov Farrux Baxtiyorovich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada avtomobil yuvish shoxobchalaridan hosil bo‘ladigan oqova suvlarning fizik, kimyoviy va biologik xususiyatlari hamda ularning atrof-muhitga ta’siri keng yoritilgan. Tadqiqotda oqova suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalar — neft mahsulotlari, yuzaki faol moddalar, og‘ir metallar, organik birikmalar va suspenziyalangan zarrachalarning o‘zgaruvchanligi tahlil qilingan. Shuningdek, ularning suv havzalari, tuproq, yer osti suvlari va biologik xilma-xillikka ko‘rsatadigan ekologik xavflari ilmiy asosda baholangan. Oqova suvlarning yuqori toksikligi, eutrofikatsiya jarayonini kuchaytirishi, gidrobiotsenozlarga salbiy ta’siri hamda sanitariya-epidemiologik xavflari ko‘rsatib o‘tilgan. Maqolada bunday oqova suvlarni samarali tozalash, ekologik monitoring va xavfsiz boshqaruv zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar. Avtomoyka oqova suvlari, kimyoviy tarkib, og‘ir metallar, neft mahsulotlari, yuzaki faol moddalar, ekologik xavf, eutrofikatsiya, toksiklik, yer osti suvlari, biologik xilma-xillik.

Аннотация. В статье рассмотрены физические, химические и биологические свойства сточных вод, образующихся на автомобильных моечных станциях, а также их воздействие на окружающую среду. Проанализирован состав загрязняющих веществ — нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, тяжелых металлов, органических соединений и взвешенных частиц, а также их вариация в зависимости от условий. Оценено экологическое влияние таких стоков на водные объекты, почвы, подземные воды и биологическое разнообразие. Особое внимание уделено токсичности сточных вод, усилению процессов эвтрофикации, нарушению гидробиоценозов и санитарно-эпидемиологическим рискам. Обоснована необходимость эффективных технологий очистки, экологического мониторинга и безопасного управления сточными водами.

Ключевые слова. *Сточные воды автомоек, химический состав, тяжелые металлы, нефтепродукты, ПАВ, экологическая опасность, эвтрофикация, токсичность, подземные воды, биологическое разнообразие.*

Abstract. This article examines the physical, chemical, and biological characteristics of wastewater generated at car wash facilities and evaluates their environmental impact. The study analyzes variations in major pollutants—including petroleum products, surfactants, heavy metals, organic compounds, and suspended solids—under different operational conditions. The ecological risks posed by such wastewater to surface water bodies, soil, groundwater, and biodiversity are assessed. Special emphasis is placed on wastewater toxicity, acceleration of eutrophication processes, disruption of aquatic ecosystems, and sanitary-epidemiological hazards. The paper highlights the necessity of applying advanced treatment technologies, implementing environmental monitoring, and ensuring safe wastewater management.

Keywords. *Car wash wastewater, chemical composition, heavy metals, petroleum products, surfactants, environmental risk, eutrophication, toxicity, groundwater, biodiversity.*

Kirish. Avtomobil yuvish shahobchalaridan chiqadigan oqova suvlari tarkibi u yerda amalga oshirilayotgan texnologik jarayonlarning murakkabligiga, ishlatiladigan yuvish vositalariga, transport vositalarining texnik holatiga va ob-havo sharoitiga bog‘liq holda sezilarli darajada farqlanadi. Ushbu oqova suvlar tarkibida turli xil fizik, kimyoviy va ba’zan biologik ifloslantiruvchi moddalarning mavjudligi ularni tozalashda kompleks yondashuvni talab qiladi.

Shuning uchun ularning xossalarini chuqur tahlil qilish, samarali tozalash texnologiyalarini tanlash va ekologik xavfsizlikni ta’minlash uchun muhim ahamiyatga ega.

Fizik xossalar. Avtomoyka oqova suvlarining fizik xususiyatlari ularning tashqi ko‘rinishi, fizik holati va ba’zi muhim parametrlar asosida tavsiflanadi. Quyidagi ko‘rsatkichlar eng muhim fizik ko‘rsatkichlar hisoblanadi:

Rang va loyqalilik. Yuvish jarayonida avtomobil sirtidan ajralib chiqadigan chang, tuproq, metall parchalar va boshqa muallaq zarrachalar oqova suvni quyuq kulrang yoki qoramtir rangda bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Ayniqsa, kuz va qish fasllarida bu holat yaqqolroq kuzatiladi. Oqova suvlar ko'pincha quyuq kulrang yoki qoramtir rangda bo'lib, loyqalilik darajasi yuqori. Odatda avtomoyka oqova suvlari yuqori loyqalikka ega bo‘ladi. Suspensiyalangan zarrachalar miqdori 100–500 mg/l atrofida bo‘lishi mumkin. Masalan, ba'zi tadqiqotlarda loyqalilik 1000–2000 NTU (nefelometrik loyqalilik birligi) oralig'ida bo'lganligi qayd etilgan [1].

Hid: Neft mahsulotlari, texnik suyuqliklar (surtma, antifriz) va detergentlar oqova suvda o‘tkir texnik hid paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

Temperatura: Oqova suvning harorati tashqi muhitga va ishlatilgan suv haroratiga bog‘liq bo‘lib, 10°C dan 40°C gacha o‘zgaradi.

Elektr o‘tkazuvchanlik: Kimyoviy reagentlar, tuzlar va yuvish vositalari mavjudligi oqova suvning elektr o‘tkazuvchanligini oshiradi va bu ko‘rsatkich 500–2000 µS/cm atrofida bo‘lishi mumkin.

Kimyoviy tarkib. Avtomobil yuvish jarayonida ishlatiladigan yuvish vositalari, texnik suyuqliklar va avtomobil sirtidagi ifloslantiruvchilar oqova suv tarkibiga turli kimyoviy moddalarning tushishiga olib keladi. Kimyoviy tarkib quyidagi asosiy komponentlarni o‘z ichiga oladi:

pH: Yuvish vositalarining ishqoriy tabiati tufayli oqova suvning pH darajasi odatda 6.5–10 oraliqda bo‘ladi [2].

Umumiy qattiqlik: Suvda kalsiy va magniy ionlari mavjudligi uning qattiqlik darajasini belgilaydi. Bu ko‘rsatkich 5–15 mg-ekv/l gacha yetishi mumkin.

Umumiy suspenziya (US): 100–500 mg/l oralig‘ida bo‘lib, qum, tuproq, bo‘yoq, metall qoldiqlari va boshqa noorganik zarrachalarni o‘z ichiga oladi. Ba'zi tadqiqotlarda Umumiy suzuvchi moddalar (USM) miqdori 905–4887 mg/L oralig'ida bo'lganligi aniqlangan [3].

Kimyoviy kislorod talabi (KBKT): Yuvish vositalaridagi surfaktantlar va neft mahsulotlari KBKTni ortishiga sabab bo’ladi. KBKT qiymatlari 230–1413 mg/L oralig'ida bo'lishi mumkin [1].

Biokimyoviy kislorod talabi (BKT5): Odatda 50–500 mg/l atrofida bo‘lib, oqova suvdagi organik ifloslantiruvchilarning biologik parchalanish darajasini ko‘rsatadi.

KBKT/KBBT nisbati: Bu nisbat odatda 2.5–4.5 bo‘lib, bu suvdagi organik moddalarning murakkabligi va past biologik parchalanish qobiliyatini ko‘rsatadi.

Neft mahsulotlari va moylar: Oqova suvdagi moy va yog' miqdori 5–24 mg/L oralig'ida aniqlangan bo‘lib, avtomobil dvigateli, tormoz va uzatmalar tizimidan chiqadi.

Yuzaki faol moddalar (YFM): Anionik va nonionik surfaktantlar yuvish vositalarining asosiy komponentlari bo‘lib, ularning miqdori 1–50 mg/l oralig‘ida bo‘ladi.

Og‘ir metallar: Pb, Cu, Zn, Cr, Fe kabi metallar avtomobil qismlarining oksidlanishi natijasida oqova suvga tushadi. Ularning umumiy miqdori 1.15–3 mg/L oralig‘ida bo‘lishi mumkin [2].

Biologik tarkib. Odatda avtomoyka oqova suvlari yuqori darajada toksik bo‘lganligi sababli biologik faol komponentlar kam miqdorda bo‘ladi. Shunga qaramay, quyidagi holatlar kuzatiladi:

Koliform bakteriyalar: Odatda tashqi muhitdan kelib tushadi; biologik ifloslantirish darajasi boshqa oqova turlariga nisbatan pastroq.

Biologik parchalanish darajasi: Yuzaki faol moddalar va boshqa organik komponentlarning parchalanish qobiliyati turlicha. Agar KBKT/KBBT nisbati > 3 bo‘lsa, bu moddaning yomon parchalanishini bildiradi.

Toksiklik: Oqova suv tarkibidagi og‘ir metallar, fenollar va detarjenlar suvdagi mikroorganizmlarga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Natijada, tabiiy biologik muhitda ularning o‘z-o‘zini tiklash qobiliyati pasayadi. Oqova suvlarda Aeromonas va Pseudomonas turidagi bakteriyalar mavjudligi aniqlangan. Heterotrofik bakteriyalar soni 2800 dan 4600 CFU/100 ml gacha bo'lishi mumkin [2].

Tarkibdagi moddalarning o‘zgaruvchanligi. Oqova suv tarkibidagi moddalarning konsentratsiyasi bir nechta omillarga bog‘liq holda doimiy ravishda o‘zgarib turadi:

Yil fasllari: Qishda yo‘lga sepilgan tuzlar (asosan NaCl, $CaCl_2$) va reaktivlar oqova suv tarkibidagi xloridlar miqdorini oshiradi. Bahor va kuzda esa yomg‘ir va loy tuproq oqimlari tufayli suspenziyada saqlanuvchi qattiq moddalar (SSQM) miqdori yuqori bo‘ladi. Qishda, shuningdek, past harorat tufayli yog‘lar qattiqlashib, ularni ajratish qiyinlashadi [3; 709-b].

Kun davri: Tonggi va kechki paytda avtomoykalarga bo‘lgan talab yuqori bo‘ladi. Bu vaqt oralig‘ida oqava suvlar oqimi ko‘payadi, oqibatda ifloslantiruvchilar konsentratsiyasi keskin o‘zgaradi. Shuningdek, bu soatlar yuklama piklarida oqova tozalash tizimining ish faoliyatiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin [4; 521–525-b].

Transport turi: Yengil avtomobillar nisbatan kam miqdordagi ifloslanish, asosan chang va yog‘. Yuk avtomobillari ko‘proq yog‘-moy, og‘ir metallar va SSQM keltirib chiqaradi**.** Ixtisoslashgan texnika (masalan, qishki yo‘l xizmatlari mashinalari) – yo‘l reagentlari va yuqori abraziv moddalarga boy oqova suv hosil qiladi.

Bu o‘zgaruvchanliklar oqova suvlarni tozalash tizimlarini loyihalashda ularning moslashuvchanligi **va** yuklama o‘zgarishiga bardosh berishini talab qiladi. Tozalash inshootlari pik yuklamalar uchun maxsus rezervuarlar, modulli tozalash bosqichlari yoki avtomatik monitoring tizimlari bilan jihozlanishi lozim. Bunday yondashuv tizimning samaradorligini yil davomida ta’minlashga yordam beradi [5; 1137–1147-b].

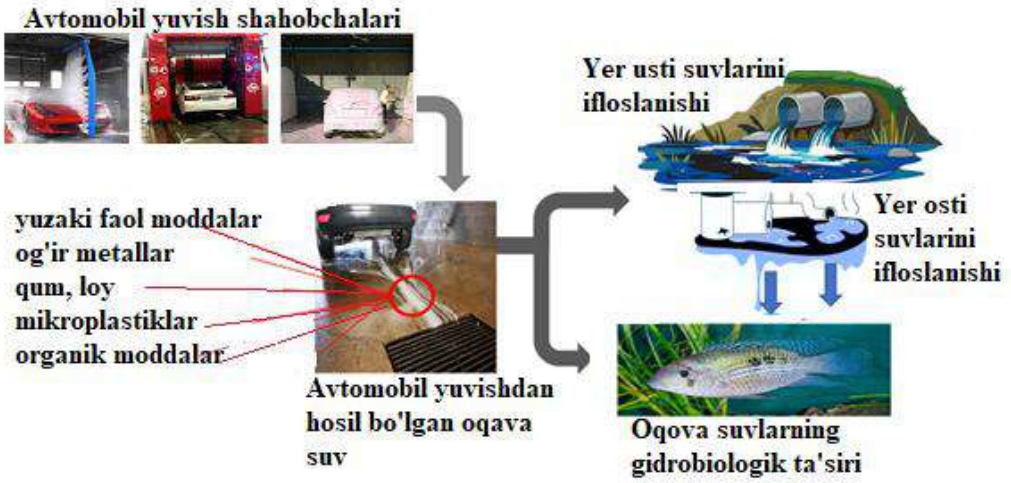
Oqova suvlarning atrof-muhitga ta’siri. Avtomobil yuvish shoxobchalarida hosil bo‘ladigan oqova suvlar tarkibidagi turli ifloslantiruvchi moddalar (neft mahsulotlari, YFM, og‘ir metallar, fenollar, sintetik organik birikmalar) atrof-muhit uchun jiddiy ekologik xavf tug‘diradi (1.3-rasm). Bunday oqova suvlar yetarlicha tozalanmagan holda chiqarilsa, ular yer osti suvlari, tuproq unumdorligi, ochiq suv havzalari va biotsenozga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [6; 1-9-b].

Suv resurslariga ta’siri. AYShlardan oqib chiqadigan suvlar ko‘pincha yuqori miqdordagi KBBE, KKBT va yuzaki-aktiv moddalarni o‘z ichiga oladi. Agar bunday suvlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri ochiq suv havzalariga tushsa, ularning fizik-kimyoviy xossalari sezilarli darajada o‘zgaradi:

Eutrofikatsiya jarayonining jadallashuvi — ortiqcha azot va fosfor moddalarining suvga tushishi fitoplankton (ayniqsa, suv o‘tlari va algalar) o‘sishini rag‘batlantiradi. Bu esa suvdagi kislorod miqdorining kamayishiga va gidrobiologik muvozanatning buzilishiga olib keladi [7];

Turbidlik (loyqalilik) oshadi — yuvishdan chiqqan mayda zarrachalar va dispers moddalarning yuqori kontsentratsiyasi suvning optik xossalarini yomonlashtiradi;

Toksik ta’sir — og‘ir metallar (masalan, Zn, Pb, Cr), neft mahsulotlari va fenollar suv hayvonotiga zarar yetkazadi, ayniqsa plankton va baliqlarda bioakkumulyatsiya kuzatiladi [8; 6-b]. Neft mahsulotlari va ularning tarkibiy qismlarining tabiiy muhitga tushishi uning fizik, kimyoviy va biologik xususiyatlari va xarakteristikalarini o‘zgartiradi hamda tabiiy biokimyoviy jarayonlarni buzadi. Neft mahsulotlarining istalgan sinfi suvni ifloslantiruvchi xavfli aralashmaga aylanishi mumkin [9; 4-6-b].



1-rasm. Avtomobil yuvishdan hosil bo’lgan oqova suvlarni atrof-muhitga ta’siri

Tuproq va yer osti suvlari uchun xavf. Yer yuzasida yuzaga kelgan preferensial oqim oqibatida suv va undagi eritmalar faol ildiz zonasini chetlab o‘tib, to‘g‘ridan-to‘g‘ri tuproq qatlamlari orqali yer osti suvlariga o‘tishi mumkin. Bu esa ifloslantiruvchi moddalar, ayniqsa yuzaki-aktiv birikmalar va pestitsidlarning yer osti suvlariga sezilarli darajada tezroq yetib borishiga olib keladi va atrof-muhit xavfsizligiga xavf soladi [10; 142-148-b].

Yer osti suvlariga xavf quyidagilarda namoyon bo‘ladi:

YFMlar va benzin komponentlari (masalan, BTEX — benzol, toluol, etilbenzol, ksilollar) filtratsiya jarayonida erkin harakatlanib, chuqur gorizontlarga yetib borishi mumkin;

Og‘ir metallar tuproq orqali adsorbsiyalanmaydi, balki suvli qatlamlarga o‘tib, ichimlik suvi sifatini yomonlashtiradi;

Biologik xilma-xillikka ta’siri. Yuvish suvlarida mavjud bo‘lgan biologik parchalanmaydigan surfaktantlar va fenollar ko‘plab suvdagi mikroorganizmlar, zooplankton va bentos hayvonlari hayot faoliyatini izdan chiqaradi. O‘z navbatida bu trofik zanjirlarning uzilishiga olib keladi va butun ekotizimda o‘zgarishlarni keltirib chiqaradi. Fransiyada yer usti suvlari tarkibidagi aralash ifloslantiruvchi moddalarning umumiy toksikligiga surfaktantlar tomonidan qo‘shiladigan hissani aniqlash bo‘yicha zamonaviy ekologik tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqotlar, xususan, biologik turg‘unlik va yuqori konsentratsiyalarda aniqlanadigan surfaktantlarning aralashmalardagi xavf indeksiga (HI) ta’sirini baholashga qaratilgan. Shuningdek, oqova suvlar tarkibidagi gidrokarbonlar va sintetik moddalar suvda mavjud bo‘lgan kislorodni kamaytirib, anaerob sharoitlarni yuzaga keltiradi. Bu esa organik moddalar to‘liq parchalanmasdan, metan, sulfidlar va ammiak kabi toksik gazlar ajralishiga sabab bo‘ladi [11].

Ijtimoiy va sanitariya-epidemiologik tahdidlar. Ekotizimga salbiy ta’sirdan tashqari, bunday ifloslangan oqova suvlar orqali infeksion kasalliklar xavfi ortadi. Yuvish joylarining yomon sanitariya holatida bo‘lishi, oqova suvning ochiqda to‘planishi masalan, entyerobakteriyalar, E. coli yoki patogen zamburug‘larning tarqalishiga olib kelishi mumkin. Bu holat ayniqsa aholi zich yashaydigan shaharlarda yoki suv tanqis hududlarda dolzarb hisoblanadi. Oqova suvni tozalash, sanitariya-gigiyena va oqava suvlarni boshqarish infektsiyalarni oldini olish va antibakterial qarshilik tarqalishini kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi. **S. Ducey, A. Sapkotalar** tomonidan o’tkazilgan tadqiqotlar kanalizatsiya ishchilari ustida o‘tkazilgan, kanalizatsiyada ular teri va nafas orqali yuqori darajada ta’sirlanishi mumkin. Ushbu ishchilar orasida saraton kasalligi xavfi oshgani qayd etilgan, ammo saratonning qaysi organlarda paydo bo‘lishi haqidagi natijalar

turli tadqiqotlarda mos kelmaydi. Bundan tashqari, boshqa kimyoviy moddalar va mikroblar bilan birgalikdagi ta’sirlar to‘liq hisobga olinmagani uchun, saraton xavfining faqat kanalizatsiyagaga bog‘liqligini aniqlash qiyin [12; 345–365-b].

Avtomobil yuvish shoxobchalarida hosil bo‘ladigan oqova suvlar murakkab fizik, kimyoviy va biologik tarkibga ega bo‘lib, ularning tarkibida neft mahsulotlari, yuzaki faol moddalar, og‘ir metallar, organik birikmalar hamda suspenziyalangan zarrachalar yuqori miqdorda uchraydi. Tadqiqotlardan ko‘rinib turibdiki, bu ifloslantiruvchi moddalarning kontsentratsiyasi fasllar, texnologik jarayonlar, transport vositalarining turi hamda yuklama darajasiga bog‘liq holda keskin o‘zgarib turadi. Aynan shu omillar oqova suvlarning atrof-muhitga, xususan suv resurslari, tuproq, yer osti suv qatlamlari va biotsenozlarga kuchli salbiy ta’sir ko‘rsatishiga olib keladi.

Oqova suvlar tarkibidagi toksik moddalarning yuqori darajasi eutrofikatsiya jarayonlarini jadallashtiradi, suvda kislorod tanqisligini yuzaga keltiradi, mikroorganizmlar va gidrobiotsenozlar faoliyatining buzilishiga sabab bo‘ladi. Shuningdek, og‘ir metallar va sintetik organik moddalar tuproq unumdorligini pasaytiradi, yer osti suvlarida xavfli kimyoviy aralashmalarning to‘planishiga zamin yaratadi. Bu esa nafaqat ekologik, balki ijtimoiy-sanitariya nuqtayi nazardan ham jiddiy xavf tug‘diradi.

Yuqoridagi holatlar avtomoyka oqova suvlarini oddiy usullar bilan chiqarish yoki saqlashning mutlaqo yetarli emasligini ko‘rsatadi. Shu bois, bunday oqova suvlarni chuqur darajada tozalash, fizik-kimyoviy va biologik usullarni integratsiyalash, avtomatik monitoring tizimlarini joriy etish, xavfli komponentlar bo‘yicha qat’iy nazorat o‘rnatish zarur. Ekologik xavfsizlikni ta’minlash uchun tozalash inshootlarining samaradorligini oshirish, texnologik jarayonlarni modernizatsiya qilish hamda ekologik me’yor va talablarga rioya etish dolzarb masala bo‘lib qolmoqda.

Umuman olganda, avtomobil yuvish shoxobchalaridan chiqadigan oqova suvlar ekologik xavf manbai hisoblanadi. Ularni to‘g‘ri boshqarish, zamonaviy tozalash texnologiyalarini qo‘llash va ekologik nazoratni kuchaytirish orqali atrof-muhitga salbiy ta’sirni sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Fayed M., Shewitah M.A., Dupont R.R., Fayed M., Badr M.M. Treatability Study of Car Wash Wastewater Using Upgraded Physical Technique with Sustainable Flocculant // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15, No. 11. – Article No. 8581. – DOI: https://doi.org/10.3390/su15118581.
2. Nguegang B., Sibanda T., Tekere M. Cultivable bacterial diversity, physicochemical profiles, and toxicity determination of car wash effluents // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2019. – Vol. 191, No. 8. – Article No. 478. – DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-019-7600-3.
3. Müller A., Österlund H., Marsalek J., Viklander M. Shahar oqava suvlari bilan tashiladigan ifloslanish: manbalar tahlili // *Science of the Total Environment*. – 2020. – T. 709. – B.
4. **Elgaali E., Akram M.** Recycling and Reuse of Wastewater Generated in Car-Washing Facilities // *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal (ASTESJ)*. – 2021. – Vol. 6, No. 2. – P. 521–525.
5. **Ábrego-Góngora C.J., Briones-Gallardo R., Bernal-Jácome L.A., Escalas-Cañellas A.** Evaluation of Three Dynamic Models for Aerated Facultative Lagoons // *Journal of Water Resource and Protection*. – 2015. – Vol. 7, No. 14. – P. 1137–1147. – DOI: 10.4236/jwarp.2015.714092

6. **Susaj E., Kucaj E., Susaj L.** Impact of Car Wash Wastewater on the Surface Water Quality in Shkoza, Tirana, Albania // *Journal of Environmental Protection and Ecology*. – 2023. – Vol. 24, No. 1. – P. 1–9.
7. **Chislock, M.F., Doster, E., Zitomer, R.A., & Wilson, A.E.** (2013). *Eutrophication: Causes, Consequences, and Controls in Aquatic Ecosystems*. Nature Education Knowledge, 4(4):10.
8. **Odumbe E., Murunga S., Ndiiri J.** Heavy Metals in Wastewater Effluent: Causes, Effects, and Removal Technologies. // In: *Water Quality - Science, Assessments and Policy*. IntechOpen, 2022. DOI: 10.5772/intechopen.103647
9. Murtazaev F., Mirzayev M. (2023). *The Analysis of Wastewater from Car Washing Stations and Its Impact on the Environment*. American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture, 1(4), pp.4–6.
10. **Moore D., Kostka S.J., Boerth T.J., Franklin M., Ritsema C.J., Dekker L.W., Oostindie K., Stoof C., Wesseling J.** The effect of soil surfactants on soil hydrological behavior, the plant growth environment, irrigation efficiency and water conservation // *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. – 2010. – Vol. 58, No. 3. – P. 142–148. – DOI: 10.2478/v10098-010-0013-1
11. **Briels N., Nys C., Viaene K.P.J., Verdonck F., Maloney E.M., Dawick J., Vitale C.M., Schowanek D.** Assessment of the contribution of surfactants to mixture toxicity in French surface waters // *Science of The Total Environment*. – 2023. – Vol. 900. – Article ID 165987. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165987
12. **Ducey S., Sapkota A.** Presence of Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment - A Concern for Human Health? // *Contaminants of Emerging Concern in the Environment: Ecological and Human Health Considerations*. — ACS Symposium Series, 2010. — Vol. 1048. — Pp. 345–365. — DOI: 10.1021/bk-2010-1048.ch017.

ENVIRONMENTAL EDUCATION AND YOUTH INITIATIVES AS A TOOL FOR BIODIVERSITY CONSERVATION: THE EXPERIENCE OF THE ECO-CLUB OF THE MMIT AND YGPE

[1]*Dalerjon Dadoevich Hojiboev, [1]Zafar Abdukahorovich Razykov, [1]Mahinakhon Elmurodovna Nazarova, [2]Ikromjon Ahmadalievich Mamadov

1* Mining - metallurgical Institute of Tajikistan (Head of the Department of Ecology), Buston, Tajikistan,

2 PO "Youth Group for Environmental Protection" (Director), Khujand, Tajikistan,

Annotatsiya. Ushbu maqolada biologik xilma-xillikni saqlashda ekologik ta'lim va yoshlar tashabbuslarining roli ko'rib chiqiladi. Tojikiston kon-metallurgiya instituti (TKMI) ekologiya kafedrasi va “Atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha yoshlar guruhi” (YGPE) jamoat tashkiloti o‘rtasidagi muvaffaqiyatli hamkorlikdan foydalanib, yoshlarning ekologik madaniyati va ongini yuksaltirishga qaratilgan amaliy qadamlar tahlil qilinmoqda. Maqolada xalqaro konferentsiyalar, seminarlar, festivallar va ekologik kampaniyalar kabi o'tkazilgan tadbirlar, shuningdek, ularning

milliy va xalqaro dasturlarni amalga oshirishga qo'shgan hissasi haqida ma'lumotlar keltirilgan. Ushbu maqola 2021–2025 yillarga mo‘ljallangan Ekologik ta’lim va ma’rifatni rivojlantirish Davlat dasturi ijrosi bo‘yicha TKMI Ekologiya boshqarmasi hisobotlari ma’lumotlariga asoslanadi. Mazkur hujjatlar tahlili faoliyatning asosiy yo‘nalishlari va natijalarini aniqlash hamda yoshlar tashabbuslarining ushbu maqsadlarga erishishdagi hissasini baholash imkonini berdi.

Kalit so'zlar: ekologik ta'lim, yoshlar tashabbuslari, bioxilma-xillik, Tojikiston, TKMI, YGPE.

Аннотация. В данной статье рассматривается роль экологического образования и молодежных инициативы в деле сохранения биоразнообразия. На примере успешного сотрудничества кафедры экологии Горно-металлургического института Таджикистана (ГМИТ) и общественной организации «Молодежная группа по защите окружающей среды» (YGPE) анализируется практическиешаги направленные на повышение экологической культуры и сознательности молодежи. В работе приводится данные о проведенных мероприятиях, таких как международные конференции, семинары, фестивали и экологические акции, а также их вклад в реализации государственных и международных программ. В основу данной статьи положены данные из отчетов кафедры экологии ГМИТ, касающихся выполнения Государственной программы развития экологического образования и просвещения за период 2021 по 2025 годы. Анализ этих документов позволил выявить ключевые направления и результаты деятельность, а также оценить вклад молодёжных инициатив в достижении поставленных целей.

Ключевые слова: экологическое образование, молодежные инициативы, биоразнообразие, Таджикистан, ГМИТ, YGPE.

Abstract. This article examines the role of environmental education and youth initiatives in biodiversity conservation. Using the successful collaboration between the Department of Ecology of the Mining- metallurgical Institute of Tajikistan (MMIT) and the public organization "Youth Group for Environmental Protection" (YGPE), we analyze practical steps aimed at raising the environmental awareness and consciousness of young people. The paper provides data on events held, such as international conferences, seminars, festivals, and environmental campaigns, as well as their contribution to the implementation of national and international programs. The article is based on data from the MMIT Department of Ecology reports on the implementation of the State Program for the Development of Environmental Education and Awareness for the period 2021 to 2025. Analysis of the materials allowed us to identify key areas and results of activities in this area, as well as assess the contribution of youth initiatives to achieving these goals.

Keywords: environmental education, youth initiatives, biodiversity, Tajikistan, MMIT, YGPE.

Introduction. Preserving natural ecosystems and biodiversity is a strategic objective for the sustainable development of Central Asia. It is noted that destructive human activities, environmental pollution, and climate change threaten the region's unique natural heritage.

Biodiversity is the foundation of sustainable human development, providing ecosystem services such as water purification, climate regulation, and food security. However, the global decline in biodiversity caused by human activity requires immediate action. In this context,

environmental education and youth initiatives are powerful tools, fostering environmental awareness and stimulating action.

Tajikistan is one of the world's centers of speciation for living organisms and plays a vital role in preserving global biodiversity. In Tajikistan, where biodiversity includes unique ecosystems such as tugai forests and wetlands, youth play a key role in implementing the National Biodiversity Conservation Strategy [1].

The growing severity of global environmental crises underscores the need to cultivate a generation of informed and proactive citizens who possess the necessary knowledge and behaviors to effectively address these issues. Research on patterns of environmental awareness shows that assessing the population's environmental knowledge is fundamental to understanding the emergence and development of sustainable values and behaviors [2].

Environmental education is the process of recognizing values and clarifying concepts to develop the skills and attitudes needed to understand and appreciate the relationship between humans, their culture and their environment [3].

Environmental problems are real problems humans face and are caused by human behavior patterns that are not in harmony with the environment. Therefore, the purpose of ecological education includes changing behaviors that are friendly to the environment [4].

To address these issues, the Republic of Tajikistan adopted the State Comprehensive Program for the Development of Environmental Education and Awareness for 2021-2025, which is based on a fundamental document – the Law of the Republic of Tajikistan “On Environmental Education of the Population” of 2010 [5].

The aim of this study is to assess how the environmental education activities of the Department of Ecology at the MMIT and the youth initiatives of the YGPE influence the environmental awareness and pro-environmental behavior of students and schoolchildren in the Sughd region of Tajikistan. The study addresses the following research questions: (1) How does participation in the MMIT Ecoclub and YGPE initiatives affect student’s environmental knowledge and attitudes? (2) What role do youth-led activities play in promoting biodiversity conservation in the tugai forests and wetlands of the upper Kairakkum Reservoir? (3) How do participants themselves evaluate the effectiveness of the implemented educational and practical activities?

Materials and Methods. The empirical basis of this study consists of monitoring data and internal reports of the Department of Ecology at the MMIT| for 2021-2025, as well as material provided by the YGPE on youth environmental initiatives in the Sughd region. In addition, a field survey was conducted among students of the MMIT and schoolchildren participating in the Green Patrols movement. In addition, qualitive data were obtained through short semi – structured interviews with a purposive sample of 10 active members of the MMIT Ecoclub and 5 coordinators of the Green Patrols movement. Interview questions focused on perceived changes in environmental awareness, motivation to engage in conservation, and evaluation of specific, activities, such as climate festivals, clean – up campaigns, and wetland restoration events. The interviews were summarized and coded manually to identify recurring themes related to the effectiveness of environmental education and youth participation.

The State Comprehensive Program for the Development of Environmental Education and Awareness of the Population of the Republic of Tajikistan for 2021-2025 reflects key areas for fostering environmental awareness and literacy among the population at all levels of the educational system—from preschool to higher professional education, including master's and doctoral programs. Environmental education and awareness are viewed as essential tools for raising public awareness, developing a value-based attitude toward nature, and fostering a sustainable worldview. The Program aims to create favorable conditions for joint educational and environmental activities, improve basic environmental education, integrate sustainable development principles into formal and informal learning, develop the scientific and methodological foundations of a new environmental worldview, and build the capacity of educators, government officials, young leaders, and civil society. Particular attention is being paid to developing professional training and retraining of specialists, deepening environmental education at the preschool, school, and extracurricular levels, and engaging the media in consolidating public awareness around environmental conservation. Taken together, these measures ensure the development of an environmental education system that meets the challenges of sustainable development and is aimed at strengthening the environmental security of the Republic of Tajikistan [5].

The key objectives of the Program are:

1. Creating favorable conditions through joint environmental and educational activities.
2. Improving the foundations of environmental education and integrating sustainable development education into formal and informal learning.
3. Developing scientific and methodological foundations for fostering a new worldview and lifestyle consistent with environmental legislation.
4. Developing the potential and competencies of educators, leaders, and government officials on key sustainable development topics (climate, resources, health).
5. Ensuring the continuity of the educational process at all levels and improving the skills of specialists in the field of environmental management and environmental safety.
6. Improving the effectiveness of disseminating environmental knowledge through the media.

Higher education institutions and youth environmental organizations also play a key role in implementing this program. A good example of this is the collaboration between the Department of Ecology at the Mining - metallurgical Institute of Tajikistan (MMIT) and the Youth Group for the Protection of the Environment (YGPE).

In order to assess the outreach and informational learning effects of the initiatievs, the Department of Ecology at the MMIT and the YGPE systematically use social media and digital tools. Information about eco-events, students, and biodiversity conservation campaigns is regularly published on the official Instagram, Facebook and TikTok accounts of the Department of Ecology at the MMIT and the YGPE. Participants are encouraged to create and share their own posts, which increase the visibility of activities and reaches their peers who do not directly participate in the events.

During large-scale events, such as climate festivals, seminars, and campaigns, online quizzes based on the Kahoot platform are used to assess participants’ knowledge in an interactive format.

The quiz items are aligned with key topics of environmental education and biodiversity conservation. After each event, unanswered or incorrectly answered questions are analyzed to identify specific knowledge gaps, which are then used to adjust the content of subsequent trainings and awareness-raising sessions.

Results and Discussion. The Youth Group for Protection of the Environmental, founded in 2003, is the central partner of the MMIT in implementing youth initiatives. Since 2005, YGPE has served as the key Aarhus Center in Khujand, Tajikistan, focusing its activities on implementing the principles of the Aarhus Concept: ensuring public access to environmental information, participation in decision-making, and access to justice in environmental matters. The organization's mission is to promote integrated sustainable development and the harmonious realization of human potential with the environment. YGPE has extensive experience working with local communities and serves as a key facilitator, building effective dialogue and cooperation between civil society, local communities, and government agencies, implementing numerous projects in water resource management, climate change adaptation, disaster risk reduction, biodiversity conservation, and enhancing environmental education. The organization makes a special contribution to the protection of wetlands and tugai forests in the upper reaches of the Tajik Sea (Kanibadam, Sughd region). Since 2021, YGPE has been working to restore these critical ecosystems. In 2023, in coordination with local stakeholders, YGPE developed a wetland development strategy focused on ecosystem restoration and monitoring of migratory species. YGPE's activities are supported by international partners such as GIZ, UNDP, USAID, and CEPF [6].

The Mining- metallurgical Institute of Tajikistan (MMIT), located in the industrial city of Buston, is a key academic center for training specialists in the extractive industries and related fields. The institute's Department of Ecology plays a key role in implementing state environmental protection programs, offering in-demand programs such as "Environmental Engineering," "Industrial Ecology and Rational Use of Natural Resources," and a master's degree in Ecology. The department actively participates in international cooperation in the fields of ecology and water resources. The department operates a student Ecoclub, which serves as a platform for the practical application of acquired knowledge. Ecoclub members regularly organize and participate in environmental events, seminars, and scientific conferences, working closely with the YGPE public organization and government environmental agencies. This allows students not only to gain theoretical knowledge but also to develop the practical skills necessary to solve real-world environmental problems [7]. This club engages students not only in environmental programs but also from other departments and specialties within the institute.

The Department of Ecology's activities in the field of environmental education and awareness-raising are based on organizing the following events:

• - Conferences and seminars. Scientific and practical conferences for faculty and students are regularly held.

• Participation in international projects [8].

• Organization of festivals and events. On May 31, 2024, the first "SUGD-CLIMATE-FEST" festival, dedicated to adaptation to climate change, was held at the MMIT. The festival aimed to raise public awareness of climate risks [9]. Students and members of the eco-club regularly

participate in environmental events, as well as in the "Clean Games" environmental competition, organized jointly with the YGPE organization.

The practical implementation of the climate agenda was marked by the First Regional Climate Festival, "SUGD-CLIMATE-FEST," held at the MMIT. This event, which promises to become an annual tradition, was implemented as part of the "Climate Change and Resilience in Central Asia" project. The Festival's primary goal was to raise awareness and deepen understanding of climate risks and existing adaptation measures among decision-makers and key stakeholders at the regional level. The event brought together over 200 participants, including government officials, employees of environmental institutions, scientists, representatives of farming communities, the private sector, and youth environmental activists. The Festival program was organized into two key platforms: 1. Innovation and Green Solutions Exhibition: An exhibition of resource-saving products and services from local manufacturers. The technologies showcased included drip irrigation modules, drought-resistant crop varieties, renewable energy systems, and energy-efficient equipment, as well as practical tools for reducing vulnerability in key sectors. 2. A scientific and practical conference featured presentations on the scientific foundations of climate change, community-level climate risk assessment, adaptation strategies and capacity building, and the role of higher education in training environmental specialists. Particular attention was paid to stimulating youth innovation: a competition for practical projects on climate change adaptation and sustainable environmental management was held as part of the festival. Positive feedback from participants confirmed the high level of organization and practical value of the event, which demonstrated an effective model of collaboration between science, politics, civil society, and business in addressing modern climate challenges.

In addition to working with students, targeted outreach to school-age children helps instill the foundations of environmental awareness and a responsible attitude toward the environment from a young age. As one of its flagship school-based initiatives, YGPE has developed and successfully implemented the "Green Patrols" youth movement. This program represents a systematic approach to environmental education and the development of practical skills in the younger generation. Initially, groups were formed in several target schools across the region, where students were offered regular extracurricular activities. These initial teams demonstrated a high degree of independence in organizing information sessions for their peers. Building on the positive experience of the first groups, the movement has successfully expanded and now encompasses most of the region's schools, fostering environmental awareness among the younger generation. The program's highlight was the holding of two Youth Forums of the Syr Darya River Basin, bringing together representatives of the region's Green Patrols and their colleagues from the neighboring state. This initiative not only strengthened regional ties but also highlighted the transboundary nature of environmental challenges and the need for joint youth efforts to address them.

Developing environmental behavioral norms from an early age is a fundamental principle of environmental education, as such norms play a key role in the development of sustainable patterns of environmental awareness. Research shows that assessing environmental knowledge and awareness is fundamental to understanding the emergence and evolution of sustainable values and behavioral patterns aimed at promoting sustainable development [10][11].

Research conducted in other countries shows that environmental education can effectively promote students' behavior toward environmental stewardship and resource use. The results showed that perceptions of economic value, health benefits, and ease of use were important mediating channels for environmental education, with the mediating effect of perceptions of economic value being more pronounced [12]. For example, when people perceive the existence of health threats, they are more likely to adopt pro-environmental behaviors to protect themselves.

An important area of practical environmental conservation work, combining the efforts of the YGPE public organization and the MMIT student community, is the preservation of critically important ecosystems in the region. The tugai forests and wetlands located in the upper reaches of the Kairakkum Reservoir (particularly in the Kanibadam and Asht districts) are unique areas of global significance, serving as a key habitat for migratory birds and rare fauna species. In recent times, these ecosystems have faced immediate threats. Since 2021, YGPE has been implementing a comprehensive strategy to restore these areas. In 2023, in close coordination with local and national stakeholders, the organization developed and presented a strategy for the sustainable development of these wetlands, focusing on ecosystem restoration, the implementation of migratory species monitoring, and the creation of protected areas [13]. Students from the MMIT Department of Ecology and members of the Ecoclub regularly participate directly in practical activities within this initiative. Their involvement includes organizing and conducting tree planting campaigns aimed at restoring degraded areas of tugai forests, ensuring the direct application of academic knowledge in the field of reforestation and natural resource management. This collaboration not only contributes to the conservation of regional biodiversity but also serves as a clear example of the successful integration of the educational process into real-world environmental practice [14].

A key success factor is the long-term and systematic partnership between the MMIT and YGPE with the Main Department of the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan in the Sughd Region and its departments in the cities of Khujand and Buston [15]. This collaboration ensures systematic and official support for youth initiatives: joint organization of seminars and meetings; representatives of state environmental authorities regularly address MMIT students and faculty, informing them about the current environmental agenda, changes in legislation, and practical tasks in environmental protection. This allows for the integration of academic knowledge with the real needs of the region.

Active engagement with the media and modern digital platforms is an important element in informing the public about environmental activities and the rational use of natural resources, as well as promoting environmental awareness among the population. The primary goal of this activity is to foster a caring attitude toward nature and personal responsibility for the environment, starting from a young age. In this context, the Department of Ecology at the MMIT utilizes modern communication channels: videos and publications related to scientific and practical activities, research results, and student eco-club projects are regularly created and posted on social media. This not only informs but also effectively engages a wider audience of students and young people in environmental initiatives. In parallel, the PO YGPE conducts large-scale information campaigns online, particularly on social media, ensuring broad audience reach and greatly enhancing the

promotion of the principles of the Aarhus Convention, climate adaptation, and biodiversity conservation.

The integration of social media and interactive tools has significantly strengnthened the outreach component of the MMIT and YGPE initiatives. Regular posts on Instagram, Facebook, and TikTk, together with user – generated content produced by students and schoolchildren, extend the impact of eco-events beyond direct participants, reaching their friends and followers and stimulating additional interest in environmental issues.

Analysis of Kahoot quiz results during major events has proven useful for diagnosing gaps in participants' environmental knowledge incorrectly informed the design of follow-up sessions, allowing educators to focus on those aspects for biodiversity conservation and climate change adaptation that require further clarification. This feedback loop illustrates how digital tools can be integrated into environmental education to increase its effectiveness.

An analysis of the activities of the MMIT and youth initiatives demonstrates that a comprehensive approach to environmental education, including theoretical training, practical activities, and international cooperation, is an effective tool. Student participation in seminars, conferences, and events not only enhances their knowledge and skills but also fosters a proactive approach. Interaction with government agencies and international organizations enables the exchange of experiences and strengthens the impact of youth initiatives on addressing environmental issues in the region. The results demonstrate that synergy between academic education, practical youth projects, and government partnerships not only contributes to raising awareness, which is critical for sustainable development in the region.

Conclusion and Recommendations. The analysis shows that environmental education and youth initiatives in Tajikistan are effective tools for preserving biodiversity and ensuring sustainable development. The experience of the Department of Ecology at the MMIT and the activities of the public organization YGPE demonstrate how the synergy of the academic potential of the MMIT and the practical experience, project management, and extensive network of contacts of the public organization YGPE creates a sustainable model for solving environmental problems. The MMIT provides the scientific foundation and training, while the YGPE implements innovative approaches, mobilizes communities, and ensures the practical implementation of conservation initiatives on the ground. Engaging students and schoolchildren in research and practical activities allows them to combine theoretical knowledge with solutions to real-world environmental challenges, while partnerships with government agencies and international organizations enhance the impact of these initiatives at the regional level. Work on preserving tugai forests and wetlands in the Sughd region is of particular importance, demonstrating the practical focus of educational programs and the importance of youth participation in biodiversity restoration.

To further enhance the effectiveness of environmental education and biodiversity conservation in the Republic of Tajikistan, it is advisable to:

1. Strengthen institutional cooperation between higher education institutions, youth organizations, and government environmental agencies to implement comprehensive environmental programs.

2. Expand the network of youth environmental clubs and movements (Green Patrols, etc.), providing them with methodological and organizational support.

3. Develop and implement new courses and modules on biodiversity conservation and climate change adaptation, with an emphasis on practical training for students.

4. Make more active use of digital platforms and media to promote environmental knowledge and sustainable behavior patterns among young people.

5. Support and develop cross-border cooperation between youth organizations in Central Asian countries to exchange experiences and implement joint environmental initiatives.

Thus, the combination of environmental education, youth initiatives and intersectoral cooperation forms a sustainable model for biodiversity conservation and contributes to the achievement of national and international sustainable development goals.

REFERENCE

1. НАЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ И ПЛАН ДЕЙСТВИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ. – URL: https://www.cbd.int/doc/world/tj/tj-nbsap-01-p01-ru.pdf (дата обращения: 20.09.2025). – Текст : электронный.

2. Perea H. R. Models of environmental awareness: exploring their nature and role in environmental education – a systematic review / H. R. Perea, A. R. Piedrahita, Ó. E. T. Alzate. – Текст : электронный // Heliyon. – 2025. – Т. 11. – № 13. – С. e43679. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844025020651 (дата обращения: 26.09.2025).

3. An investigation of landscape of environmental education (EE): A bibliometric and systematic literature review / S. Li, Z. Liu, V. C. Tripathi, M. A. Mohamed Hashim. – Текст : электронный // The International Journal of Management Education. – 2025. – Т. 23. – № 3. – С. 101229. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1472811725000990 (дата обращения: 30.09.2025).

4. Transforming environmental education with augmented reality: A model for learning outcome / D. Safitri, A. Marini, P. Irwansyah, A. Sudrajat. – Текст : электронный // Social Sciences & Humanities Open. – 2025. – Т. 12. – С. 101796. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590291125005248 (дата обращения: 02.10.2025).

5. Государственная комплексная программа развития экологического воспитания и просвещения населения Республики Таджикистан на 2021-2025 годы. – URL: http://mmih.tj/SEARCH/DownloadFile?filepath=3669 (дата обращения: 13.09.2025). – Текст : электронный.

6. О нас - YGPE - Экологическая организация. – URL: https://ygpe.tj/about/ (дата обращения: 29.09.2025). – Текст : электронный.

7. Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон – Горно-металлургический институт Таджикистана. – URL: http://www.gmit.tj/ (дата обращения: 05.05.2025). – Текст : электронный.

8. Проект Гармония Воды Евразия II. – URL: https://www.waterh.net/ru/ (дата обращения: 02.09.2025). – Текст : электронный.

9. Дар Суғд нахустин фестивали «СУҒД-КЛИМАТ-FEST» баргузор гардид |

АМИТ «Ховар». – URL: https://khovar.tj/2024/06/dar-su-d-nahustin-festivali-su-d-klimat-fest-barguzor-gardid/ (дата обращения: 26.09.2025). – Текст : электронный.

10. Rungtiw K. Using STSE-Model Learning to Examine Students’ Environmental Awareness of the Risk of Environmental Disaster / K. Rungtiw. – Текст : электронный // International Journal of Innovation, Creativity and Change. – 2020. – Т. 13. – № 6. – С. 397-414. – URL: https://www.ijicc.net/images/vol_13/Iss_6/13640_Kongson_2020_E_R.pdf (дата обращения: 30.09.2025).

11. Exploring environmental awareness, knowledge, and safety: A comparative study among students in Montenegro and North Macedonia / V. M. Cvetković, S. Sudar, A. Ivanov [и др.] // Open Geosciences. – 2024. – Т. 16. – № 1.

12. How does environmental education affect college students’ waste sorting behavior: A heterogeneity analysis based on educational background / L. Luo, Q. Yang, D. Qiao [и др.]. – Текст : электронный // Journal of Environmental Management. – 2025. – Т. 389. – С. 126064. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479725020407 (дата обращения: 30.09.2025).

13. The Kanibadam and Asht wetland. – URL: https://www.ramsar.org/sites/default/files/2024-11/nwf_tajikistan_2024.pdf (дата обращения: 20.09.2025). – Текст : электронный.

14. Conservation of nature and biodiversity | LinkedIn. – URL: https://www.linkedin.com/pulse/conservation-nature-biodiversity-daler-hojiboev/ (дата обращения: 29.09.2025). – Текст : электронный.

15. Чорабинии ҷамъбастӣ дар Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон. – URL: https://ecosugd.tj/ru/news/1551-jchddkm122024.html (дата обращения: 26.09.2025). – Текст : электронный.

DEVELOPMENT OF A NATIONAL METHODOLOGY FOR THE COLLECTION AND CLASSIFICATION OF ELECTRONIC WASTE IN UZBEKISTAN

Musayev Marufdjan Nabiyevich
Candidate of Technical Sciences, Professor of the “Life Safety” Department at TSTU
Ergashev Sardor Baxtiyor o‘g‘li
PhD student of the “Life Safety” Department at TSTU.

Annotatsiya. Maqolada elektron chiqindilarni yig‘ishning O‘zbekiston sharoiti uchun moslashtirilgan metodologiyasi va ikki darajali tasniflash tizimi ishlab chiqilgan. Har yili potensial xomashyo hajmining ortishiga qaramay, tahlil aholidan elektron chiqindilarni yig‘ish tizimining cheklanganligini va “O‘zikkilamchiranglimetall” AJ da qo‘lda saralashning past samaradorligini ko‘rsatdi. Taklif etilgan yig‘ish metodologiyasi moliyalashtirish uchun “ishlab chiqaruvchining kengaytirilgan mas’uliyati” tizmini joriy etishni hamda mahallalar va chakana savdo tarmoqlarida qabul qilish punktlari tarmog‘ini yaratishni o‘z ichiga oladi. Ishlab chiqilgan tasniflash yuqori iqtisodiy qiymatga ega elektron chiqindi qismlarini ajratishga yo‘naltirilgan bo‘lib, bu logistika jarayonini optimallashtirish va Olmaliq KMK da qimmatbaho metallarning ajratib olinish ko‘rsatkichini maksimal darajada oshirish imkonini beradi. Ushbu choralarni joriy etish elektron chiqindilarni texnologik jihatdan asoslangan boshqaruvga o‘tishini ta’minlaydi, ikkilamchi resurslar ta’minotini sezilarli darajada oshiradi va sohaning iqtisodiy barqarorligini yaxshilaydi.

Kalit so‘zlar: elektron chiqindilar, yig‘ish metodologiyasi, tasniflash, O‘zbekiston, O‘zikkilamchiranglimetall AJ, OKMK, qimmatbaho metallar.

Аннотация. В статье разработана адаптированная методология сбора и двухуровневая система классификации электронных отходов (ЭО) для условий Узбекистана. Анализ показал ограниченный сбор ЭО от населения и низкую эффективность ручной сортировки на АО «Узвторцветмет», несмотря на ежегодный рост объема потенциального сырья. Предложенная методология сбора включает внедрение Расширенной ответственности производителя (РОП) для финансирования и создание сети приемных пунктов в махаллях и розничных торговых сетях. Разработанная классификация направлена на выделение фракций высокой экономической ценности, что позволяет оптимизировать логистику и максимизировать извлечение драгоценных металлов на Алмалыкском ГМК. Внедрение данных мер обеспечит переход к технологически обоснованному управлению ЭО, существенно увеличивая выход вторичных ресурсов и повышая экономическую устойчивость сектора.

Ключевые слова: электронные отходы, методология сбора, классификация, Узбекистан, РОП, Узвторцветмет, драгоценные металлы.

Abstract. The article develops an adapted methodology for the collection and a two-level classification system of electronic waste (EW) for the conditions of Uzbekistan. The analysis showed limited collection of EW from the population and low efficiency of manual sorting at Uzvtorcvetmet JSC, despite the annual increase in the volume of potential raw materials. The proposed collection methodology includes the introduction of Extended Producer Responsibility (EPR) for financing and the creation of a network of collection points in mahallas and retail. The developed classification is aimed at identifying fractions of high economic value, which makes it possible to optimize logistics and maximize the extraction of precious metals at the Almalyk Mining and Metallurgical Complex. The implementation of these measures will ensure the transition to technologically justified EW management, significantly increasing the output of secondary resources and improving the economic sustainability of the sector.

Key words: electronic waste, collection methodology, classification, Uzbekistan, EPR, Uzvtorcvetmet, precious metals.

Introduction. The management of electronic waste (EW) represents one of the most acute global problems at the intersection of ecology and economics. This type of waste shows the fastest growth in the world, combining the threat of toxic elements such as lead and mercury with the high potential of secondary resources such as gold, silver, and copper [2], [6]. For the Republic of Uzbekistan, which is actively developing its electrical engineering and electronics production sector, the problem acquires strategic significance, since the growth in production volumes in this sector increased from 17.4 to 22.4 trillion UZS during the period 2021–2023 [4], which directly predicts a critical increase in the flow of electronic scrap in the near future.

The existing national EW recycling system relies on two key industrial bases: Uzvtortcvetmet JSC for primary dismantling and the Almalyk Mining and Metallurgical Complex (AMMC) for the final extraction of precious metals [1]. However, the analysis revealed serious structural shortcomings constraining efficiency. The main problems are the limited waste collection infrastructure from the population and excessive dependence on manual sorting at the primary processing stage. These factors lead to the uncontrolled circulation of a significant share of EW, low economic returns, and the inability to optimize the raw material flow for high-tech recycling. Diagram 1 provides a clear example showing the gap between potential EW sources and existing processing capacities.

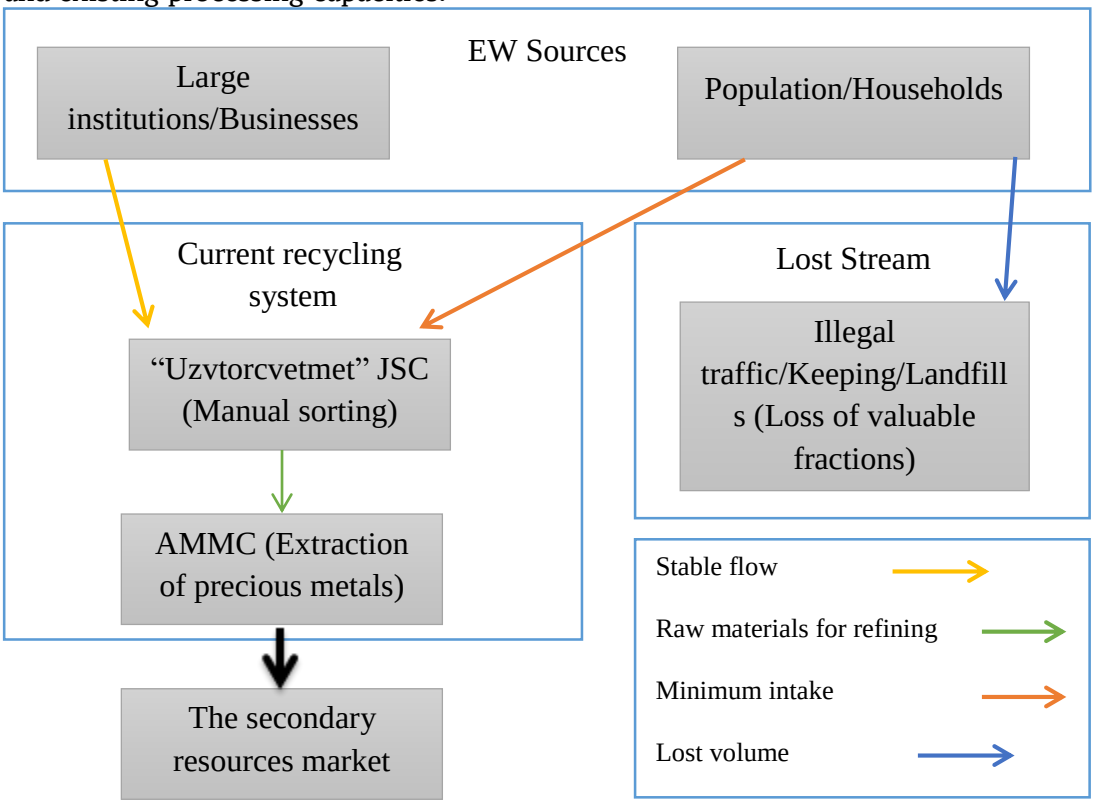


Diagram 1. Flowchart illustrating the gap between potential sources of electronic waste and their entry into Uzbekistan’s recycling system

The identified gaps indicate an urgent need for a scientifically grounded approach to forming a sustainable national EW management system [5]. Thus, the purpose of this study is to develop an adapted methodology for the systematic collection of electronic waste from the population and institutions, as well as to propose a unified EW classification system adapted for integration into

Uzbekistan’s existing industrial chain. Achieving this goal will make it possible to move from a non-systematic approach to a technologically justified process that ensures the maximum return of valuable resources into economic circulation. To justify the proposed solutions, it is necessary to include table 1, which will present a comparative analysis of the current EW management system in Uzbekistan with the best international practices and identify key areas for the implementation of innovations.

Table 1.

Comparative analysis of the electronic waste (EW) management system in Uzbekistan with international best practices

Parameter	Current practice in Uzbekistan (JSC “Uzvtorcvetmet”/ AMMC)	International experience (EU / Japan)	Problem area / need for change
1.Collection funding	State budget, sale of scrap metal, revenues from institutions.	Extended Producer Responsibility (EPR) – mandatory fees from importers/producers.	Absence of EPR. Unstable funding, limited resources for developing collection infrastructure from the population.
2.Collection from the population	Minimal infrastructure, unsystematic campaigns, reliance on private informal collectors.	Dense network of stationary points, “Trade-in” programs, mobile points, high level of public awareness.	Failure to cover the main source of EW. High level of illegal circulation, environmental pollution.
3.Classification and sorting	Manual disassembly, primary sorting by general groups (plastics, boards, metal).	Automated sorting lines (shredding, separation), precise classification by chemical composition and value.	Loss of valuable fractions. Inability to accurately isolate high-value raw material (Group A) for optimizing pyro-/hydrometallurgy.
4.Processing technology	Predominantly pyrometallurgy (AMMC) for precious metal extraction.	Combined methods: hydrometallurgy for boards, specialized extraction of hazardous components (mercury, refrigerants).	Low efficiency. Pyrometallurgy is less effective for concentrated raw material (boards), high energy consumption, and emissions.

Methods. This study is based on a systemic approach and combines empirical data with comparative analysis to develop a practical methodology for electronic waste management. The methodological framework includes the analysis of existing industrial processes as well as the study of global experience in legislative regulation and technological solutions. The primary empirical data source consisted of the results of field research conducted by the authors at Uzvtorcvetmet JSC and the Almalyk Mining and Metallurgical Complex (AMMC), where characteristics of manual dismantling and pyrometallurgical processing were documented. These data made it possible to accurately identify the bottlenecks of the national system, namely the low level of mechanization and the absence of precise raw material classification.

Normative legal acts of the Republic of Uzbekistan concerning waste management, as well as international reports - particularly data from the Global EW Monitor [3] - were used as

secondary sources. The key analytical method was a comparative analysis of the best global practices, including the European Union's waste electrical and electronic equipment (WEEE) directives and Japan's experience in introducing Extended Producer Responsibility (EPR) [5]. The purpose of this analysis was not direct copying but adapting successful mechanisms to the socioeconomic specifics of Uzbekistan, such as the role of the mahalla institution [8] in local self-governance and the presence of an existing centralized industrial recycling base. A consolidated analysis of international models underlying the adaptation can be presented in table 2, illustrating how specific elements were selected and adjusted to create the national methodology.

Table 2.

Summary analysis of international models and elements adapted for Uzbekistan's methodology

International Mechanism	Principle/Object	Adaptation Goal	Adapted element for Uzbekistan
WEEE Directive (EU)	10 waste categories, collection obligation.	Creation of a simple yet comprehensive structure for regulation.	Two-tier classification focusing on IT equipment (High value).
Extended Producer Responsibility (EPR)	Producers/importers finance the collection and recycling system.	Ensuring a stable financial foundation for infrastructure.	Implementation of EPR in legislation as a key regulatory mechanism.
Japanese model (Household electronics)	Collection through retail networks and recycling vouchers.	Motivation of the population and integration of retail into the collection system.	Use of "Trade-in" programs and creation of stationary collection points in large retail chains.
Experience of developing countries (Collection)	Utilization of local community structures and the informal sector.	Coverage of the population at the local community level.	Organization of mobile and temporary collection points based on mahallas.

The development of the collection methodology was based on the principle of three-component regulation, which includes regulatory, financial, and infrastructural components. The regulatory component focused on substantiating the need to introduce EPR as the only sustainable source of financing for the entire system [7]. The infrastructural component was developed based on the need to reach the population through easily accessible collection points integrated into local communities and trading networks. The proposed EW classification system was developed with consideration of the requirements of final-stage processing. Unlike classifications based on device type, our system focused on economic value and processing technology, which made it possible to divide EW into two levels: logistical (by size) and technological (by concentration of valuable metals). This approach was specifically developed to optimize manual sorting at Uzvtorcvetmet and to supply AMMC with concentrated raw material.

To visually present the logic of the study and the stages of transition from problem analysis to solution development, diagram 2 may be used in this section to schematically display the sequence of research steps.

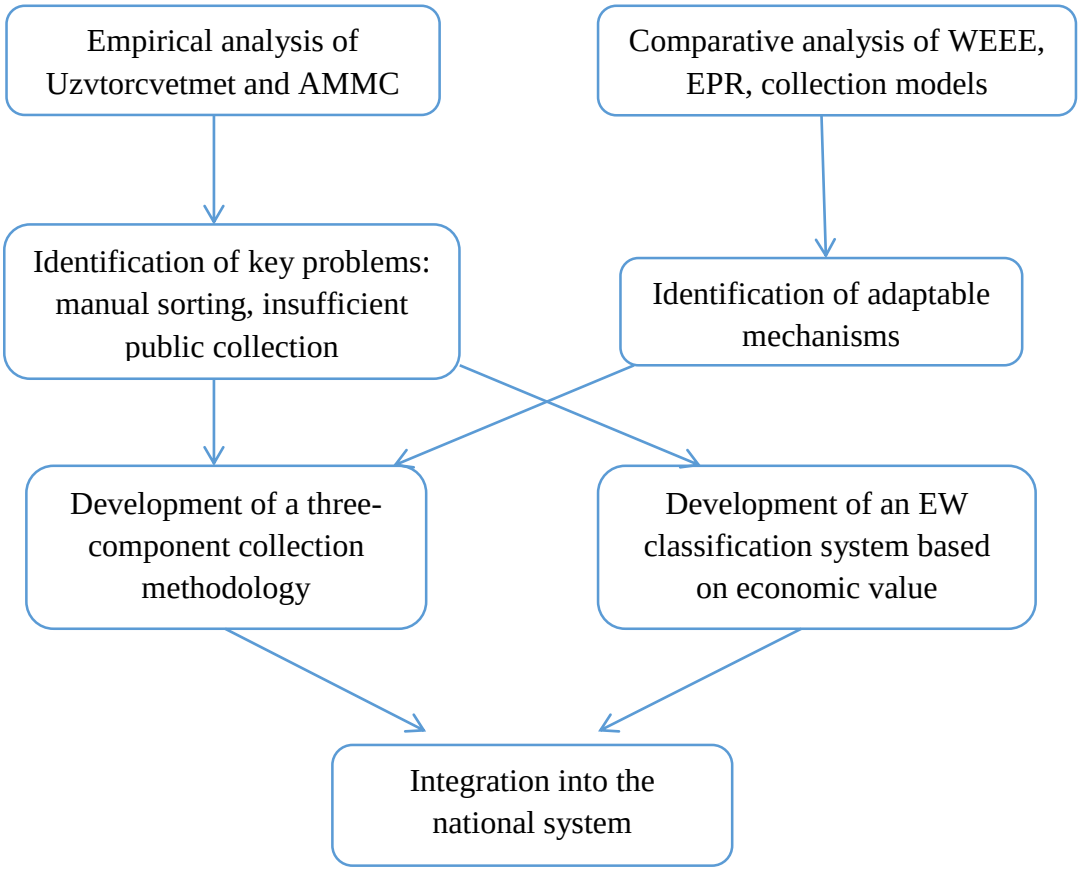


Diagram 2. Scheme of research logic and stages of methodology development

Results

Electronic waste collection methodology in Uzbekistan. The result of the conducted study and comparative analysis of international practices was the development of a three-component methodology for electronic waste collection, adapted to the socioeconomic and regulatory conditions of the Republic of Uzbekistan. This methodology aims to eliminate the main systemic gap, the uncontrolled flow of EW from households, and to create a stable, financially secured supply of raw materials for industrial enterprises. The key regulatory element of the methodology is the introduction of the Extended Producer Responsibility (EPR) mechanism, which ensures stable and targeted funding for the entire collection and recycling infrastructure. Financing under the EPR scheme allows shifting the financial burden from the state budget to importers and electronics manufacturers, creating economic incentives for eco-design and covering the operational costs of collection points, which is vital for supporting the infrastructure.

The second component, the infrastructure solution, provides for the creation of an efficient collection network covering both institutions and private households. For institutions, a system of mandatory digital accounting and centralized removal is proposed, while for the public, easily accessible collection points are organized. Considering the key role of the mahalla institution in Uzbekistan, the methodology recommends integrating mobile collection points at the mahalla level and installing stationary containers in major retail chains and post offices, ensuring broad territorial coverage. The third component, a motivating mechanism, includes Trade-in programs and a voucher system that encourage citizens to dispose of waste legally. A detailed description and role distribution in the proposed methodology are presented in table 3.

Table 3.

Three-component methodology for EW collection in Uzbekistan

Component of collection	EW Source	Proposed solution	Key financial mechanism
Regulatory/Financial	All	Implementation of the Extended Producer Responsibility (EPR) mechanism.	Mandatory ecological fee from importers and producers of electronics.
Infrastructural (Institutions)	Companies, government sector	Centralized record of decommissioning, direct collection of large batches by licensed operators.	Contractual relationships between institutions and operators.
Infrastructural (Population)	Households	Network of stationary collection points in shopping centers/retail; regular mobile collection points at the mahalla level.	Funds accumulated through the EPR fund.
Stimulating	Population	“Trade-in” programs when purchasing new equipment; vouchers/discounts on utility bills for handed-in EW.	Partnership between the state, operators, and retail.

Two-level EW classification and economic forecasting. The second key result of the study is the development of a two-level electronic waste classification system aimed at increasing sorting efficiency at “Uzvtorcvetmet” and optimizing the subsequent extraction of valuable resources at AMMC. Traditional manual sorting[1] does not allow for accurate separation of the most valuable fractions, leading to suboptimal use of pyrometallurgical capacities. The proposed system separates EW according to two criteria: Level I, by hazard and logistics to simplify primary collection, and Level II, by economic value and required recycling technology to optimize plant operations.

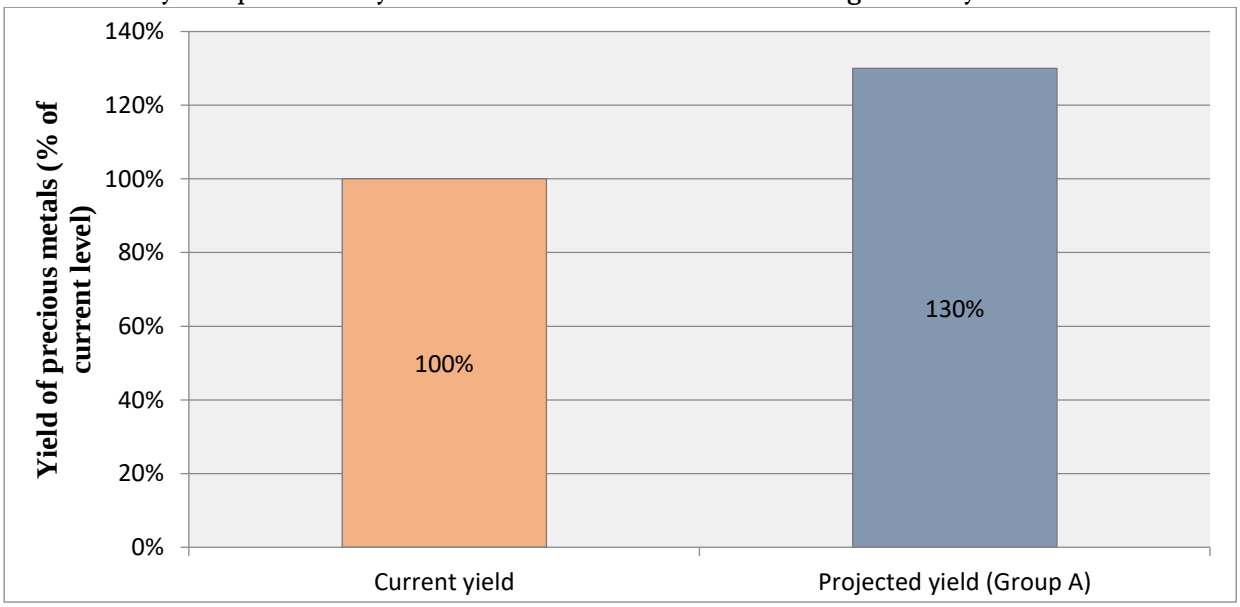
Special emphasis is placed on Level II, where Group A (high value) is distinguished, including printed circuit boards and chips with high concentrations of precious metals. This allows the separation of concentrated raw materials for delivery to high-efficiency refining at AMMC, while Group B (medium value), consisting of copper and ferrous metals, is directed to standard recycling. The detailed classification is presented in table 4.

Table 4.

Two-tier system for EW classification by value for Uzbekistan

Level	Category (for logistics)	Technological group (for processing)	Example fraction	Target technology
I	Small/Hazardous (Special collection)	Group C (Problematic)	Batteries, fluorescent lamps, refrigerants.	Separate neutralization/disposal.
I	IT/Medium-sized	Group A (high value)	Printed circuit boards, chips, contacts, ribbon cables.	Affination (Pyro-/Hydrometallurgy) at AMMC.
I	Large-sized	Group B (Medium Value)	Copper cables, ferrous/non-ferrous casings, transformers.	Processing of ferrous and non-ferrous metals.

The implementation of the proposed classification system and collection methodology allows for the forecast of significant economic effects. According to modeling results, the concentration of Group A materials and their targeted processing can lead to an increase in the yield of extracted precious metals (particularly gold and silver) by 25–40% compared to current figures, which depend on a non-selective mixed stream. This projected economic potential is clearly demonstrated in graph 1, which compares the current efficiency of mixed e-waste processing with the potential yield using the developed classification system. Thus, the developed collection methodology and classification system are complementary elements that ensure the sustainability and profitability of the entire national e-waste management system.



Graph 1. Comparison of current and projected precious metal yield (as a % of current level)

DISCUSSION

The results of the present study - the developed collection methodology and electronic waste classification system - offer a concrete roadmap for Uzbekistan’s transition from an unsystematic approach to sustainable e-waste management. The proposed methodology directly addresses the key issues identified in the initial analysis: limited collection infrastructure for households and low efficiency of manual sorting at JSC “Uzvtorcvetmet.”

Implementation of the collection methodology and the role of EPR. The main structural gap, shown in diagram 1, lies in the loss of the e-waste flow from households. The proposed three-component methodology (table 3) addresses this problem through two interconnected mechanisms. First, it is infrastructure adaptation focused on mahallas and large retail networks. Using mahallas as local self-governing units ensures penetration of the collection system at the grassroots level, which has proven effective in a number of developing countries for organizing household waste sorting. Second, a key condition for the feasibility of this infrastructure is the implementation of the Extended Producer Responsibility (EPR) mechanism. EPR provides stable financing, which is critically important to cover the operational costs of mobile and stationary collection points[6]. Without regulatory support and financial backing from producers, household-oriented EW collection infrastructure will remain economically unviable. Thus, implementing EPR should become a priority in legislation to ensure a continuous flow of raw materials to the industry.

Economic and technological justification of classification. The developed two-level classification system (table 4) is justified by the need to optimize industrial processes. The current

manual sorting at “Uzvtortsvetmet” leads to mixing high-value fractions (printed circuit boards — Group A) with low-value ones. As a result, the final processing at AMMC, based on pyrometallurgy, operates with suboptimal raw materials, reducing the yield of precious metals and increasing operational costs (table 1). Classification by economic value allows the extraction of a concentrated Group A stream, which can be directed to more precise and efficient refining. As shown in graph 1, this potentially increases precious metal output by 25–40%, ensuring high economic feasibility of investments in upgrading sorting equipment[1].

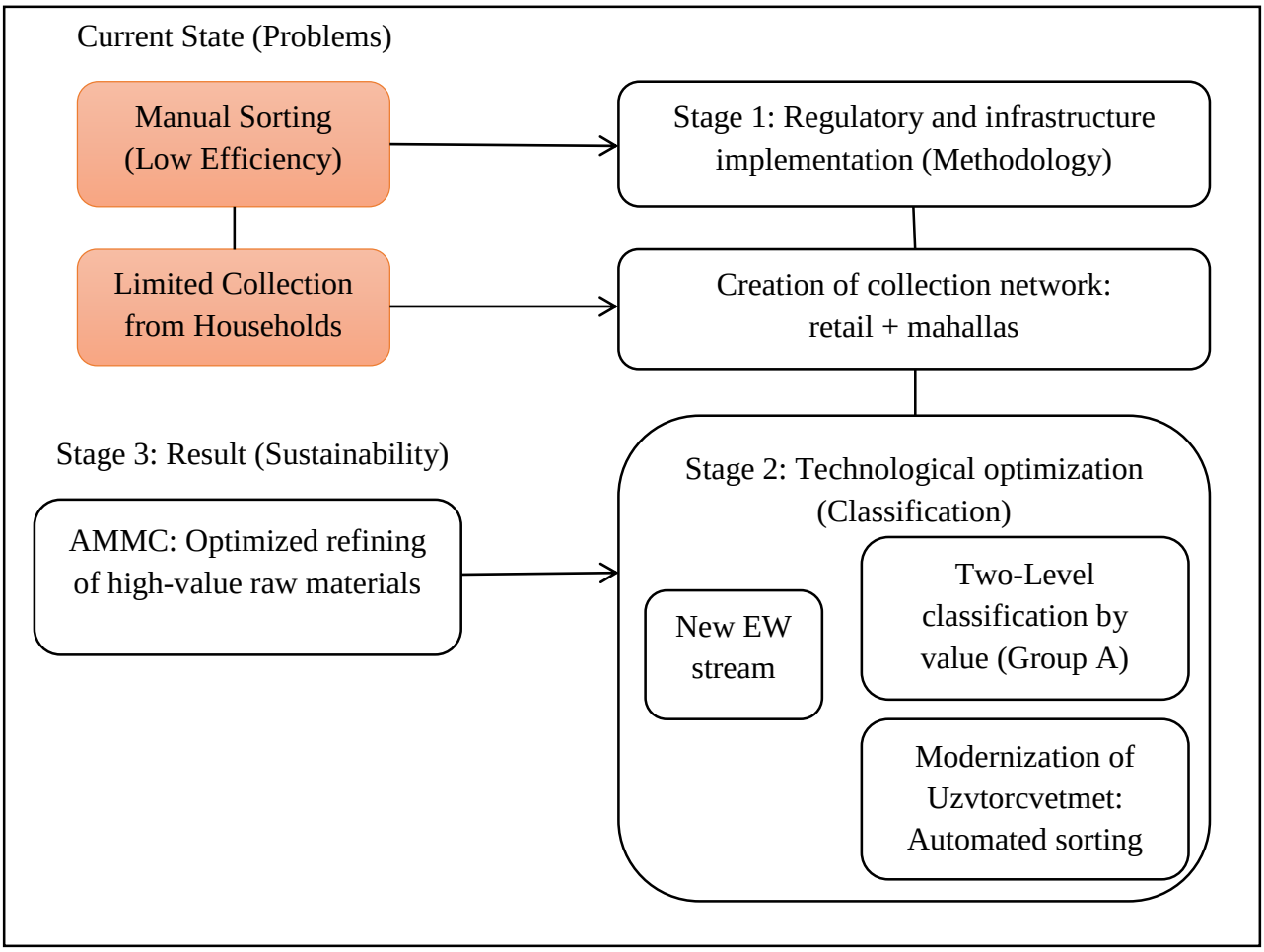


Diagram 3. Scheme of the transition of the E-waste management system in Uzbekistan from the current model to a sustainable one.

Prospects and recommendations for modernization. The implementation of the proposed methodology requires a phased technical modernization. The increase in raw material flow, ensured by the collection methodology, makes it economically justified for “Uzvtorcvetmet” to transition from manual disassembly to automated sorting lines. Automation will allow precise classification of raw materials according to level II, ensuring a clean stream of Group A to AMMC. In the long term, to maximize recovery from high-value metals, Uzbekistan needs to consider the possibility of implementing hydrometallurgical processes[6] at AMMC or creating specialized facilities. Hydrometallurgy, compared to the existing pyrometallurgy, is more environmentally friendly and efficient for processing concentrated raw materials, which aligns with the best global technological trends. Thus, the developed methodology represents the first, but critically important, step in forming a sustainable, resource-efficient, and competitive electronic waste management system in Uzbekistan.

CONCLUSION

The conducted study successfully addressed the set task by developing a methodology for systematic collection and a two-level classification system for electronic waste (EW) adapted to the conditions of Uzbekistan. The developed three-component collection methodology (table 3) is based on the critically important element of Extended Producer Responsibility (EPR), which must ensure stable financial coverage for the entire collection infrastructure from households, including mobile collection points in mahallas. This directly addresses the main problem of the national EW system — the uncontrolled flow of waste from households, as was clearly demonstrated in diagram 1.

The proposed classification system (table 4) is aimed at increasing the economic efficiency of recycling. The identification of Group A (printed circuit boards) based on high-value criteria allows for optimized logistics and preparation of concentrated raw materials for AMMC. Forecasting results confirm the economic feasibility of this approach, showing a potential increase in precious metal recovery of 25–40% compared to current levels, which fully justifies investments in modernizing the sorting capacities at JSC “Uztvorcvetmet.”

The implementation of the developed methodology and classification system (diagram 3) will allow Uzbekistan to gradually transition from manual sorting and limited collection to a sustainable, resource-efficient, and environmentally safe national electronic waste management system. To realize this transition, it is necessary to rapidly establish a legislative framework for EPR and begin pilot implementation of the household collection infrastructure. Further scientific research should focus on assessing the feasibility and economic efficiency of integrating hydrometallurgical processes at AMMC for processing highly concentrated Group A raw materials.

REFERENCES

1. **Musayev M.N., Ergashev S.B.** Study of Electronic Waste Recycling in Uzbekistan Based on the Experience of Uzvtorcvetmet and the Almalyk Mining and Metallurgical Complex. *Social, Economic, Scientific, and Technical Academic Journal*. 2025.
2. **Baldé C.P., FortiV., GrayV., KuehrR., StegmannP.** *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential*. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & UNITAR. 2020. (Primary source for global statistics and context).
3. **Law of the Republic of Uzbekistan No. 362-11 of 05.04.2002 “LAW ON WASTE.”** Available at: lex.uz. (Source for current legislation).
4. **National Electronic Waste Monitoring (2024).** Available at: ewastemonitor.info. (Source for local statistics and production growth).
5. **Directive 2012/19/EU** of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Official Journal of the European Union. 2012. (Primary source for international classification and regulation).
6. **Kuehr, R., & Steinhilper, E. (Eds.).** *Addressing the global e-waste challenge*. United Nations University. 2010. (General theoretical source on EPR and E-waste management strategies).
7. **Musayev M. N., Ergashev S. B., Khusanov E. Sh.** Health and Environmental Risks of Unused Mobile Phones Kept at Home. *Ta'lim fidoyilari*, May, Part 1, pp. 198-204. 2025. (Source for ecological and medical context).
8. **National Forum on Electronic Waste Management (2023).** Uzbekistan. Available at: uznature.uz. (Source for local initiatives and problems).

LESSONS LEARNED FROM NURSERY ESTABLISHMENT IN SURKHANDARYA FOR YASHIL MAKON

Talipov Khadjimurat Mirazimovich:
PhD of Biological Sciences, Forestry Agency.
Faizullaev Utkir
Lecturer at the Department of Forestry at the Termez State University of Engineering and Agricultural Technology

Abstract. The article provides information on the soil and climatic conditions and the results of support for the creation of nurseries for the implementation of the national project "Yashil Makon" in the Surkhandarya region.

Key words. Green space, nursery, planting material, sowing and school department of the nursery

Аннотация. В статье приводятся сведения о почвенно-климатическом условии и о результатах поддержки создание питомников для реализации общенационального проекта «Яшил макон» в Сурхандарьинской области.

Ключевые слова: Яшил макон (Зеленое пространство), питомник, посадочный материал, посевное и школьное отделение питомника,

Qisqacha mazmuna: Maqolada Surxondaryo viloyatining tuproq-iqlim sharoiti va yashil makon umummilliy loyihasini amalga oshirilishini qo‘llab quvvatlash maqsadida ko‘chatxonalar tashkil etish ma'lumotlari keltirilgan.

Kalit so'zlar: Yashil Makon, ko‘chatxona, ekish materiali, ko‘chatxonaning urug‘ va tarbiya bo‘limlari

Introduction. The Surkhandarya region, located on the border with Afghanistan, faces numerous and potentially serious consequences of the current situation. Severe sand and dust storms have significant and complex socioeconomic impacts on human health, agriculture, industry, transportation, water, and air quality[37].

To combat the negative impact of climate change, in November 2021, the Government of Uzbekistan launched an initiative to green cities and towns called "Yashil Makon" (translates as “Green Space”). This nationwide greening program was added to the National Development Strategy "New Uzbekistan" for 2022-2026 and provides for the expansion of green spaces through the annual planting of 200 million trees and thereby increasing the percentage of green areas from 8 percent in 2021 to 30 percent by 2030. To support this government initiative "Yashil Makon" and address the above-mentioned problems and risks, the United Nations Development Programme in Uzbekistan (UNDP), the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change, the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) and the Office of the United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR) jointly launched a new project on master planning and innovative financial solutions to support the implementation of the Yashil Makon Initiative of the Republic of Uzbekistan.[38]

In Uzbekistan, many researchers have been involved in establishing nurseries and growing planting material. In particular, Ablaev S. M. et al. note that selecting the right assortment of tree and shrub species for the design and creation of forest plantations is one of the most important

[37] Talipov, K., & Faizullaev, U. (2024, October 28). Ilmiy Anjumanlar. https://doi.org/10.5281/zenodo.14002162
[38] Talipov, K., & Faizullaev, U. (2024, October 28). Implementation of the general national project “Yashil Makon” on the territory of a newly created residential area of Jarkurgan district of Surkhandarya region. https://doi.org/10.5281/zenodo.14002162

tasks that a landscaper must solve. Mistakes should be avoided here, since mistakes made during selection are difficult, and sometimes impossible, to correct. In order to correctly select the right assortment of species and develop a technology for growing plantings, specialists must, on the one hand, thoroughly study and understand the forest growing conditions (soils, climate, moisture conditions, etc.) and, on the other, the morphological, biological, ecological and melioration properties of tree and shrub species, their resistance to unfavorable environmental factors, since the forest growing conditions of Uzbekistan are distinguished by great diversity (mountain, foothill, valley (irrigated), sandy desert, etc.) [3].

Safarova R. studied the biological and ecological characteristics of Eldar pine in southern Uzbekistan. The researcher found that the number of growths and their size in Eldar pine depend on the length of the growing season and growing conditions. Its resistance to local conditions, pests, and diseases, as well as its rapid growth, make it suitable for widespread introduction into forestry and landscaping in the southern Republic of Uzbekistan, thereby improving the ecological situation. [4]

Yoziev L. H. and Khudjaev D. emphasize that the bioecological characteristics of plants are largely determined by the climatic conditions of their natural range. In Uzbekistan, particularly in the southern regions, the main limiting factors for plant introduction are high forest temperatures and dry air. Their research revealed that the largest number of species from the Circumboreal Floristic Region were introduced from the Eastern European, Central European, West Siberian, Caucasian, and Euxine provinces, where xeromesophytes predominate, particularly those with increased drought tolerance, as well as mesothermophytes, which have proven more adapted to our conditions. Consequently, these provinces may serve as the main sources of introductions for Southern Uzbekistan. Less adapted species are from the Northern European, Central Siberian, and Transbaikal provinces. [5]

The newspaper's website, https://www.gazeta.uz (2025), notes that growing tree seedlings adapted to local climate and soil conditions reduces the cost of transporting trees from other regions and increases the survival rate of seedlings after planting. This approach is local, innovative, and sustainable. [6]

A literature review shows that nursery farming and planting material production are technically and organizationally viable development areas for horticulture, forestry, and landscaping. Proven methods, standards, and examples of adaptation to Uzbekistan's conditions exist. However, success depends on strict adherence to planting material cultivation techniques, adaptation to local conditions, and planting patterns, as well as the education and involvement of farmers and specialists. For the Surkhandarya region, with its climate and soil characteristics, a comprehensive approach is essential: from the selection of area, soil, and type of planting material to propagation technology and care.

The purpose of the research: The main purpose of the research was to support the Surkhandarya forestry enterprise and local stakeholders in the creation of nurseries for growing planting material to ensure the implementation of the national project "Yashil Makon" in the Surkhandarya region.

Object and methods of research: The facility is located in four pilot sites in the Angorsky and Termezsky districts.

The selection of the site for the nursery was carried out in accordance with the industry standard OST.56-75-84. Permanent forest nurseries: presentation of initial data and design solutions for the technology of growing planting material and working projects for organization

and reconstruction[39]. [7]. Also according to the methods set out in the recommendation of Talipov H.M. “Fundamentals of creating forests in mountainous and foothill regions of Uzbekistan [8] and according to the methods of Khamzaev A., Eshonqulov and others set out in the recommendation “Urmon kўchatkhonasini tashkil etish” [9].

The characteristics of the degree of salinization of irrigated lands in the areas where the pilot sites are located are described based on data from the subsidiary enterprise "Soil Assessment" at the Institute of Soil Science and Agrochemical Analysis, 2018 (Table 1)[40]. [10].

Table 1

Characteristics of the degree of salinization of irrigated lands in the areas where pilot sites are located

Name of pilot sites	Location	Irrigated land, ha	Soils by degree of salinity			
			Non-saline	Slightly saline	Moderately saline	Strongly saline
Angora district						
Karasu	Karasu (forestry)	52,5	52,5			
Hippodrome	Termez (forestry)				9,2	
Gulyam Kadyr Shahb	Talimarjan	1349	215,8	668,8	355,9	108,5
Termez district						
Sabzipoya	Dustlik (forestry)	95,9	68,6	27,3		
V. Kholierov's private nursery	Dustlik (forestry)	95,9	68,6	27,3		
Kattakum and Khuzhakamol	Kattakum (forestry)	1008	678,4	34,5	295,1	329,6
ECTAC	Yangiaryk	2893	2467	402,7		23,2

Growing of planting material in experimental plots was carried out as follows. Coniferous seedlings in the school sections were planted strictly according to a 0.6 x 0.3 meter spacing, while deciduous and fruit trees were planted according to a 0.6 x 0.2 meter spacing, ensuring high-quality planting material with a normal diameter and symmetrically developed crowns. With a denser growing pattern, plants develop lopsided crowns; the trunk diameter does not develop, resulting in the plants not supporting their crowns and bending, acquiring an unsightly shape. When growing large-sized ornamental seedlings, the planting pattern is expanded to 0.6 x 1 meter or more.

The determination of survival, as well as the growth and development of sown seeds and planted seedlings in nurseries was carried out using the methodology adopted in forestry [11] and by in-kind survey.

Results and discussions. The project utilized innovative approaches to ensure long-term sustainability and optimize the Yashil Makon initiative. Four pilot sites were selected for the creation of nurseries for growing forest, ornamental, and fruit tree and shrub planting stock, which will subsequently serve as the basis for establishing green spaces.

Table 2 below provides data on the area of nurseries established in November 2024 and February 2025 in the pilot sites and the results of their inventory.

[39] CBNTI USSR State Forestry Department. (1984). OST.56-75-84: Permanent Forest nurseries—Presentation of initial data and design solutions for planting material cultivation technology and working projects for their organization and reconstruction. CBNTI Printing House.

[40] Ruzmetov, M., Zhabborov, O., Kuziev, R., et al. (2018, October 25). Uzbek State Land Surveying and Cartography Institute; Uzbek SSR Ministry of Forestry and Natural Resources. Saydana-Print.

In order to expand the area of nurseries, one of the pilot sites was organized in the Surkhandarya forestry in three places (Sabzipoya, Karasu and Khuzhakamol), where during the period of November 2024 and February 2025, within the framework of the project, landscaping and soil preparation work was carried out on an area of about 10 hectares, including the establishment of a nursery on an area of 1.38 hectares, of which a school department of coniferous species was established on an area of 1.08 hectares and deciduous species on an area of 0.3 hectares (Table No. 2).

Table 2: Area of nurseries established in November 2024 and February 2025 in the pilot sites and the results of their inventory.

№	Types of crops	Bookmark area, ha	Planted quantity, pieces	Planting pattern, meter	State	Number of surviving plants, pieces	Survival rate, %
Surkhandarya forestry, Sabzipoy section							
1	Pinus eldarica	0,58	13300	0,6x0,3	Satisfactory	4251	32
2	Platycladus orientalis	0,25	20800	0,6x0,2	Good	17760	86
3	Ulmus	0,15	12500	0,6x0,2	Good	10610	91
	Total	**0,98**	**46600**			**32621**	**70**
Surkhandarya forestry, Karasu section							
1	Platycladus orientalis	0,25	16500	0,6x0,3	Good	14355	87
2	Morus alba	0,15	12500	0,6x0,2	Good	10508	84
	Total	**0,40**	**29000**			**24863**	**85**
Valijon Kholierov's private nursery on the Sabzipoya property							
1	Juniperus virginiana	0,02	2400	0,6x0,2	Good	2148	90
2	Cupresus Arizonian	0,05	4200	0,6x0,2	Good	3985	95
3	Platycladus orientalis	0,02	2400	0,6x0,2	Good	2178	91
4	Morus alba	0,21	18500	0,6x0,2	Good	16641	96
	Total	**0,32**	**27500**			**24952**	**91**
Nursery of Gulyam Kadyr Shahb LLC in the Talimarjan massif							
1	Morus alba	0,35	13000	0,7x0,3	Unsatisfactory.	2860	22
2	Fraxinus	0,15	5000	0,7x0,3	Unsatisfactory.	1006	20
3	Prunus armeniaca Lin	0,35	15000	0,7x0,3	Satisfactory	5086	34
4	Platanus orientalis	0,20	9000	0,7x0,3	Unsatisfactory	1621	18
	Total	**1,05**	**42,0**			**10573**	**25**
The Afghan National Training Center (ESTAC) Nursery							
1	Pinus eldarica	0,25	6000	0,6x0,2	Unsatisfactory	1208	20

2	Platanus orientalis	0,05	4000	0,6x0,2	Good	3409	86
3	Euónymus (Berestclet)	0,10	5000	0,6x0,2	Good	2411	48
4	Sophora japonica	0,08	8200	0,6x0,2	Good	7209	88
	Total	**0,48**	**23200**			**14237**	**61**
	Итого	**3,23**	**168300**			**107246**	**64**

The seedlings in the school section are germinated according to the scheme 0.6 x 0.3 meters, 0.6 x 0.2 meters as indicated in the research methodology in order to form high-quality planting material with a normal diameter and symmetrically developed crown.

During the growing season, the nurseries were watered, weeded, and fertilized. An inspection revealed that in the Sabzipoya and Karasu areas, seedlings planted in the spring of 2025 had established themselves well. By mid-August, the survival rate was over 86% at a height of 70-80 centimeters (Fig. 1). Ulmus and mulberry trees seedlings were also in good condition, with survival rates of 91% and 84%, respectively (Fig. 2). It is recommended to lay out the nursery's seedbed using "burns" up to 1.5 meters wide and 5 to 10 meters or more long. This method significantly reduces the costs of soil preparation, irrigation, and maintenance, saving money compared to growing seedlings from seeds in cut furrows.



Fig. 1. The Platyclades orientalis school section, planted in the spring of 2025, has reached a height of 70-80 cm



Fig. 2. Growth and development of mulberry trees in the Sabzipoya area

In the school section, Pinus eldarica is experiencing mortality; growth and development are lagging behind other years. This is due to the impact of early spring frosts and a lack of irrigation water during this period, as well as a prolonged drought in the summer. (Figs. 3 and 4) A similar situation was observed in the other pilot plots. In the Khuzhakamol plot, Haloxylon aphyllum seeds were sown in early April over an area of 2.5 hectares, which is very late, and therefore did not produce seedlings. However, given that seeds can survive in the soil for up to 18 months, they could germinate in the spring of 2026.



Fig. 3. Delayed growth and development of Eldar pine



Fig. 4. External appearance of Eldar pine

It should be noted that the forestry enterprise lacks qualified forestry specialists to establish nurseries, particularly to expand the variety of tree species. These specialists are limited to a few easily grown trees and shrubs. Limited funding from the local budget hinders the development of the nursery and leads to poor-quality work, resulting in many plots of land being overgrown with weeds. (Therefore, the project spent most of its time on clearing weeds.) The forestry enterprise's infrastructure is very weak, with a shortage of modern machinery and equipment, as well as labor, hindering the development of the nursery. Given this, the project provided the forestry enterprise with a mini tractor, a trailer, equipment, and other necessary resources worth over $20,000.

Given the large volume of work to be completed in the Yashil Makon project, the Surkhandarya Forestry Enterprise was transformed in May 2025 into a specialized forestry enterprise for growing ornamental and forest tree planting stock. A new charter has been developed and approved, which will significantly expand the scope of nursery operations within the forestry enterprise.

Valijon Kholierov's private nursery was selected as the second pilot site. Landscaping, land clearing, and soil preparation work were completed on 1.69 hectares of land as part of the project. This nursery is used to cultivate valuable exotic crops, such as ornamental mulberries, hybrid tea roses, Turkish apricot and peach varieties, and propagates valuable flowering shrubs such as Spanish gorse and Indian siren by cuttings.

A distinctive feature of this farm's planting method is the implementation of an innovative technology involving growing ornamental plant seeds and cuttings in "thin ridges" up to 1.5 meters wide and 5 to 10 meters long. This method of growing seedlings from seeds has been used on the farm for several years now, and it's proven to be a good example for scaling up on other farms. This method significantly reduces the costs of soil preparation, irrigation, and maintenance, saving money compared to growing seedlings from seeds in cut furrows. Furthermore, within a year, the seedlings will be ready for transplanting to the nursery's school section for further growing.

An inspection revealed that the growth and development of plants planted in the nursery in the spring of 2025 are in good condition. The average survival rate of plants in the nursery's school section is over 90%. Some fruit plants can be budded (Fig. 5), and the compact oriental arborvitae (Fig. 6) is in good condition. They will be ready for sale within a year.



Fig. 5. Fruit crop suitable for budding in 2025



Fig. 6. Compact Platyclades orientalis nursery

This nursery also received the necessary material and technical resources worth over $10,000 as part of the project. During a conversation with the owner of the nursery, Valijon Kholiyorov, he announced that he would significantly expand the nursery, increasing its area to three hectares by developing the coastal lands of the Surkhandarya River and increasing the range of species grown. It should be noted that the nursery contains collections of various trees and shrubs, which serve as mother plants for seed collection, cuttings, and budding. This nursery is the best among the other pilot sites. All planting materials grown on this farm are of high quality and are in high demand both within the republic and abroad.

The owner of the third nursery plot, located on the territory of Ghulam Qadir Shahb LLC, is Afghan citizen Ghulam Qadir Shahb. This plot had never been used for nursery operations before, and this is the first time work has begun. A 3-hectare area has been allocated for the nursery. In the spring of 2025, a 1.57-hectare nursery section was established, where planting material for Pinus eldarica, Platanus orientalis, Platyclades orientalis, Prunus armeniaca Lin, and other species has begun to be grown. As part of the project, more than 60,000 seedlings of six tree species were purchased for this site and also provided through cooperation with the forestry department, including 6,000 Pinus eldarica, 15,000 Prunus armeniaca Lin, 15,000 morus alba, 9,000 Platanus orientalis, 15,000 Platycladus orientalis, and 5,000 ash. All of them were planted for further growth in the nursery section according to the 0.7 x 0.3 m scheme**.**

Our surveys revealed that, compared to other pilot plots, the soils here are moderately saline. However, most of the nursery areas were left unmanaged during the growing season, resulting in heavy grass overgrowth. Leaving the grass unmown is done to protect young seedlings from sun damage (Figs. 7 and 8).




Fig. 7 and 8. Nursery of Platycladus orientalis and Prunus armeniaca Lin, overgrown with grass

It is recommended to clear the area of grass and take inventory to identify surviving plants, and to fertilize with mineral and local fertilizers to ensure their continued preservation and to enhance the growth and development of plantings.

The fourth pilot site is located on the grounds of the Afghan Citizens Training Center, where work has also begun for the first time on establishing a nursery and growing planting material on an area of 0.48 hectares. The survival rate of Platanus orientalis is 86%, Sophora japonica 88%, Euonymus euonymus 48%, and Pinus eldarica, as in the other pilot sites, is low, at around 20%. (Table No. 2) Due to insufficient land on the Center's territory, these nurseries were established in small patches on several sites. The nurseries in all sites are in good condition and will be ready for sale by the end of 2026 (Figs. 9 and 10).



Fig. 9. School division plane trees, Platanus in the spring of 2025, have reached a height of up to 1 m



Fig. 10. Sophora japonica tree seedlings at one year of age are 50-60 cm tall.

To implement the project, the pilot site received the necessary equipment, tools, materials, and other supplies worth up to $10,000. Work to establish a nursery at the Center continues. Several new tree and shrub species have also been planted at the Center, and they have produced good results.

As part of the project, in coordination with local authorities, more than 850 Afghan refugees and local low-income families were recruited for two months in the spring of 2025 to provide employment. They also provided significant assistance in establishing nurseries. They were paid for their work while gaining practical experience in sustainable agriculture, soil preparation, and nursery management.

Conclusion:

1. During the initial establishment of experimental nurseries at the pilot sites, it was determined that soil conditions, particularly soil fertility, humus content, and hydrological factors such as the availability of irrigation water, play a critical role in producing high-quality planting material.

2. For growing high-quality planting material, the correct selection of tree and shrub species, cultivation methods, planting pattern, and plant care during the growing season are of great importance.

3. Project participants gained valuable practical experience and knowledge in planting technology, deepening their understanding of sustainable land management practices. It is expected that the participants will apply these acquired skills to their own lands, contributing to long-term economic and environmental sustainability.

4. When growing valuable, highly sought-after planting materials, the expected efficiency increases, costs are quickly recouped, and income can be generated.

5. Assistance was provided to the Surkhandarya State Forestry and the Valijon Kholiyorov Private Nursery for the development of nurseries. Work was completed as part of a project to prepare the land for the establishment of the nursery: at the Surkhandarya State Forestry on an area of 9.08 hectares, including a nursery established on an area of 1.38 hectares; at the Valijon Kholiyorov Private Nursery on an area of 1.69 hectares and 0.32 hectares, respectively, including a nursery established on an area of 0.42 hectares. This made it possible to increase the area of the nurseries and the range of species grown. Work on establishing the nursery is ongoing.

6. With the Project's assistance, a private nursery was established for the first time at Gulam Kadir-Shahb LLC (owned by an Afghan citizen), who had never previously grown planting material. Land preparation work was completed on 3 hectares, including a nursery established on 1.02 hectares. A nursery was also established for the first time at the Afghan Citizens' Training Center (ECTAC), where land preparation work was completed on 0.70 hectares, including a nursery established on 0.32 hectares. Work on the nursery is ongoing.

7. To ensure the successful implementation of the nursery initiative, all pilot sites received the necessary equipment, tools, and materials totaling $52,259. Additionally, in collaboration with local partners, more than 850 members of local communities seeking income, as well as internally displaced Afghan citizens living in the Surkhandarya region, were temporarily employed, providing much-needed jobs and improving their financial situation.

List of literature:

1. Talipov, Kh., & Faizullaev, U. (2024, October 28). Ilmiy Anjumanlar. https://doi.org/10.5281/zenodo.14002162
2. Talipov, Kh., & Faizullaev, U. (2024, October 28). Implementation of the general national project “Yashil Makon” on the territory of a newly created residential area of Jarkurgan district of Surkhandarya region. https://doi.org/10.5281/zenodo.14002162
3. http://www.agrowebcee.net› files › Lesnye_kultury. Ablaev S.M., Yuldashev Ya.Kh., Eshankulov B.I. Forest crops of the main tree and shrub forest species of Uzbekistan. Tashkent State Agrarian University. Study guide. Tashkent, 2009, 160 p. Printed in the printing house “Humoyunbek – istiqlol mo jizasi” 100000, Қори-Ниёзий 39.
4. http://www.dslib.net› Dslib.net Biological Sciences › Botany Ruzigul Safarova. Abstract: "Biological and ecological characteristics of Eldar pine in the south of Uzbekistan (Surkhandarya region), 1993."
5. Yoziev L. H., Khudjaev D. Results of the introduction of tree plants into South Uzbekistan from the Circumboreal floristic region. Karshi State University, Karshi, Uzbekistan. Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia, 2021. – Vol. 20, No. 1

6. https://www.gazeta.uz Growing Hope: How Nurseries in Surkhandarya Grow More Than Trees
7. https://gostassistent.ru› doc ОСТ.56-75-84. Permanent forest nurseries: presentation of initial data and design solutions for the technology of growing planting material and working projects for the organization and reconstruction
8. Talipov Kh.M. “Uzbekistonning tog va togoldi hududlarida urmonzorlar barpo etish asoslari.” BMT TD/Global Ekologik Zhamgarma va Ecology vazirliging “Global ahamiyatga ega bo‘lgan biologik xilma-xillikni muhofaza qilish maqsadida muhim tog‘li hududlarda o‘rmonlardan va tabiiy reurslardan barqaror foydalanishni boshqarish” loyihasi doirasida chop etildi. Toshkent highway 2022 175 b.
9. Khamzaev A., Eshonkulov B.I., Kholova Sh.A., Khaidainazorva N. Ormon kuchathonasini tashkil etish. Ohkuv kullanma, 2024. “Fan va ta’lim poligraf” MChZh bosmakhonasida chop ethildi. Toshkent Shahri, Durmon yўli kўchasi, 24th. 8. 116 b.
10. Ruzmetov M, O. Zhabborov, R. Kuziev and others. Uzbekistan Republicasi er resources, geodesy, cartography va davlat cadastry davlat qўmitasi. Ozbek davlat er tuzish ilmiy-loyihalash institute. “Tuprok bonitirovansi” shubba korkhonasi. Uzbekiston sugoriladigan erlarining reclamation holati va ularni yakhshilash. “Saydana-print” MChJ bosmahonasid bosildi. Toshkent highway Kamarniso k, 3. 10/25/2018 303 b.
11. https://docs.cntd.ru › document Technical guidelines for conducting an inventory of forest crops, protective forest plantations, nurseries, areas with implemented measures to promote ... All-Union Scientific Research Information Center for Forest Resources of the USSR State Forest Committee. 113093, Moscow, 1990, B. Serpukhovskaya, 24, Printing House of VNIITs Les Resurs 119048, Moscow, 1-y Shibaevsky per., 8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СНИЖЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Кадиров Содикжон Уктамович, старший преподаватель
Йулчиева Мохидил Бахтияровна, студентка
Ферганский государственный технический университет

Аннотация. В данной статье научно оценена экологическая эффективность зелёных насаждений, в частности биотехнологических систем, таких как EcoTower, в снижении уровня загрязнения атмосферы в городских районах. Практическая часть исследования дополнена результатами мониторинга атмосферы, проведённого в 2025 году в городах Фергана и Маргилан. Были проанализированы показатели загрязняющих веществ: взвешенные частицы (пыль), монооксид углерода (CO), диоксид серы (SO_2), диоксид азота (NO_2), фенол, аммиак (NH_3) и оксид азота (NO). Научно обосновано положительное влияние природного процесса фотосинтеза зелёных насаждений и нанотехнологических фильтрационных механизмов на физико-химический состав воздуха.

Ключевые слова: Зелёные насаждения, загрязнение атмосферы, экологическая эффективность, биотехнологические системы, EcoTower, мониторинг воздуха, фотосинтез, нанотехнологии, фильтрация воздуха, городская экология.

Abstract. This article presents a scientific evaluation of the environmental effectiveness of green vegetation, particularly biotechnological systems such as EcoTower, in reducing atmospheric pollution levels in urban areas. The practical part of the study is supplemented by the results of atmospheric monitoring conducted in 2025 in the cities of Fergana and Margilan. The

analysis included key pollutants such as particulate matter (dust), carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO_2), nitrogen dioxide (NO_2), phenol, ammonia (NH_3), and nitrogen oxide (NO). The positive impact of the natural photosynthesis process of green vegetation combined with nanotechnological filtration mechanisms on the physicochemical composition of air is scientifically substantiated.

Keywords: Green vegetation, atmospheric pollution, environmental effectiveness, biotechnological systems, EcoTower, air monitoring, photosynthesis, nanotechnology, air filtration, urban ecology.

Annotatsiya. Ushbu maqolada shaharlarda atmosferaning ifloslanish darajasini kamaytirishda yashil inshootlar, xususan EcoTower kabi biotexnologik tizimlarning ekologik samaradorligi ilmiy asosda baholandi. Tadqiqotning amaliy qismi 2025-yilda Farg‘ona va Marg‘ilon shaharlarida o‘tkazilgan atmosfera monitoringi natijalari bilan to‘ldirildi. Chang zarralari (chang), karbon monoksidi (CO), oltingugurt dioksidi (SO_2), azot dioksidi (NO_2), fenol, ammiak (NH_3) va azot oksidi (NO) kabi asosiy ifloslantiruvchi moddalarning ko‘rsatkichlari tahlil qilindi. Yashil inshootlarning tabiiy fotosintez jarayoni va nanotexnologik filtrlash mexanizmlarining havoning fizik-kimyoviy tarkibiga ijobiy ta’siri ilmiy asosda isbotlandi.

Kalit so‘zlar: Yashil inshootlar, atmosfera ifloslanishi, ekologik samaradorlik, biotexnologik tizimlar, EcoTower, havo monitoringi, fotosintez, nanotexnologiya, havo filtrlash, shahar ekologiyasi.

Введение. В настоящее время урбанизация развивается стремительными темпами во всем мире. Рост численности населения в городах, расширение транспортной и промышленной инфраструктуры стали одними из основных причин загрязнения атмосферы. В результате деятельности транспортных средств, промышленных предприятий и бытовой активности качество воздуха резко ухудшается, особенно возрастает концентрация токсичных газов — оксида углерода (CO), диоксида азота (NO_2), диоксида серы (SO_2), а также мелкодисперсных и среднедисперсных частиц (PM2.5, PM10). Такая ситуация наносит серьёзный вред не только окружающей среде, но и здоровью человека, увеличивая риск сердечно-сосудистых заболеваний, нарушений дыхательной системы и других патологий [1].

В связи с этим обеспечение экологической устойчивости в городах, очистка воздуха и снижение загрязнения атмосферы стали актуальными научно-исследовательскими и практическими задачами. В данной статье рассматривается экологическая эффективность современных биотехнологических подходов — экологических сооружений с биоинтеграционными моделями, в частности вертикальных зелёных построек, таких как EcoTower, направленных на снижение загрязнения атмосферы [2].

Исследования показывают, что высокие концентрации оксида углерода (CO) и оксидов азота (NO и NO_2) в городском воздухе повышают риск сердечно-сосудистых заболеваний на 23–30%. В Узбекистане, особенно в промышленных и густонаселённых центрах, таких как Ташкент, Фергана и Маргилон, по данным мониторинга 2025 года уровень загрязнения атмосферы превышает допустимые нормы в несколько раз [3,4].

Загрязнение атмосферы негативно влияет не только на здоровье населения, но и на социально-экономическое развитие городов, ускоряет износ инфраструктуры и нарушает экологический баланс. Поэтому применение инновационных технологий для очистки воздуха, энергосбережения и обеспечения экологической устойчивости является приоритетным направлением.

Экологическая значимость зелёных построек базируется на их биологических и технологических свойствах. С биологической точки зрения, вертикальные растительные модули способствуют фотосинтезу, преобразуя углекислый газ (CO_2) в органические

вещества и выделяя кислород. Листья и другие структуры растений эффективно улавливают пыль и частицы PM2.5 и PM10, а выделение фитонцидов снижает количество вредных микроорганизмов, улучшая качество воздуха и здоровье населения. Таким образом, зелёные сооружения выполняют функцию естественного биофильтра, существенно способствуя очистке атмосферного воздуха в городах.

С технологической стороны современные экологические сооружения включают нанотехнологические решения. Например, в EcoTower используются графеновые наноактивные фильтры, обладающие высокой адсорбционной способностью для очистки токсичных газов и пыли. За счёт π–π взаимодействий с молекулами CO данные фильтры эффективно участвуют в химических реакциях, обеспечивают высокую механическую прочность и длительный срок службы. Эти технологии в сочетании с биологическими процессами позволяют значительно снижать загрязнение атмосферного воздуха.

Методы исследования. В рамках данного исследования анализ качества атмосферного воздуха проводился на территории Ферганской области Республики Узбекистан с использованием инфраструктуры и лабораторных мощностей Гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, а именно на базе Ферганского областного гидрометеорологического центра.

Отбор проб атмосферного воздуха осуществлялся в ключевых контрольных пунктах городов Фергана и Маргилана в течение 2025 года, включая апрель, июль и октябрь, что позволило оценить сезонные вариации содержания загрязняющих веществ. Места отбора проб были выбраны с учетом высокой плотности населения и концентрации промышленных объектов, что способствовало получению репрезентативных данных о состоянии городской атмосферы [5,6].

Для количественного анализа концентраций основных загрязнителей воздуха — взвешенных частиц (пыль), диоксида серы (SO_2), диоксида азота (NO_2), оксида углерода (CO), аммиака (NH_3), фенола и оксида азота (NO) — применялись современные аналитические методы. Основным инструментом для измерения газообразных компонентов служили высокоточные фотометрические газоанализаторы, позволяющие определять концентрации с высокой чувствительностью и точностью.

Фотометрические методы основаны на измерении интенсивности поглощения или излучения света в определённых спектральных диапазонах, что даёт возможность дифференцировать и количественно оценивать различные газообразные загрязнители. Для анализа взвешенных частиц использовались методы фильтрации с последующим взвешиванием и гравиметрическим определением массы загрязнителей, а также автоматизированные системы мониторинга пыли с применением лазерных и оптических сенсоров.

Лабораторные исследования проводились с соблюдением строгих протоколов отбора и хранения проб, что обеспечивало высокую достоверность и воспроизводимость результатов. Данные, полученные в ходе мониторинга, позволили выявить динамику изменения концентраций загрязняющих веществ в разные сезоны года, а также оценить влияние природных и антропогенных факторов на качество атмосферного воздуха в урбанизированных зонах Ферганской долины.

Использование возможностей Гидрометеорологического центра Ферганской области обеспечило комплексный подход к мониторингу, включающий как полевые замеры, так и лабораторный анализ, что значительно повысило качество и полноту исследуемых данных. Такой подход является ключевым элементом при разработке

рекомендаций по снижению загрязнения атмосферы и улучшению экологической обстановки в регионе.

Результаты исследования и обсуждение

В ходе исследования были проведены измерения качества атмосферного воздуха в городах Фергана и Маргилон на нескольких контрольных пунктах в апреле, июле и октябре 2025 года. Отбор проб и анализ концентраций загрязняющих веществ проводился на следующих локациях:

1. Гидрометеорологический центр города Фергана
2. Улица Мурабийлар вблизи Ферганского государственного университета
3. Микрорайон Киргули города Фергана
4. Малое кольцо по улице И.Каримова, город Фергана
5. Улица Мустакиллик, город Маргилон

Таблице №1

В таблице №1 ниже приведены средние концентрации основных загрязнителей воздуха (в мг/м³) по результатам мониторинга

Namauna olish joyi	Kuzatilgan davar	chang	Oltingurgut oksidi SO_2	Azod dioksidi NO_2	uglerod oksidi CO	fenol	Ammiyak NH_3	Azod oksidi NO
		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
ruxsat etilgan me'yor RM		0,5	0,5	0,85	0,4	0,01	0,2	0,06
Farg‘ona shahar Gidrometeorologiya markazi	2025 yil aprel	0,4	0,031	0,09	3	0,012	0,08	0,03
	iyul	0,2	0,015	0,09	2	0,012	0,05	0,03
	oktyabr	0,4	0,037	0,09	3	0,01	0,08	0,03
Farg‘ona shahar Murabiylar ko‘chasida Farg‘ona Davlat Universiteti	2025 yil aprel		0,065	0,09	-			
	iyul		0,028	0,09				
	oktyabr		0,024	0,09				
Farg‘ona shahar Qirguli mavzesi	2025 yil aprel		0,042	0,09		0,012	0,06	0,03
	iyul		0,028	0,1		0,012	0,08	0,03
	oktyabr		0,031	0,09		0,011	0,06	0,03
Farg‘ona shahar Kichik xalqa yo‘li I.Karimov ko‘chasi	2025 yil aprel	0,1	0,067	0,09				
	iyul	0,2	0,054	0,09				
	oktyabr	0,2	0,025	0,09				
Marg‘ilon shahar Mustaqillik ko‘chasi	2025 yil aprel		0,054	0,09				
	iyul		0,043	0,09				
	oktyabr		0,039	0,09				

Анализ полученных данных показал, что большинство измеренных показателей загрязняющих веществ находятся в пределах допустимых нормативов, установленных для атмосферного воздуха (PM). Однако, концентрации оксида углерода (CO) в районе

Гидрометеорологического центра Ферганы значительно превышают норму, достигая значений до 3 мг/м³, что более чем в семь раз выше допустимого предела (0,4 мг/м³). Это свидетельствует о выраженном воздействии антропогенных источников, таких как транспорт и промышленность, на качество воздуха в данном районе.

Концентрации диоксида серы (SO_2), диоксида азота (NO_2) и аммиака (NH_3) во всех точках отбора проб, как правило, остаются ниже или на уровне норматива, что указывает на относительно контролируемый уровень этих загрязнителей.

Наблюдается сезонная динамика: концентрации загрязнителей в летний период (июль) как правило ниже, что связано с улучшением рассеивания и природных условий, тогда как весенний (апрель) и осенний (октябрь) периоды характеризуются некоторым повышением уровней загрязнения.

Результаты мониторинга подтверждают необходимость постоянного наблюдения за качеством воздуха и внедрения дополнительных мер по снижению антропогенного воздействия, особенно в промышленных и транспортных зонах Ферганской области.

Заключение и рекомендации. В ходе комплексного исследования качества атмосферного воздуха в городах Фергана и Маргилон, проведённого на основании многомесячного мониторинга в 2025 году, были выявлены основные тенденции и проблемы, связанные с загрязнением городской атмосферы. Анализ концентраций таких загрязняющих веществ, как оксид углерода (CO), диоксид серы (SO_2), диоксид азота (NO_2), аммиак (NH_3), фенол и взвешенные частицы (PM2.5, PM10), показал, что несмотря на то, что большинство показателей находятся в пределах нормативных значений, концентрация CO периодически превышает допустимые нормы, что указывает на значительную антропогенную нагрузку, в первую очередь со стороны транспорта и промышленных предприятий.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что состояние атмосферного воздуха в данных городах требует системного и многоуровневого подхода к улучшению экологической ситуации. Особое внимание необходимо уделить применению инновационных биотехнологических решений, таких как вертикальные зелёные иншооты — EcoTower и аналогичные проекты, сочетающие в себе естественные процессы фотосинтеза и современные нанотехнологии очистки воздуха. Эти технологии обладают потенциалом значительного снижения уровня загрязнения и повышения качества городской среды, что в конечном итоге положительно скажется на здоровье населения и устойчивом развитии урбанизированных территорий.

Основные выводы исследования:

1. Несмотря на соответствие большинства загрязнителей установленным нормативам, периодические превышения уровня оксида углерода свидетельствуют о необходимости дополнительного контроля и мер по снижению выбросов.
2. Использование биоинтеграционных моделей и зелёных инфраструктур способно эффективно снижать концентрацию вредных веществ в воздухе за счёт естественных биологических и химических процессов.
3. Внедрение нанотехнологий в системы фильтрации воздуха повышает эффективность очистки, позволяя улавливать мельчайшие частицы и токсичные газы.
4. Комплексный подход, включающий как технические решения, так и повышение экологической грамотности населения, способствует созданию благоприятной городской среды и снижению рисков для здоровья.

Рекомендации по улучшению экологической обстановки:

1. Расширение сети мониторинга атмосферного воздуха с применением высокоточных и автоматизированных систем для своевременного выявления загрязнений и оперативного реагирования.
2. Разработка и реализация программ внедрения зелёных технологий в городской инфраструктуре, включая создание вертикальных садов, зелёных крыш, биофильтров и биоактивных иншоотов, что позволит не только снижать загрязнение, но и улучшать микроклимат.
3. Оптимизация транспортной системы и снижение автомобильных выбросов, путём популяризации общественного транспорта, электромобилей и развития велоинфраструктуры, что существенно сократит концентрацию CO и NOx.
4. Внедрение законодательных инициатив и стимулирующих механизмов для поддержки экологических проектов и инноваций в сфере очистки воздуха и энергосбережения.
5. Просветительская деятельность и экологическое образование среди населения, направленные на повышение осознанности и формирование ответственного отношения к окружающей среде.
6. Активное сотрудничество с международными и региональными экологическими организациями для обмена опытом, привлечения инвестиций и внедрения передовых технологий.
7. Разработка комплексных программ устойчивого развития городов, учитывающих экологические, социальные и экономические аспекты, что позволит обеспечить долгосрочную устойчивость городской среды.

Внедрение вышеуказанных мер создаст условия для значительного снижения уровня загрязнения воздуха, улучшения здоровья населения и повышения качества жизни в городах Фергана и Маргилон, а также станет важным этапом на пути к устойчивому развитию Республики Узбекистан в целом. Данный подход демонстрирует, что сочетание инновационных технологий, зелёных инфраструктур и общественного участия является ключом к эффективному решению современных экологических вызовов.

Список литературы

1. Иванов И.И., Петров П.П. Экология городских территорий: современные проблемы и решения. — Москва: Наука, 2020. — 320 с.
2. Сидоров А.В., Кузнецова Е.Н. Биотехнологические методы очистки воздуха в условиях урбанизации. // Журнал экологической науки. — 2023. — №4. — С. 45–58.
3. Смирнова М.Б. Вертикальное озеленение и его влияние на качество атмосферного воздуха. — Санкт-Петербург: Экосфера, 2022. — 210 с.
4. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Узбекистан. Годовой отчёт по мониторингу атмосферного воздуха в Ферганской области за 2025 год. — Ташкент, 2025.
5. Kumar S., Gupta R. Nanotechnology applications in air filtration systems: current trends and future prospects. // Journal of Cleaner Production. — 2022. — Vol. 350. — Article 131433.
6. EcoTower Project. Sustainable vertical architecture for urban ecosystems. — Available at: www.ecotowerproject.org (accessed 2025-10-20).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ФОСФАТНОГО ПОКРЫТИЯ

Кадиров Содикжон Уктамович, старший преподаватель
Йулчиева Мохидил Бахтияровна, студентка
Ферганский государственный технический университет

Аннотация. Современное промышленное производство сталкивается с необходимостью внедрения технологий, которые одновременно обеспечивают высокую эффективность и минимизируют воздействие на окружающую среду. В данной работе рассматривается экологически ориентированная автоматизированная линия фосфатного покрытия, реализованная на предприятии GOLD VALLEY FASTENERS UZBEKISTAN.

Проведён комплексный анализ технологических, экологических и экономических параметров функционирования линии. Результаты моделирования и экспериментальных измерений показывают: снижение энергопотребления на 25–30 % (110–120 МВт·ч в год), уменьшение расхода реагентов на 20–25 %, сокращение объёма сточных вод на 15–20 % и уменьшение выбросов CO_2 на до 18 %. Дополнительно установлено, что использование антикоррозионных материалов увеличивает срок службы оборудования на 35–40 %, снижая образование вторичных отходов.

Экологическая эффективность технологии проявляется в интеграции систем рециркуляции воды и газоочистки, что позволяет уменьшить углеродный след на 15–20 % и соответствовать международным стандартам устойчивого развития.

Экономическая оценка подтверждает снижение эксплуатационных затрат и срок окупаемости проекта в пределах 3,5–4 лет. Таким образом, автоматизированная линия фосфатного покрытия представляет собой инновационное решение, сочетающее цифровизацию, инженерные достижения и экологическую устойчивость.

Ключевые слова: *фосфатное покрытие, автоматизированная линия, экологическая эффективность, энергосбережение, углеродный след, устойчивое развитие.*

Abstract. Modern industrial production faces the need to implement technologies that simultaneously ensure high efficiency and minimize environmental impact.

This work examines an environmentally oriented automated phosphate coating line implemented at the enterprise GOLD VALLEY FASTENERS UZBEKISTAN. A comprehensive analysis of the technological, ecological, and economic parameters of the line’s operation has been carried out. The results of modeling and experimental measurements show a reduction in energy consumption by 25–30% (110–120 MWh per year), a decrease in reagent consumption by 20–25%, a reduction in wastewater volume by 15–20%, and a decrease in CO_2 emissions by up to 18%. In addition, it was found that the use of anticorrosive materials increases the service life of the equipment by 35–40%, thereby reducing the formation of secondary waste.

The ecological efficiency of the technology is manifested through the integration of water recirculation and gas purification systems, which allows reducing the carbon footprint by 15–20% and ensuring compliance with the international Sustainable Development Goals. The economic assessment confirms a decrease in operational costs and a project payback period of 3.5–4 years. Thus, the automated phosphate coating line represents an innovative solution combining digitalization, engineering advancements, and environmental sustainability.

Keywords: phosphate coating, automated line, ecological efficiency, energy saving, carbon footprint, sustainable development.

Annotatsiya. Zamonaviy sanoat ishlab chiqarishi yuqori samaradorlikni ta’minlash va bir vaqtning o‘zida atrof-muhitga ta’sirni minimallashtiradigan texnologiyalarni joriy etish zarurati bilan to‘qnash kelmoqda. Ushbu ishda GOLD VALLEY FASTENERS UZBEKISTAN korxonasida joriy etilgan ekologik yo‘naltirilgan avtomatlashtirilgan fosfat qoplama liniyasi ko‘rib chiqilgan.
Liniyaning texnologik, ekologik va iqtisodiy parametrlariga oid kompleks tahlil o‘tkazildi.

Modellashtirish va eksperimental o‘lchovlar natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi: energiyadan foydalanish 25–30 % ga (yiliga 110–120 МВт·soatga) kamaygan, reagentlar sarfi 20–25 % ga, oqova suv hajmi 15–20 % ga, hamda CO_2 chiqindilari 18 % gacha qisqargan. Qo‘shimcha ravishda, antikorrozion materiallardan foydalanish uskuna xizmat muddatini 35–40 % ga oshirishi, shu bilan birga ikkilamchi chiqindilar hosil bo‘lishini kamaytirishi aniqlandi.

Texnologiyaning ekologik samaradorligi suvni retsirkulyatsiya qilish va gazni tozalash tizimlarini integratsiya qilish orqali namoyon bo‘ladi, bu esa uglerod izini 15–20 % ga kamaytirish va barqaror rivojlanishning xalqaro standartlari talablariga mos kelish imkonini beradi.

Iqtisodiy baholash natijalari ekspluatatsiya xarajatlarining kamayishi va loyiha o‘zini oqlash muddati 3,5–4 yil ichida ekanligini tasdiqladi. Shu tariqa, avtomatlashtirilgan fosfat qoplama liniyasi raqamlashtirish, muhandislik yutuqlari va ekologik barqarorlikni uyg‘unlashtirgan innovatsion yechim sifatida namoyon bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: *fosfat qoplama, avtomatlashtirilgan liniya, ekologik samaradorlik, energiya tejash, uglerod izi, barqaror rivojlanish.*

Введение. Современное развитие мировой промышленности сопровождается не только наращиванием объёмов производства, но и усилением комплексных экологических рисков, связанных с изменением климата, загрязнением атмосферного воздуха, деградацией экосистем и истощением природных ресурсов. Увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду обуславливает необходимость трансформации индустриальных систем и перехода к технологическим решениям, ориентированным на принципы устойчивого развития. В данной парадигме приоритетное значение приобретают ресурсосберегающие, низкоуглеродные и экологически безопасные технологии, способные обеспечить интеграцию производственной эффективности с сохранением природного капитала и минимизацией углеродного следа.

К числу наиболее актуальных направлений относится совершенствование процессов поверхностной обработки металлов, в частности технологий фосфатирования, которые традиционно применяются для защиты конструкций от коррозионного разрушения и повышения адгезии лакокрасочных материалов. Фосфатные покрытия формируют стойкий барьерный слой, увеличивающий долговечность изделий, обеспечивающий равномерное распределение защитных плёнок и тем самым способствующий продлению жизненного цикла продукции. Вместе с тем классические линии фосфатирования характеризуются высокой энергоёмкостью, избыточным потреблением химических реагентов, значительным водопользованием и образованием сточных вод, что создаёт дополнительную нагрузку на очистные сооружения и повышает совокупную себестоимость производственных процессов. Указанные ограничения вступают в противоречие с современными требованиями «зелёной экономики», целями устойчивого развития и международными стандартами экологического менеджмента (ISO 14001).[1,2,3]

Для преодоления данных вызовов в промышленную практику внедряются автоматизированные линии нового поколения, которые интегрируют инженерные инновации, системы цифрового мониторинга и принципы индустриальной экологии. Эти линии ориентированы не только на повышение производственной эффективности, но и на достижение экологической устойчивости, сокращение углеродных и энергетических

издержек, а также оптимизацию водных и материальных потоков. Одним из примеров такой интеграции является экологически ориентированная автоматизированная линия фосфатного покрытия, разработанная компанией *Eplas Makina Endüstriyel Tesisler Sanayi ve Tic. A.Ş.* и внедрённая на предприятии GOLD VALLEY FASTENERS UZBEKISTAN, которая иллюстрирует практическую реализацию концепции экологически безопасного производства.[4,5]

Актуальность данного исследования определяется необходимостью комплексного анализа потенциала подобных технологических решений, которые позволяют одновременно достигать нескольких ключевых целей: (1) повышения качества и конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках; (2) сокращения негативного воздействия на окружающую среду за счёт уменьшения углеродного следа, оптимизации энергопотребления и снижения водопользования; (3) экономической рационализации производственных процессов. В этом контексте исследование экологически ориентированных линий фосфатного покрытия представляется значимым вкладом в развитие металлургического и машиностроительного секторов, ориентированных на модернизацию и реализацию международных обязательств в сфере устойчивого развития.[6,7]

Методы исследования. Объектом исследования являлась экологически ориентированная автоматизированная линия фосфатного покрытия, разработанная компанией Eplas Makina и внедрённая на предприятии GOLD VALLEY FASTENERS UZBEKISTAN. Линия включает ключевые стадии: подготовку поверхности, активирование, фосфатирование при 70–90 °C, промывку с рециркуляцией воды, сушку при 110 °C и финишную обработку. Конструктивные элементы выполнены из коррозионностойких материалов (ST37, AISI 304/316, PP, PVDF) и управляются системой SIEMENS SIMATIC S7-1500, обеспечивающей высокую точность контроля технологических параметров.[8,9]

Для проведения исследования применялся комплекс методов:

- экспериментальные измерения (pH ±0,1; температура ±1 °C; электропроводность);
- химический анализ сточных вод на содержание фосфатов и тяжёлых металлов;
- энергетический мониторинг для определения удельного энергопотребления;
- экологическая оценка выбросов (CO_2, NO_x, твёрдые частицы).

Анализ данных базировался на методах материально-энергетического баланса и сравнительном исследовании традиционных и автоматизированных линий. Статистическая обработка результатов выполнялась методами дисперсионного анализа при уровне значимости $p < 0,05$, что подтверждает достоверность полученных данных.

Результаты исследования и обсуждение. Внедрение экологически ориентированной автоматизированной линии фосфатного покрытия на предприятии GOLD VALLEY FASTENERS UZBEKISTAN. продемонстрировало комплексные технологические, экологические и экономические эффекты, подтверждающие эффективность интеграции принципов индустриальной экологии и цифровой автоматизации в промышленное производство.

Технологические результаты

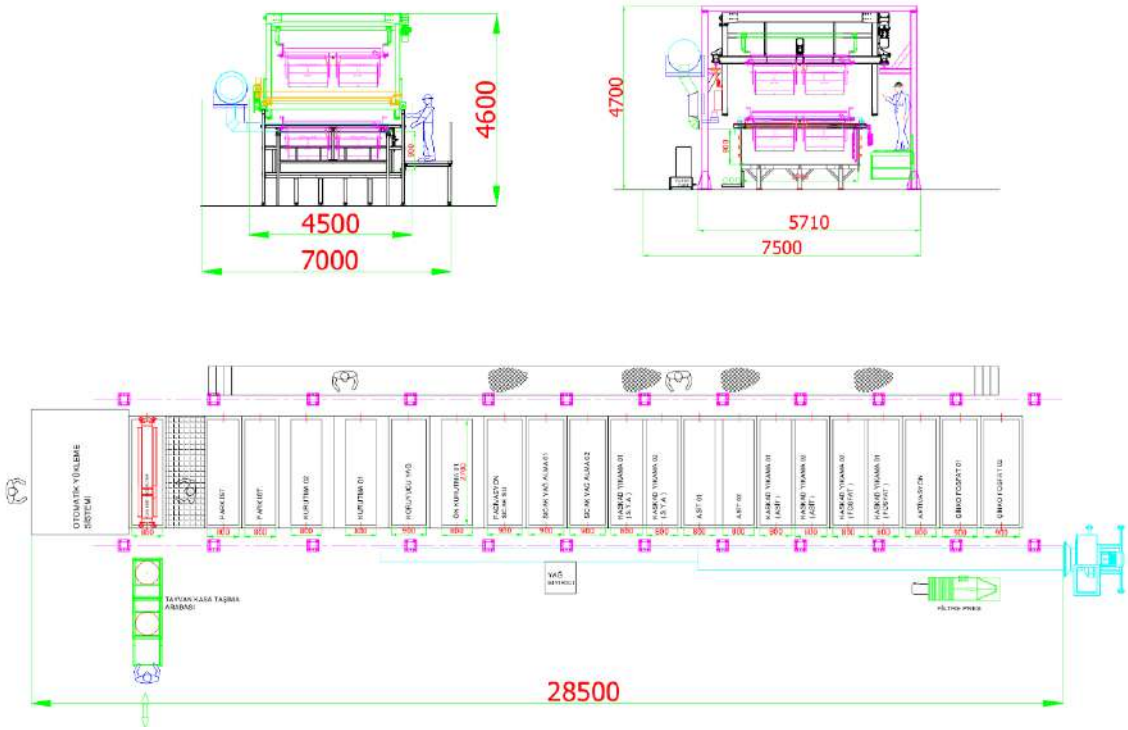


Рис-1. Технологические линии Eplas Makina Turkiye

Система рециркуляции промывных растворов позволила сократить удельное водопотребление на 35–40 %, при этом показатели pH, электропроводности и температуры оставались в пределах допустимых колебаний, что снижает риск вторичных загрязнений и стабилизирует весь технологический цикл.

Энергетическая эффективность. Использование современных теплоизоляционных материалов и автоматизированного регулирования режимов сушки позволило снизить удельное энергопотребление на 25–30 %. Экономия составила порядка 110–120 МВт·ч в год, что сопоставимо с годовым потреблением электроэнергии небольшого промышленного цеха. Данный результат соответствует международным критериям энергоэффективности и положительно отражается на углеродном балансе предприятия.

Экологические эффекты. Проведённая экологическая оценка функционирования модернизированной технологической линии продемонстрировала существенное улучшение ключевых показателей окружающей среды. Переход с мазута на природный газ как основное топливо привёл к значительному снижению удельных выбросов парниковых и токсичных компонентов. В частности, объём эмиссии углекислого газа (CO_2) уменьшился на 18 %, что напрямую способствует сокращению суммарного углеродного следа предприятия. Содержание оксидов азота (NO_x), являющихся одним из основных факторов формирования фотохимического смога и кислотных дождей, снизилось на 12 %. Ещё более выраженная динамика отмечена по твёрдым частицам (PM), уровень выброса которых уменьшился на 30 %, что положительно влияет на качество атмосферного воздуха и снижает риски респираторных заболеваний в прилегающих населённых пунктах.

Особое внимание уделено анализу состава сточных вод. В результате внедрения усовершенствованной системы водоочистки концентрации остаточных фосфатов, тяжёлых металлов и других токсикантов были снижены до уровней, полностью соответствующих

международным экологическим требованиям — ISO 14001, а также нормам и директивам Европейского союза по охране водных ресурсов. Это свидетельствует о высокой эффективности процессов фильтрации, биологической очистки и химической нейтрализации, применяемых на объекте.

Дополнительно установлено, что модернизация оборудования привела к снижению уровня шумового загрязнения и уменьшению потребления воды на технологический цикл. Все эти факторы в совокупности обеспечивают ощутимое снижение техногенной нагрузки на региональные экосистемы, улучшение состояния атмосферного воздуха, почв и гидросферы. Таким образом, внедрение новой линии не только повышает производственную эффективность, но и способствует устойчивому развитию, минимизируя экологические риски и формируя благоприятные условия для окружающей природной среды.

Экономическая эффективность. Экономический анализ показал, что оптимизация энергопотребления и снижение расхода химических реагентов привели к значительной экономии ресурсов. Затраты на энергоснабжение уменьшились на 18–20 тыс. евро в год, расходы на реагенты сократились на 12–15 %, а издержки на очистку сточных вод снизились примерно на 10 тыс. евро в год. Срок окупаемости проекта составил 3,5–4 года, что соответствует критериям инвестиционной привлекательности в международной практике и подтверждает долгосрочную экономическую устойчивость внедрённого решения.

Таблица №1

Интегральные показатели эффективности внедрения автоматизированной линии фосфатного покрытия

Направление эффективности	Научно обоснованные показатели
Технологическая эффективность	Стабильная толщина фосфатного слоя 5–15 мкм; однородная кристаллическая структура покрытия; снижение водопотребления на 35–40 %.
Энергетическая эффективность	Снижение общего энергопотребления на 25–30 %; годовая экономия энергии — 110–120 МВт·ч.
Экологическая эффективность	Снижение выбросов CO_2 на 18 %, NO_x — на 12 %, твёрдых частиц — на 30 %; показатели сточных вод соответствуют требованиям ISO 14001.
Интегральные преимущества	Снижение углеродного следа на 15–20 %; уменьшение материалоёмкости технологии; увеличение срока службы оборудования на 35–40 %.

Сравнительный анализ. Сопоставление показателей традиционных и автоматизированных линий показало, что новая технология обеспечивает:

1. сокращение углеродного следа на 15–20 %;
2. снижение удельного энергопотребления и материалоёмкости производства;
3. уменьшение объёма сточных вод и нагрузки на очистные сооружения;
4. увеличение срока службы оборудования на 35–40 % за счёт применения антикоррозионных материало

Заключение и рекомендации. Проведённое исследование подтвердило, что внедрение экологически ориентированной автоматизированной линии фосфатного покрытия является эффективным инструментом модернизации промышленных процессов с позиций устойчивого развития. Технология сочетает в себе высокую производственную

эффективность, экономическую рациональность и экологическую устойчивость, что обеспечивает её конкурентные преимущества в условиях «зелёной экономики».

Комплексный анализ показал, что эксплуатация линии позволяет:

1. снизить энергопотребление на 25–30 % (до 120 МВт·ч в год), что способствует уменьшению углеродного следа предприятия;
2. сократить расход химических реагентов на 20–25 % и уменьшить объём сточных вод на 15–20 %, снижая нагрузку на очистные сооружения;
3. уменьшить выбросы CO_2 на 18 %, NO_x на 12 % и твёрдых частиц на 30 %, что соответствует международным экологическим стандартам (ISO 14001);
4. увеличить срок службы технологического оборудования на 35–40 % за счёт применения антикоррозионных материалов;
5. достичь экономии эксплуатационных расходов до 30 тыс. евро в год, при этом срок окупаемости составил 3,5–4 года, что соответствует критериям инвестиционной привлекательности.

Сравнительный анализ традиционных и автоматизированных линий показал, что новое решение обеспечивает значительное преимущество по всем ключевым показателям: снижению углеродного следа, ресурсосбережению, экологической безопасности и экономической результативности.

Таким образом, внедрение экологически ориентированных линий фосфатного покрытия может рассматриваться как стратегически значимое направление развития металлургического и машиностроительного производства. Полученные результаты обладают высокой научной и практической ценностью и создают основу для дальнейшего масштабирования и интеграции аналогичных решений в глобальную промышленную практику.

Список литературы

1. ГОСТ 9.402–2004. ЕСЗКС. Покрытия фосфатные. Общие требования и методы контроля. – М.: Стандартинформ, 2005. – 24 с.

2. ГОСТ Р 51759–2001. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. – М.: Госстандарт России, 2001. – 16 с.

3. ГОСТ 9.032–74. ЕСЗКС. Покрытия неорганические металлические и неметаллические. Общие требования к методам испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 28 с.

4. Андреев, С. В., Кузнецов, В. Н. Технология фосфатирования металлических поверхностей: современные подходы и экологические аспекты // Металловедение и обработка металлов. – 2021. – № 7. – С. 45–52.

5. Беляев, А. В. Экологизация химико-металлургических процессов: ресурсосбережение и снижение углеродного следа // Экология производства. – 2020. – № 3. – С. 12–19.

6. Шарапов, И. П., Орлова, Н. Г. Современные автоматизированные линии химической обработки металлов: технологические и экономические преимущества // Вестник машиностроения. – 2022. – № 10. – С. 66–73.

7. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements with guidance for use. – Geneva: International Organization for Standardization, 2015. – 44 p.

8. Eplas Makina Endüstriyel Tesisler Sanayi ve Tic. A.Ş. Innovative phosphate coating technologies for sustainable industry. – Istanbul, 2021. – 36 p.

9. United Nations. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. – New York: UN Publishing, 2015. – 48 p.

DAVLAT MOLIYASINI BOSHQARISH TIZIMIDA 2030-YILGACHA “YASHIL” BUDJETLASHTIRISHNI JORIY ETISH

Xaydarov Axadbek Yaxyobekovich
O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi davlat siyosati va boshqaruvi akademiyasi mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya. Maqolada davlat moliyasini boshqarish tizimida 2030-yilgacha “yashil” budjetlashtirishni joriy etishning dolzarbligi va zarurati yoritilgan. Jahon tajribasi va milliy o‘zgarishlar asosida ekologik maqsadlar bilan uyg‘unlashgan soliq-budjet siyosatini shakllantirish zarurligi ta’kidlangan. Shuningdek, davlat investitsiyalarini rejalashtirish va amalga oshirish jarayonlarida “yashil” mezonlardan foydalanish, ekologik samaradorlikni oshirish va barqaror rivojlanishga xizmat qiladigan mexanizmlarni joriy etishning metodologik asoslari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda “yashil” budjetlashtirishning konseptual yondashuvlari, uni bosqichma-bosqich amalga oshirish yo‘llari hamda milliy modelni shakllantirish bo‘yicha taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar. “Yashil” budjetlashtirish, davlat moliyasi, soliq-budjet siyosati, barqaror rivojlanish

Аннотация. В статье раскрываются актуальность и необходимость внедрения «зелёного» бюджетирования в систему управления государственными финансами до 2030 года. Подчёркивается необходимость формирования налогово-бюджетной политики, согласованной с экологическими целями, на основе международного опыта и национальных реформ. Рассматриваются методологические основы применения «зелёных» критериев в процессе планирования и реализации государственных инвестиций, повышения экологической эффективности и внедрения механизмов, способствующих устойчивому развитию. В исследовании анализируются концептуальные подходы к «зелёному» бюджетированию, этапы его поэтапного внедрения и основные направления формирования национальной модели. Кроме того, предлагаются рекомендации по институциональному внедрению «зелёного» бюджетирования в условиях Узбекистана и ожидаемым результатам данного процесса.

Ключевые слова. «Зелёное» бюджетирование, государственные финансы, налогово-бюджетная политика, устойчивое развитие.

Abstract. The article examines the relevance and necessity of introducing green budgeting into the public finance management system by 2030. It emphasizes the need to develop a tax and budget policy aligned with environmental objectives, based on international experience and national reforms. The study reviews the methodological foundations for applying green criteria in the planning and implementation of public investments, improving environmental efficiency, and introducing mechanisms that support sustainable development. The research analyzes conceptual approaches to green budgeting, the stages of its gradual implementation, and the key directions for developing a national model. In addition, the article provides recommendations on the institutional introduction of green budgeting in Uzbekistan and discusses the expected outcomes of this process.

Keywords. Green budgeting, public finance, fiscal policy, sustainable development.

Kirish. Hozirgi kunda davlat moliyasini boshqarish tizimida “yashil” budjetlashtirishni joriy etishning konseptual yondashuvlarini belgilovchi, soliq-budjet siyosatining ekologik maqsadlar bilan uyg‘unlashtirilishiga imkon yaratadigan hamda davlat investitsiyalarini shakllantirishda “yashil” jihatlarni inobatga olishni ta’minlaydigan konsepsiyani ishlab chiqish zarurati vujudga kelmoqda.

Iqtisodiy Hamkorlik va Taraqqiyot Tashkilotiga (IHTT) ko‘ra budjet xarajatlari va soliqlarni atrof-muhit maqsadlari bilan uyg‘unlashtirish – davlat moliyasini boshqarishning muhim vositasi sifatida ko‘riladi [1].

Jahon bank hisobotiga ko‘ra iqlim o‘zgarishi, tabiiy resurslarning degradatsiyasi, havo va suv ifloslanishi kabi ekologik muammolar nafaqat atrof-muhit uchun, balki sog‘liq, ijtimoiy barqarorlik va iqtisodiy o‘sish uchun ham xavf tug‘diradi [2].

“O‘zbekistonda iqlim o‘zgarishini yumshatish va unga moslashish” maqolasida keltirilishicha O‘zbekistonning yillik CO2 emissiyasi oxirgi 7 yillikda o‘sish tendensiyasiga ega bo‘lsa-da, O‘zbekistonning aholi boshiga o‘rtacha chiqariladigan CO2 emissiyasi kamayish tendensiyasini namoyon qilgan [3].

“O‘zbekistonda yashil budjetlashtirish, energiya samaradorligi va issiqxona gazlari emissiyasi” maqolasiga ko‘ra O‘zbekistonning “Yashil” iqtisodiyotga o‘tish va “Uglerod neytralligiga erishish” strategiyalarida ijtimoiy, iqtisodiy o‘lchovlarning o‘zaro bog‘liqligi va inklyuziv iqtisodiy o‘sishda jamiyatning o‘rni beqiyos ekanligini ko‘rish mumkin [4].

Shu munosabat bilan davlat moliyasida “yashil” budjetlashtirishni joriy etish nafaqat ekologik maqsadlarga erishish, balki iqtisodiy samaradorlik, ijtimoiy barqarorlik va davlat investitsiyalarining samarali taqsimlanishini ta’minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot uslubi. Ushbu tadqiqotni amalga oshirishda bir qator ilmiy uslublardan foydalanildi. Avvalo, “yashil” budjetlashtirishning nazariy asoslarini o‘rganishda tajriba-nazariy tahlil, xalqaro amaliyot va me’yoriy hujjatlarni o‘rganishda qiyosiy-tahliliy uslub qo‘llanildi. Davlat moliyasini boshqarish tizimida ekologik mezonlarni joriy etish imkoniyatlarini baholashda institutsional tahlil, davlat investitsiyalari jarayonlarida “yashil” mezonlarni integratsiya qilish bo‘yicha takliflar ishlab chiqishda konseptual modellashtirish uslubidan foydalanildi. Shuningdek, mavjud muammolar va islohotlar yo‘nalishlarini aniqlashda mantiqiy-qiyosiy tahlil hamda milliy modelni shakllantirishda bosqichma-bosqich yondashuv asos bo‘ldi.

Natijalar va ularning muhokamasi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrdagi “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-436-son qaroriga ko‘ra, “yashil” iqtisodiyot strategiyasida belgilangan ustuvor yo‘nalishlarga muvofiq ravishda “yashil” budjetlashtirish metodologiyasini boshqa sohalarga, maqsadlarga va budjet komponentlariga tatbiq etish vazifasi yuklatilgan.

Yashil budjetlashirish faqat sarf-xarajatlarni emas, balki soliq va soliq imtiyozlari, investitsiyalar, makro-fiskal tahlil va uzoq muddatli fiskal strategiyalar bilan integratsiyalangan holda ko‘rib chiqilishi maqsadga muvofiq [5].

Xalqaro moliya jamg‘armasiga ko‘ra xususiy sektorning iqlim moliyalashtirishini rag‘batlantirish va mavjud texnologiyalarni qo‘llab-quvvatlaydigan siyosatlar dekarbonizatsiyani tezlashtiradi, biroq ba’zi vositalar, masalan, hukumat kredit kafolatlari, katta fiskal xavf-xatarlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin [6].

IHTT hisotlarida keltirilishicha yashil budjet tehlari hukumat xarajatlari va soliq siyosatiga iqlim va atrof-muhit maqsadlarini integratsiya qilishga yordam beruvchi vosita bo‘lib, bu vositalar budjetni shakllantirish, ijro etish va nazorat qilish jarayonlarida qo‘llanilishi kerak [7].

Yashil investitsiyalarni baholash vositalari davlat organlariga investitsiya qarorlarini qabul qilish jarayonida iqlim o‘zgarishiga chidamlilik va ekologik barqarorlik mezonlarini integratsiya qilish imkonini yaratadi. Ushbu yondashuv davlat loyihalarini emissiyalarni kamaytirish va atrof-muhitni muhofaza qilishga yo‘naltirishda samaradorlikni oshiradi [7].

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “2025 – 2030-yillarda davlat moliyasini boshqarish tizimini takomillashtirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” 2025-yil 8-

apreldagi 210-sonli qaroriga ko‘ra yashil va genderga yo‘naltirilgan budjetlashtirish uslubiyotlari hamda ularni amaliyotga tatbiq qilish mexanizmlarini ishlab chiqish yuzasidan topshiriq mavjud.

Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, Davlat moliyasini boshqarish tizimida 2030-yilgacha “yashil” budjetlashtirishni joriy etish konsepsiyasini (keyingi o‘rinlarda – Konsepsiya) ishlab chiqish va unda budjet va soliq siyosati, davlat investitsiyalarini boshqarish hamda ichki audit va hisobdorlik yo‘nalishlarining qamrab olinishini ta’minlash muhim hisoblanadi.

Bu orqali esa Davlat moliyasini boshqarish tizimida atrof-muhitga ijobiy ta’sir ko‘rsatadigan loyihalarni ishlab chiqish, moliyalashtirish, hisobini yuritish va nazorat qilish hamda ekologik barqarorlikni rag‘batlantiruvchi soliq tizimini rivojlantirish choralarini ko‘rish ta’minlanadi.

Konsepsiyada belgilangan choralar qisqa mudatli davr – 2026-2027-yillar, o‘rta mudatli davr – 2028-2029-yillar hamda uzoq muddatli davr 2030-yil va unda keyingi yillarni qamrab olishi lozim hisoblanadi.

Ushbu konsepsiyaning birinchi qismi budjet siyosati yo‘nalishida amalga oshirilishi dolzarb bo‘lgan islohotlarni o‘z ichiga olishi nazarda tutiladi.

Qisqa muddatda ushbu yo‘nalishda quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish ko‘zda tutiladi:

- Davlat moliyasini boshqarish axborot tizimida (DMBAT) budjetning “yashil” xarajatlarini tasniflashning avtomatlashtirilishini ta’minlash. Budjet xarajatlarini tasniflashni institutsionallashtirish uchun maxsus qo‘lda bajariladigan jarayondan avtomatlashtirilgan tizimga o‘tish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi va bu real vaqt rejimida “yashil” budjet xarajatlarini kuzatish hamda tahlil qilish imkonini beradi;

- xarajatlarni “yashil” jihatdan tasniflash doirasida davlat budjeti xarajatlaridan tashqari, konsolidatsiyalashgan budjetning boshqa tarkibiy qismlari, jumladan davlat maqsadli jamg‘armalari va budjet tashkilotlarining budjetdan tashqari jamg‘armalari xarajatlarini qamrab olish orqali tasniflash ko‘lamini kengaytirish;

- vazirlik va idoralar xodimlarining “yashil” budjetlashtirish yuzasidan bilim va ko‘nikmalarini hamda salohiyatini oshirish maqsadida, tegishli treninglar va seminarlar tashkil etib borish.

O‘rta muddatli istiqbolda quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish ko‘zda tutiladi:

- O‘zbekiston Respublikasi konsolidatsiyalashgan budjetining davlat budjetidan tashqari boshqa tarkibiy qismlari bilan tasniflash ko‘lamini kengaytirish ishlari davom ettirilishini nazarda tutish;

- xorijiy ekspertlarni jalb qilgan holda iqlim o‘zgarishi va budjet-soliq siyosati bilan bog‘liq xavflarni baholash uslubiyoti ishlab chiqish;

- tasniflash jarayonini takomillashtirish va uni keyingi bosqichga olib chiqish maqsadida, “yashil” iqtisodiyot asosiy yo‘nalishlarining toifalarini belgilovchi hamda “yashil” turdagi faoliyatni tasniflash asosida muvofiqlik mezonlarini baholashni nazarda tutuvchi Milliy “yashil” iqtisodiyot taksonomiyasini tasniflash uslubiyotiga integratsiya qilish.

Uzoq muddatli davrda esa:

- tasniflash uslubiyoti takomillashtirilgan holda dasturiy budjetlashtirish amaliyotiga o‘tgan vazirlik va idoralarning budjet dasturlari asosida tasniflash amaliyotini yo‘lga qo‘yish;

- ushbu amaliyot natijalari va yuzaga keladigan qiyinchiliklarni inobatga olinib, “yashil” budjetlashtirish uslubiyoti ishlab chiqishni ta’minlash. Bunda vazirlik va idoralar budjetni tayyorlash jarayonida tasniflashni qo‘llash orqali budjet dasturlarining atrof-muhitni muhofaza qilish bilan bog‘liq samaradorlik ko‘rsatkichlarini aniqlash va zarur hollarda o‘zgartirishlar kiritish imkoniyatiga ega bo‘ladilar;

- iqlim o‘zgarishi oqibatlarini yumshatish borasida belgilanadigan milliy rejalar (NAP) va uni oldini olish bo‘yicha ko‘riladigan choralar va erishiladigan maqsadlar (NDC) budjet-soliq siyosati bilan muvofiqlashtirilgan holda o‘rta muddatli davr uchun ishlab chiqiladigan fiskal strategiyada aks ettirish lozim hisoblanadi.

Shu bilan birga, budjet daromadlari va soliq xarajatlarini “yashil” jihatdan tasniflash mazkur sohadagi islohotlarni atrof-muhitni muhofaza qilish maqsadlariga integratsiya qilinishini ta’minlash imkoniyatini berish maqsadida, Konsepsiyaning ikkinchi qismida soliq siyosati yo‘nalishida quyidagi islohotlar amalga oshiriladi:

– qisqa muddatli davrda, budjet daromadlari va soliq xarajatlarini “yashil” jihatdan tasniflash uslubiyotini ishlab chiqish va ushbu jarayonlarni bosqichma-bosqich amaliyotga joriy etish;

– o‘rta muddatli istiqbolda esa, soliq tizimi islohotlarini qayta ko‘rib chiqish hamda O‘zbekiston Respublikasining “yashil” va iqlim jihatlarini inobatga olgan milliy maqsadlariga muvofiqlashtirish;

– uzoq muddatli istiqbolda, atrof-muhitga zarar yetkazuvchi faoliyat turlariga soliq yukini ko‘chirishni nazarda tutuvchi “ekologik soliq islohoti”ni amalga oshirish choralarini ko‘rib borish.

O‘z navbatida, Konsepsiyaning uchinchi qismida Davlat investitsiyalarini boshqarish sohasida quyidagi islohotlarni amalga oshirish rejalashtiriladi:

– qisqa muddatli istiqbolda, markazlashtirilgan investitsiyalar hisobidan moliyalashtiriladigan loyihalarning majburiy iqlim baholashini amalga oshirish (NDC va iqlim risklari hisobga olinadi) hamda loyihalarning iqlim o‘zgarishiga barqarorligini oshirish maqsadida, markazlashtirilgan kapital qo‘yilmalar hisobidan amalga oshirilayotgan loyihalarni tanlash va baholash tizimiga iqlim mezonlarini integratsiyalash choralarini ko‘rish;

– o‘rta muddatli istiqbolda, iqlim investitsiyalarini boshqarish sohasida davlat xizmatchilari va ekspertlarni tayyorlash va sertifikatlash tizimini joriy etish orqali davlat investitsiyalarini boshqarish tizimiga jalb qilingan mutaxassislarning malakasini oshirish;

– uzoq muddatli istiqbolda, Davlat investitsiyalarini boshqarish doirasida iqlim hisoboti va monitoring tizimini ishlab chiqish va joriy etish, “yashil” investitsiya va infratuzilma loyihalarini tasniflash tizimini joriy etish hamda infratuzilmaning iqlim xavf-xatarlariga zaifligi va barqarorligini majburiy tahlil qilish tizimini joriy etish.

Shuningdek, manfaatdor vazirlik va idoralarda samarali ichki audit hamda nazorat faoliyatlarining yo‘lga qo‘yilganligi “yashil” budjetlashtirishni joriy etishda muhim ahamiyat kasb etishini inobatga olib, Konsepsiyaning to‘rtinchi qismida ichki audit va hisobdorlik sohasida quyidagi islohotlar aks ettirilishi lozim:

- O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining palatalariga taqdim etiladigan Davlat budjeti loyihasi va uning ijrosiga oid hisobotlarda “yashil” jihatlarning inobatga olinishi;

- Davlat budjeti loyihasini tayyorlash bosqichida vazirlik va idoralar tomonidan taklif etilayotgan budjet loyihalarida atrof-muhit bo‘yicha samaradorlik ko‘rsatkichlarining mavjudligi;

- Davlat budjeti loyihasini tayyorlash jarayonida tasniflashni joriy etgan tarmoq vazirliklari va idoralarning soni ortishi sayin, O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi palatalarining tegishli qo‘mitalari uchun mazkur budjet loyihasini muhokama qilishda ma’lumotlar qamrovini kengaytirish;

- vazirlik va idoralardagi ichki audit xizmatlarining tarmoq vazirliklari va idoralar “yashil” budjetlashtirish orqali belgilangan talablarga qay darajada rioya qilayotganini o‘rganib borishi. Bu esa vazirliklar va idoralar o‘z budjetlarini shakllantirishda tasdiqlangan NDC va NAPda belgilangan maqsadlarning inobatga olinganini ko‘rsatadi.

Yashil budjetlashtirishning ushbu amaliyotini rivojlantirish budjet xarajatlarining iqlim va atrof-muhitga ta’sirini oldindan baholash imkonini beradigan vositalar va uslubiyotlarni ishlab chiqishni talab qiladi. Ushbu vositalar va uslubiyotlarni ishlab chiqish yakuniga yetgach, ular dastlabki baholash natijalaridan kelib chiqib takomillashtirib boriladi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot davomida davlat moliyasini boshqarish tizimida “yashil” budjetlashtirishni joriy etishning ahamiyati va zaruriyati o‘rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, “yashil” budjetlashtirish nafaqat ekologik maqsadlarga erishishda, balki iqtisodiy samaradorlikni ta’minlash, ijtimoiy barqarorlikni mustahkamlash va davlat investitsiyalarini samarali taqsimlashda ham muhim vosita hisoblanadi. Davlat budjeti va soliqlarini ekologik mezonlar bilan uyg‘unlashtirish, xalqaro tajriba va milliy islohotlar asosida, davlat moliyasini boshqaruvning samarali tizimi uchun asos bo‘ladi.

Tadqiqotda “yashil” budjetlashtirishni konseptual modellashtirish, uning bosqichma-bosqich amalga oshirilishi va asosiy yo‘nalishlarga integratsiya qilish imkoniyatlari tahlil qilindi. Shu bilan birga, budjet xarajatlari va soliqlarni ekologik mezonlar asosida tasniflash, davlat investitsiyalari jarayonida “yashil” jihatlarni hisobga olish va buning monitoringini yo‘lga qo‘yish muhim ahamiyat kasb etadi.

Amaliyotda bu tizim orqali tabiiy resurslardan samarali foydalanish, ekologik barqarorlikni ta’minlash va fuqarolarning budjetdagi “yashil” xarajatlar natijalari haqida xabardorligini oshirish imkoniyati paydo bo‘ladi. Shuningdek, ichki audit va hisobdorlik tizimlari orqali budjet va investitsiyalar samaradorligini ta’minlash hamda ekologik samaradorlikni baholash mumkin bo‘ladi.

Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, Konsepsiyani amalga oshirish orqali davlat moliyasini boshqarish sohasida quyidagi natijalarga erishish nazarda tutilmoqda:

- xalqaro tajribadan kelib chiqib “yashil” budjetlashtirish tizimini joriy etish, davlat budjetida iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashish va yashil rivojlanish bo‘yicha aniq va ishonchli ma’lumotlar asosida xarajatlarni rejalashtirishga o‘tish uchun zamin yaratish;
- tabiiy resurslardan samarali foydalanishga va ekologik barqaror rivojlanishning ta’minlanishiga hissa qo‘shish;
- fuqarolar va jamoatchilik vakillarining “yashil” budjetlashtirish natijalaridan xabardorligi oshirilib, ularning atrof-muhitdagi muammolarga bo‘lgan e’tiborini kuchaytirish.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Green budgeting. https://www.oecd.org/en/topics/green-budgeting.html?utm.
2. Climate Action Could Accelerate Growth and Improve Living Standards in Uzbekistan: World Bank Group Report. https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/11/21/uzbekistan-ccdr.
3. D.Pulatov, U. Qulliyev. O‘zbekistonda iqlim o‘zgarishini yumshatish va unga moslashish. Moliyachi ma’lumotnomasi. B.37-40. 2024-y. Toshkent. 4-son (148). https://tcmf.uz/pages/view?slug=moliyachi-malumotnomasi-4-aprel-2024-yil.
4. D.Pulatov, U. Qulliyev. O‘zbekistonda yashil budjetlashtirish, energiya samaradorligi va issiqxona gazlari emissiyasi. Yashil iqtisodiyot va taraqqiyot jurnali. B.1116-1122. 2024-y. Toshkent. 4-son. https://yashil-iqtisodiyot-taraqqiyot.uz/journal/index.php/GED/issue/view/14
5. Beyond green tagging. https://www.oecd.org/en/publications/beyond-green-tagging_b154d49b-en.html
6. Fiscal Monitor Climate Crossroads: Fiscal Policies in a Warming World. https://www.imf.org/-/media/files/publications/fiscal-monitor/2023/october/english/text.pdf
7. Green Budget Tagging. https://www.oecd.org/en/publications/green-budget-tagging_fe7bfcc4-en.html.

ИСПЫТАНИЕ ВЛАГОЗАДЕРЖИВАЮЩИХ НАНОВЕЩЕСТВ НА ОСУШЕННОМ ДНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Новицкий Зиновий Богданович, Атаджанова Гузал Халматовна
Научно – исследовательский институт лесного хозяйства

Аннотация. На осушенном дне Аральского моря создание лесных насаждений затруднено из-за сухости почвы и жаркой погоды. Решить данную проблему можно путем внесения в почву влагоудерживающих полимерных нановеществ (гидрогелей). В период появления всходов в местах внесения гидрогелей влажность почвы повышается на 1.5-2.2 % по сравнению с контролем. При изучении влияния нановеществ на разный ассортимент пустынных растений выявлено, что количество всходов саксаула на 100 п.м. было больше на 19.1 шт, черкеза на 17.7 шт, кандыма на 7.5 шт., изени на 8.6 шт, чогона на 12.3 и терескена на 13.6 растений по сравнению с контролем. На эксперименте приживаемость саксаула и терескена были выше на 28%, а к осени отпад саксаула составил 3% и терескена 4%, а на контроле соответственно 20 и 9%.

Для получения дружных всходов из семян и повышения приживаемости сеянцев в экстремальных условиях осушенного дна Аральского моря целесообразно использовать полимерные влагоудерживающие нановещества (гидрогели).

Ключевые слова. полимер, гидрогель, влажность, посев, посадка, сеянец, семена, всхожесть, приживаемость.

Abstract. On the dried bottom of the Aral Sea, the creation of forest plantations is difficult due to the dry soil and hot weather. This problem can be solved by adding water-retaining polymer nanosubstances (hydrogels) to the soil. During the emergence of seedlings, soil moisture in places where hydrogels are added increases by 1.5-2.2% compared to the control. When studying the effect of nanosubstances on a different range of desert plants, it was found that the number of saxaul seedlings per 100 running meters was 19.1 more, cherkez by 17.7 more, kandym by 7.5 more, iseni by 8.6 more, chogon by 12.3 more, and teresken by 13.6 more plants compared to the control. In the experiment, the survival rate of saxaul and teresken was 28% higher, and by autumn, the mortality of saxaul was 3% and teresken 4%, and in the control, respectively, 20 and 9%.

To obtain friendly shoots from seeds and increase the survival rate of seedlings in the extreme conditions of the dried bottom of the Aral Sea, it is advisable to use polymeric moisture-retaining nanosubstances (hydrogels).

Key words: polymer, hydrogel, humidity, sowing, planting, seedling, seeds, germination, survival.

Annotatsiya. Orol dengizining qurigan tubida tuproqning quruqligi va ob-havoning issiqligi sababli o‘rmon plantatsiyalarini yaratish qiyin. Bu muammoni tuproqqa namlikni saqlaydigan polimer nanoyelimlarni (gidrogellar) qo'shish orqali hal qilish mumkin. Urug’larni unib chiqish davrida gidrogellar qo'llanilgan joylarda tuproq namligi nazoratga nisbatan 1,5-2,2% ga oshdi. Nanoyelimlarning turli cho‘l o‘simliklariga ta’sirini o‘rganishda ma’lum bo‘lishicha, har 100 pogona metrda saksovul ko‘chatlari soni 19,1 taga, cherkez 17,7 taga, qandim 7,5 taga, izen 8,6 taga, cho‘gon 12,3 taga, nazorat variantidagi o‘simliklarga nisbatan 13 taga ko‘p bo’lganligi aniqlandi. Tajribada saksovul va tereskenning omon qolish darajasi 28% ga, kuzga kelib saksovulning nobud bo’lishi 3% va teresken 4% ni, nazoratda esa mos ravishda 20% va 9% ni tashkil etdi.

Urug'larning unuvchanligi oshirish va Orol dengizining qurigan tubining ekstremal sharoitlarida ko'chatlarning omon qolish darajasini oshirish uchun o’zida namlik ushlovchi polimerik nanoyelimlardan (gidrogellardan) foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Kalit so'zlar. polimer, gidrogel, namlik, sepish, ekish, nihol, urug', unib chiqish, omon qolish darajasi.

Введение. Проблема экономии воды во всем мире, в том числе и в Республике Узбекистан является одной из самых стабильных, т.к. наше государство расположено в аридной зоне, где пустынные территории занимают 70%. Площадь в 3.2 млн. га на территории Республики Узбекистан занимает осушенное дно Аральского моря. Экономия воды особенно актуальна в сельском хозяйстве республики Каракалпакстан и на осушенном дне Аральского моря. Основным источником потерь почвенной влаги на осушенном дне является ее испарение из верхних горизонтов вследствие нагрева под воздействием солнечного излучения и иссушения сухими ветрами. Если учитывать то, что годовая сумма осадков на осушенном дне составляет не более 90 мм, то понятно, что вышеупомянутые факторы приводят к полному иссушению почвы.

Для решения главной экологической проблемы Узбекистана необходимо было провести широкомасштабные лесомелиоративные работы на осушенном дне Аральского моря с целью создания защитных лесных насаждений для закрепления легко дефлирующей поверхности бывшего дна. Однако, мы столкнулись с трудностями, заключающимися в не достаточном количестве влаги в почве и поэтому внесение в почву полимерных влагоудерживающих нановеществ (гидрогелей) способствовало существенному улучшению гидрологических свойств почвы. Применение гидрогелей снижает испаряемость влаги, не позволяет ей стекать в нижележащие слои почвы, способствует сохранению продуктивной влаги в корнеобитаемом слое в течении всего вегетационного периода [1,2]. Изучение влияния гидрогелей от разных производителей позволяет более глубоко познать его эффективность в сохранении влаги в почве, влиянии на появление всходов от семян и приживаемость сеянцев пустынных растений [3,4,5].

Перед нами была поставлена цель – разработать агротехнологию использования влагоудерживающих полимерных нановеществ для повышения приживаемости сеянцев и появления дружных всходов семян в экстремальных засушливых условиях осушенного дна Аральского моря, что позволит удерживать влагу в почве длительный период и существенно повысить приживаемость сеянцев пустынных растений.

Материалы и методы. Исследования проводились на супесчаной равнине бывшего залива Рыбацкий осушенного дна Аральского моря покрытой морскими ракушками. Супесь располагается на глубину до 35 см, а ниже подстилается суглинком, а затем бурой вязкой глиной в смеси с рыхлым песком. Природно-климатические условия района проведения исследований типичны для большей части осушенного дна. Главными факторами, определяющими местообитание типов растительности на осушенном дне Аральского моря, являются засоление почв, глубина залегания минерализованных грунтовых вод и состав донных отложений. Проективное покрытие растительностью не превышало 30 %.

Осушенное дно Аральского моря занимает крайне северное положение в зоне континентального субтропического климата. Расположение территории в глубине материка на большом удалении от океанов обусловливает засушливость и континентальность климата. Основные черты климата – обилие тепла, дефицит влаги, продолжительное жаркое сухое лето и относительно морозная зима, часто повторяющиеся сильные ветры вызывающие солено-пылевые бури, значительные величины испаряемости.

Объекты исследований – осушенное дно Аральского моря, на котором проведены посадки сеянцев саксаула, черкеза, кандыма, изени, чогона и терескена, а также посев семян

указанных пород. При проведении лесомелиоративных работ использовались полимерные влагоудерживающие нановещества от четырех производителей: BYM 5110 НИПИ Новые технологии г.Пермь Российская Федерация, ТНИИХТ г.Ташкент Узбекистан, «ZEBA» UPLLIMITED Гуджарат Индия, «Полисорб-1» АО г.Копейск Российская Федерация удерживающих влагу в почвах. Эксперимент заложен на площади 2 га. Сначала данная территория была расчищена от растительности, спланирована и ограждена ветвями тамарикса защищая ее от диких животных.

Методика исследований. Перед закладкой эксперимента было проведено геоботаническое описание района проведения исследований по общепринятой методике в лесомелиорации: описывался рельеф, тип донных отложений, видовой состав растений и их проективное покрытие, степень естественного самозарастания. Основными элементами лесорастительных условий, которые определяют возможность использования влагоудерживающих нановеществ на осушенном дне Аральского моря, является не столько климат, сколько рельеф и мощность песка, глубина залегания грунтовых вод, запасы влаги в верхних горизонтах, а также характер и степень засоления по профилю. Некоторые различия в климате участков, могли лишь определить ассортимент растений и сроки производства работ, а также норму внесения влагоудерживающих нановеществ. Почвенно-грунтовые условия характеризовались путем описания почвенных разрезов на глубину не менее 100 см. Из каждого генетического горизонта отбирались образцы грунта для последующего определения гранулометрического и химического состава. Влажность почвы определялась воздушно-термостатным методом. Образцы грунта брались с помощью почвенного бура по генетическим горизонтам. Так как основной целью являлось определение эффективности влагоудерживающего полимерного нановещества (гидрогеля), то в 4-х кратной повторности во время посева семян и посадки сеянцев гидрогель вносился как в сухом виде порошком, так и в жидком виде.

При посеве гидрогель вносился двумя способами – семена замачивались в гидрогеле, перемешивались и потом высевались в заранее подготовленную почву. Второй способ – семена высевались в сухом виде в почву, а гидрогель в жидком виде вносился сверху в виде полива [6,7].

При посадке сеянцев гидрогель, как в сухом, так и в жидком виде вносился в посадочную лунку, тщательно перемешивался с почвой, после чего производилась посадка сеянцев.

В течении всего вегетационного периода проводились биометрические замеры прижившихся сеянцев и велся учет появившихся всходов от высеянных семян.

Критериями эффективности влагоудерживающего полимерного нановещества от разных производителей является повышение влажности почвы в течении всего вегетационного периода, высокая приживаемость сеянцев и большое количество всходов от посеянных семян [8].

Результаты исследований и их обсуждение. Выращивание лесных насаждений на осушенном дне Аральского моря сопряжено с засушливостью климата и недостатком влаги в почве. Поэтому так важно найти вещества, внесение которых в почву, позволит повысить ее влажность. Таким веществом является полимерное влагоудерживающее нановещество, которое представляет собой сеть сшитых гидрофильных полимерных цепей. Также оно может быть в виде коллоидного геля, в котором вода является дисперсионной средой [9,10]. Трехмерное твердое тело получается в результате того, что гидрофильные полимерные цепи удерживаются вместе поперечными связями. Сшивки, связывающие полимеры нановещества, делятся на две основные категории: физические и химические. Физические поперечные связи состоят из водородных связей, гидрофобных взаимодействий и

переплетений цепей (среди прочего). Из-за присущих им поперечных связей структурная целостность сети нановещества не растворяется из-за высокой концентрации воды. Нановещества являются очень абсорбирующими (они могут содержать более 90% воды) натуральными или синтетическими полимерными сетками [11,12].

Нами вносились влагоудерживающие нановещества от разных производителей во время посева семян и при посадке сеянцев. Один из способов посева семян заключался в том, что перед тем, как провести их посев, семена замачивались в нановеществе, тщательно перемешивались и посев проводился вместе с влагоудерживающим нановеществом, т.е. в жидком состоянии.

Второй способ заключался в том, что в подготовленные бороздки глубиной 2-3 см проводился посев семян пустынных растений после чего сверху наносился слой жидкого гидрогеля. Появившиеся всходы учитывались дважды: в июне и сентябре. Полученный материал статистически обрабатывался и сводился в таблицы, одновременно с этим изучалась влажность почвы с целью выявления влияния нановещества на запасы влаги в ней на протяжении всего вегетационного периода: 6 апреля, 6 мая, 18 июня и 6 сентября. При создании лесных насаждений посевом семян важным является влажность почвы в горизонте 0-10 см, т.е. в горизонте расположения семян. Выявлено, что наиболее высокая влажность почвы в период посева семян была при использовании нановещества марки «Полисорб» г.Копейск и она составляла 3.2 %, в то время как на контроле влажность почвы была значительно ниже и составляла 1.3%. В летний период преимущество сохраняется за нановеществом производства г.Пермь и составляет 1.7%, в то время как на контроле лишь 0.15%. Преимущество данного нановещества сохраняется и в сентябре и здесь влажность почвы составляет 1.8%, а на контроле 0.05% (табл.1).

Таблица 1

Влажность почвы (%) на экспериментах с использованием гидрогеля в горизонте 0-10 и 10-40 см при посеве семян (2022 г.)

Гидрогель и его производитель	6 апреля		6 мая		18 июня		6 сентября	
	Горизонты определения влажности почвы, см							
	0-10 см	10-40 см	0-10 см	10-40 см	0-10 см	10-40 см	0-10 см	10-40 см
Пермь	1,4	5,5	3,1	5,05	1,7	4,9	1,8	4,3
ТНИИХТ г.Ташкент	0,05	1,4	2,1	4,3	0,4	2,1	0,05	0,7
«ZEBA» Индия	1,5	6,0	2,5	7,5	0,65	2,9	0,3	1,9
«Полисорб» г.Копейск	3,2	7,9	2,2	4,8	0,7	3,1	0,7	2,1
Контроль	1,3	2,0	0,85	2,3	0,15	1,3	0,05	0,16

В период посадки сеянцев саксаула и терескена нами вносился смоченный гидрогель от разных производителей и при этом было важным иметь высокую влажность почвы в горизонте, где располагается корневая система сеянцев, т.е. в горизонте 10-40 см. В мае в горизонте 10-40 см влажность почвы при внесении нановещества производства г.Пермь составила 11.3%, а на контроле лишь 1.9%, при этом в июне данное нановещество тоже имеет преимущество и здесь влажность составила 5.7%, а на контроле 0.7% (табл.2).

Таблица 2

Влажность почвы (%) на экспериментах с использованием гидрогеля в горизонте 0-10 и 10-40 см при посадке сеянцев (2022г.)

Гидрогель и его производитель	6 апреля		6 мая		18 июня		6 сентября	
	Горизонты определения влажности почвы, см							
	0-10 см	10-40 см	0-10 см	10-40 см	0-10 см	10-40 см	0-10 см	10-40 см
Пермь	2,1	4,0	4,5	11,3	1,7	5,7	1,4	3,9
ТНИИХТ г.Ташкент	1,4	3,3	0,3	2,5	0	1,1	0	1,1
«ZEBA» Индия	2,4	4,3	2,8	5,5	0,2	2,6	0,3	1,5
«Полисорб» г.Копейск	1,7	3,2	1,8	4,8	0,6	3,8	0,9	2,1
Контроль	1,3	2,5	1,2	1,9	0,05	0,7	0	0,75

Данные экспериментального материала показали, что наибольшее количество всходов выявлено при внесении нановещества производства г.Пермь, где количество всходов саксаула по сравнению с контролем на 19.1 растений на 1 п.м. больше, черкеза на 17.7 шт, кандыма на 17.5. изени на 8.6 шт., чогона на 12.3 и терескена на 13.6 растений больше, чем на контроле. На втором месте находится нановещество производства г.Копейск, на третьем «ZEBA» Индия и менее эффективным оказалось нановещество производства ТНИИХТ г.Ташкент, где количество всходов составляло 7.4 – 10.9 шт. (табл.3).

Таблица 3

Количество появившихся всходов пустынных растений (шт./ п.м.) на экспериментах с использованием гидрогеля от разных производителей

Гидрогель	Древесно – кустарниковые породы					
	саксаул	Черкез	Кандым	Изень	Чогон	Терескен
	20 июня 2022 г.					
г. Пермь	25.0±1.24	21.5±0.82	21.4±0.53	14.7±0.68	20.3±0.54	20.2±0.68
г. Копейск	20.8±0.81	17.0±1.34	14.0±0.98	11.2±0.72	18.1±0.55	15.5±1.12
«ZEBO» Индия	17.8±1.39	17.7±1.11	12.6±1.28	11.8±0.29	9.9±0.37	10.0±0.65
ТНИИХТ Ташкент	9.5±0.87	10.9±0.86	7.4±0.86	8.2±0.92	7.9±0.88	8.2±0.70
Контроль	5.9±0.75	3.8±0.67	3.9±0.50	6.1±0.76	8.0±0.78	6.6±0.77
23 сентября 2022 г.						
г. Пермь	20.4±0.76	17.2±0.64	15.6±0.98	12.1±0.45	14.3±0.76	14.5±0.98
г.Копейск	16.1±0.71	12.5±0.72	9.7±0.26	8.3±0.34	12.3±0.58	11.2±0.84
«ZEBO» Индия	12.4±0.65	12.6±0.97	8.7±0.63	9.4±0.56	6.7±0.91	7.6±0.79
ТНИИХТ Ташкент	6.7±0.28	6.1±0.42	5.2±0.67	6.3±0.14	5.3±0.56	6.2±0.37
Контроль	3.2±0.16	2.4±0.12	2.6±0.23	4.1±0.17	3.5±0.19	3.7±-.17

Вторично учет сохранившихся всходов был проведен 23 сентября. Очень важным было узнать, какое влияние оказывает нановещество от разных производителей на растения

в жаркий период года? Способствует ли оно сохранению растений при высокой температуре воздуха и имеется ли отпад растений в этот период года.

23 сентября при использовании нановещества производства г.Пермь на 1 п.м. насчитывалось саксаула 20.4 шт., что на 4.6 растений меньше, чем это было 20 июня, черкеза на 4.3 растения, кандыма на 5.8 растений, изени на 2.6 растений, чогона на 6.0 и терескена на на 5.7 растений меньше. На контроле, где не применялось нановещество количество растений было очень малым, что не может составить основу будущих насаждений. Влагоудерживающее нановеещство от других производителей тоже оказывало положительное влияние на появление всходов, приживаемость сеянцев и их сохранность. Преимущество сохраняется за нановеществом производства г.Пермь, здесь и влажность почвы была значительно выше чем на контроле, что поспособствовало лучшему прорастанию семян и приживаемости сеянцев.

Опыта по изучению влияния гидрогеля на приживаемость сеянцев древесно-кустарниковых пород в Узбекистане не было, тем более пустынных растений в экстремально-климатических условиях осушенного дна Аральского моря. Поэтому важным было изучить влияние гидрогеля от разных производителей на приживаемость сеянцев. На 100 п.м. высаживались чистыми рядами 100 шт. саксаула и 100 шт. терескена. В посадочные лунки вносился жидкий гидрогель из расчета 5 г/ 3 л воды на одну лунку, где он тщательно перемешивался с грунтом.

Экспериментальный материал показал, что на приживаемость сеянцев оказывает влияние раствор гидрогеля, внесенный в лунку. Однако, не все гидрогели оказывают одинаковое влияние на растения и зависит это от производителя [13,14]. Так, при использовании гидрогеля производства г.Пермь, данные учета приживаемости, проведенные 20 июня показали, что из 100 высаженных растений прижилось 92 растения саксаула и 84 растения терескена, а повторный учет, проведенный 23 сентября показал, что саксаула осталось 89 и терескена 80 растений, т.е. отпад составил 3 и 4 растения (табл. 4).

Таблица 4

Приживаемость сеянцев (шт./100 п.м.) при применении гидрогеля разных производителей

Гидрогель	Дата определения приживаемости			
	20 июня		23 сентября	
	Испытываемые породы			
	саксаул	терескен	саксаул	терескен
г. Пермь	92±2.12	84±3.21	89±3.56	80±3.56
г. Копейск	86±3.45	81±3.48	82±3.42	76±3.45
«ZEBO» Индия	81±3.36	73±2.73	76±2.78	65±2.98
ТНИИХТ Ташкент	80±2.78	68±3.12	71±3.10	60±2.39
Контроль	64±2.29	56±2.45	44±2.20	47±1.57

При использовании гидрогеля «Полисорб» АО г.Копейск в июне саксаула и терескена прижилось 86 и 81 растение, к сентябрю сохранилось 82 и 76 растений, а при использовании «ZEBA» UPLLIMITED Гуджарат Индия прижилось соответственно 81 и 73 растения, а к сентябрю сохранилось 76 и 65 растений. На контроле, где не применялись гидрогели приживаемость растений саксаула составила 64 и терескена 56 растений, а к сентябрю осталось соответственно 44 и 47 растений (табл.4). Если сравнить приживаемость растений по вариантам применения гидрогеля от разных производителей к контролю где не применялся гидрогель, то выявлено, что отпад саксаула и терескена на эксперименте с

применением нановещества производства г.Пермь составляет 28 и 28 растений, а к 23 сентября отпало 45 и 33 растений. Полученный экспериментальный материал позволяет определить преимущество нановещества производства г.Пермь.

Внесение влагоудерживающих нановеществ при посеве семян и посадке сеянцев позволяет получать значительно большее количество всходов, а также повысить приживаемость сеянцев.

Заключение. Установлено, что все гидрогели не зависимо от производителя оказывают положительное влияние на сохранение влаги в почве. Выявлено, что наиболее высокая влажность почвы в весенний период была при использовании нановещества марки «Полисорб» г.Копейск и она составляла 3.2%, в то время как на контроле – 1.3%. В летний период, когда температура на поверхности почвы составляла более $+50^0$ С преимущество сохранялось за нановеществом производства г.Пермь, где влажность почвы равнялась 1.7%, а на контроле лишь 0.15%. Преимущество данного нановещества сохраняется и в сентябре, когда влажность почвы равнялась 1.8%, а на контроле только 0.05%.

Повышение влажности почвы при внесении гидрогеля по сравнению с контролем оказывает положительное влияние на количество появившихся всходов от семян пустынных растений. Эксперимент показал, что наибольшее количество всходов выявлено при внесении гидрогеля производства г.Пермь, где количество всходов саксаула по сравнению с контролем на 19.1 растений на 1 п.м. больше, черкеза на 17.7 шт., кандыма на 17.5. изени на 8.6 шт., чогона на 12.3 и терескена на 13.6 растений больше, чем на контроле. Нановещества от других производителей тоже оказывают положительное влияние на количество появившихся всходов, но оно менее существенно.

Приживаемость сеянцев зависит от производителя гидрогеля. При использовании гидрогеля производства г.Пермь, данные учета приживаемости, проведенные 20 июня показали, что из 100 высаженных растений прижилось 92 растения саксаула и 84 растения терескена, а повторный учет, проведенный 23 сентября выявил, что саксаула осталось 89 и терескена 80 растений, т.е. отпад составил 3 и 4 растения. На контроле приживаемость саксаула составила 64 шт. и терескена 56 шт, до сентября сохранилось соответственно 44 и 47 растений, отпад составил 20 и 9 штук растений.

Резюмируя изложенное можно заключить, что использование гидрогеля позволяет существенно увеличить количество появившихся всходов от семян и повысить приживаемость сеянцев. Кроме того, следует указать, что внесение гидрогеля в почву повышает сохранность растений, и они легче переносят летнюю жару, что уменьшает количество отпавших растений.

Список использованной литературы

1.Будников В. И., Смагин А. В. Композиционный влагоудерживающий материал и способ его получения // патент №217.0 15. f. 858. 2017.

2. Кильмухаметов М.Д. Обзор современных технологий получения суперабсорбирующих полимеров для комплекса акриловой кислоты // Башкирский химич. жур. – 2014. – Т.21(2). -с. 5-12.

3. Наумов П.В., Щербакова Л.Ф. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей //Изв. нижневолжского Агро университетского комплекса. – 2011. – 24(4). – с. 77-81.

4. Максимова Ю.Г., Максимов, А. Ю., Демаков В.А., Будников В.И. Влияние гидрогелей полиакриламида на микрофлору почвы// Вестник Пермского университета, Серия: Биология. – 2010. – v.1(1). – p. 45-49.

5. Сафин Р.Р. [и др.] Основы лесного хозяйства. Деревообрабатывающая промышленность, М. 2015. 170 с.

6. Смирнов /А.И. [и др.] Влияние низкочастотного электромагнитного поля, удобрений и гидрогеля на приживаемость и рост лесных культур на рекультивируемых песчаных отвалах // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2015, № 6. с. 50–55.

7. Данилова Т. Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // Агрофизика. 2016. № 1. с. 8–16.

8. Ревенко В.Ю., Агафонов О.М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 11-12. – с.59-65.

9. Данилова Т.Н. Возможности использования водоудерживающих полимеров в растениеводстве: материалы Международного агроэкологического форума / ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии (Санкт-Петербург – Пушкин, 21-23 мая 2013г.). – СПб., 2013. – с. 158-161.

10. Годунова Е.И., Шаповалова Н.Н., «Гидрогель - эффективность минеральных удобрений на обыкновенных черноземах центрального Предкавказья» Ж: Агрохимический вестник·№ 4-2020. с. 46-50.

11.Ревенко В.Ю., Афаганов О.М. Использование гидрогелей в растениеводстве» Ж: International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol.11-2. 2018. с.59-63.

12. Околелова А.А., «Применение гидрогеля в светло-каштановой почве» Ж: Международный журнал: Естественно-гуманитарные исследования №10 (4), 2015. с. 4-9.

13. Данилова Т.Н., Табынбаева Л.К., «Полимерные гели для управления водообеспеченностью пшеницы (Triticum aestivum L.) в разных экологических условиях» Ж: Сельскохозяйственная биология, 2019, том 54, 1, с. 76-83.

14. Годунова Е.И., Гундырин В.Н., Шкабарда С.Н., «Перспективы использования гидрогеля в земледелии Центрального Предкавказья» Ж: Достижения науки и техники АПК, Москва. № 1-2014. с. 24-27.

КАЛЬЦИЙ НИТРАТ АСОСИДАГИ МУЗЛАМАЛАРГА ҚАРШИ ВОСИТАНИНГ ЎСИМЛИКЛАРНИНГ ЎСИШ ЖАРАЁНЛАРИГА БИОЛОГИК ТАЪСИРИ

Сатторов Фаррух Қучқар ўғли
Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги, Экологик сиёсат департаменти бошлиғи
Эркабаев Фуркат Ильясович
Атроф-муҳит ва табиатни муҳофаза қилиш технологиялари илмий тадқиқот институти лаборатория мудири, т.ф.д., профессор
Аминов Хамза Хусанович
Атроф-муҳит ва табиатни муҳофаза қилиш технологиялари илмий тадқиқот институти директори ўринбосари, т.ф.ф.д., профессор

Аннотация. Йўллардаги музламаларга қарши натрий хлорид асосидаги воситаларнинг ўрнига кальций нитрат асосидаги воситалар қўлланганда йўл бўйидаги ўсимликлар стресси кескин камаяди. Маълумки, нитрат ионлари ўсимликлар учун ҳужайраларнинг шаклланишида катта ролб ўйнайди, шунингдек илдиз қисмининг ривожланишини жадаллаштиради. Кальций ионлари эса, ҳужайранинг шаклланишида фаол иштирок этиб, ҳужайра деворлари шакллаинишида қатнашади ва уларнинг мустаҳкамлигини оширади.

Калит сўзлар: музламаларга қарши восита, натрий хлорид асосидаги воситалар, кальций нитрат асосидаги воситалар, хлорофил, ҳужайра девори, фотосинтез.

Аннотация. При использовании на дорогах противогололедных средств основе нитрата кальция вместо хлорида натрия значительно снижается стрес придорожных растений. Известно, что нитрат-ионы играют важную роль в формировании клеток растений, а также ускоряют развитие корневой системы. Ионы кальция, активно участвуют в формировании клеток, в частности формировании клеточных стенок и повышают их прочность.

Ключевые слова: противогололедные средства, реагенты на основе хлорида натрия, реагенты на основе нитрата кальция, хлорофилл, клеточная стенка, фотосинтез.

Abstract. When calcium nitrate–based de-icing agents are used instead of sodium chloride on road surfaces, the stress experienced by roadside vegetation is significantly reduced. It is known that nitrate ions play a crucial role in plant cell formation and accelerate root system development. Meanwhile, calcium ions actively participate in cell structure formation, contribute to cell wall development, and enhance their mechanical strength.

Keywords: de-icing agents, sodium chloride-based reagents, calcium nitrate-based reagents, chlorophyll, cell wall, photosynthesis.

Кириш. Нитрат ионлари ўсимликлар учун муҳим озиқ моддалардан бири бўлиб, улар азот манбаи сифатида ҳизмат қилади. Азот биомолекулаларнинг қурилиш каркасларини таъминлаш билан бирга, ўсимликлар ўсиши ва ривожланишини тартибга солувчи модда сифатида ҳам ишлайди. Нитрат ионлари ўсимликлар ўсишини қандай рағбатлантириши, гиббереллин биосинтезини ошириши ва натижада илдиз тизимида ҳужайра кўпайишини фаоллаштириши илмий тадқиқотларга асосланган.

Ўсимликлар нитрат ионларини илдизлари орқали сўриб олади ва у азот фиксацияси орқали аминокислоталар, нуклеин кислоталар ва бошқа муҳим бирикмаларнинг синтези учун ишлатилади. Аммо нитрат фақат озиқ модда эмас – у ўсимликларнинг ривожланишида катализатор сифатида ҳам фаолият кўрсатади. Нитратлар ўсимликлар ўсишини

рағбатлантиришининг асосий механизми гиббереллин гормонларининг биосинтезини ошириш билан боғлиқ. Гиббереллинлар ўсимликларда ҳужайра бўлиниши ва полимерланиб, чўзилишини рағбатлантирувчи фитогормонлар бўлиб, улар тана каркаси узунлигини ошириш, бақувват қилиш ва илдиз ривожланишида муҳим рол ўйнайди.

Нитрат ионлари ўсимликларнинг азотга бўлган талабини қондиради, нитрат етарли бўлганда ўсимлик ўсиши тезлашади, бу жараён DELLA оқсилларининг дестабилизацияси (парчаланиши) орқали амалга оширилади. DELLA оқсиллари ўсишни секинлаштирувчи оқсиллар бўлиб, уларнинг парчаланиши, ўсишни рағбатлантиради.

Нитрат ионлари ўсимлик илдизларида NRT1.1 каби нитрат транспортерлари орқали ҳаракатланади. Бу транспортер моддалар нафақат нитрат ионларини ташиш, балки ўсишдаги ўзгаришларга сигнал сифатида ҳам ишлайди. Нитрат ионлари келиб тушгандан сўнг, ионларни ҳужайраларга ташиш йўли фаоллашади, бу эса NLP7 каби ташиш транспортерларининг фаоллигини оширади. NLP7 нитрат ионларини ташишга жавоб берадиган генларни тартибга солади ва улар орасида гиббереллин биосинтезини рағбатлантирувчи генлар бўлиб, уларнинг функцияларини ҳам фаоллаштиради.

Кальций нитрат таркибидаги нитрат ионлари ушбу генларнинг самарадорлигини оширади, натижада ўсимликда гиббереллин миқдори кўпаяди. Гиббериллин ўсимликларни ўстирувчи энг яхши стимуляторлардан ҳисобланади. Биологик таҳлилларга кўра, кальций нитрат билан ишлов берилган ўсимликларда GA3ox ва GA20ox генларининг ривожланиши сезиларли даражада юқори бўлади. Кальций нитрат қўлланганда ўсимлик танасида стимуляторлар миқдори ошади ва DELLA оқсилларининг миқдори камаяди.

Танада гибберилин миқдорининг ортиши GID1 рецепторларига боғлиқ бўлиб, жараён давомида DELLA оқсилларининг 26S хромасома орқали парчаланишига олиб келади. DELLA оқсиллари одатда ўсишни рағбатлантирувчи энг керакли факторларини боғлаб, уларнинг фаолиятини бостиради. Кальций нитрит таъсирида DELLA генлари камайгандан сўнг, ўсишни рағбатлантирувчи генлар фаоллашади, натижада ҳужайра бўлиниши тезлашиб, ўсимлик танасининг ва бошқа органларининг йириклашишига олиб келади.

Ўсимликларнинг илдиз тизимида эса кальций нитрат-ГА-DELLA тизими ва уларнинг таъсири алоҳида аҳамиятга эга. Нитрат илдиз учидаги ҳужайра бўлиниш зонасида ҳужайралар кўпайишини тезлаштириб, унинг тезроқ ўсишига сабаб бўлади ва яхши ривожланган илдиз ҳар қандай ўсимлик танасини етарлича озиқа билан таъминлаб беради. DELLA оқсилларининг камайиши ҳужайраларнинг бўлиниш цикларининг ортишига таъсир қилади ва ўсиш генларининг репрессиясини камайтиради, натижада ўсимлик танаси сезиларли катталашиб, танадаги биокмёвий реакциялар тезлиги ва модда алмашинуви жараёнларида фаоллик ошади.

Ўсимлик танасида гибберилин моддасининг кўпайиши илдизнинг иккиламчи ўсишини ҳам рағбатлантиради: илдиз қалинлашади ва янги илдизчалар ҳосил бўлади, бу ўсимликнинг озиқ ва сувни ўзлаштиришини яхшилайди. Ўсимликларни озиқлантиришда турли нитратлар қўлланганда тана ва илдиз қисмининг ўсиши ва гибберилиннинг биосинтези ортиши натижасида ўсиш генларининг фаоллиги ошади.

Кальций нитрат ва умуман нитрат ионлари билан таъминловчи моддалар ўсимликлар ўсишини рағбатлантиришда муҳим рол ўйнайди: улар NRT1.1 ва NLP7 генлари орқали GA20ox ва GA3ox генларини фаоллаштириб, гиббереллин биосинтезини оширади, ва бу механизм ўсимликларнинг азотга бўлган эҳтиёжини таъминлаб, ўсишида катта рол ўйнайди.

Калций нитрати ($Ca(NO_3)_2$) ўсимликларнинг биологик фаолиятини кучайтиришда муҳим рол ўйнайди, чунки у калций ва азотнинг комбинацияси орқали ўсимликларнинг

ўсиши, озиқ моддаларни қабул қилиши ва фотосинтез жараёнини тезлаштириб, ҳосилдорликни оширади.

Калций нитрат ўсимликлар таркибидаги органик моддалар миқдорини ошириб, тупроқнинг сифатини яхшилайди, бу эса ўсимликларнинг биологик фаолиятини кучайтиради. Бундан ташқари, калций нитрати ўсимликлар танасида суюқликнинг pH даражасини ошириб, кислоталилигини камайтиради ва тупроқнинг ўсиш учун қулайлигини таъминлайди, натижада озиқ моддаларнинг ўсимлик томонидан ўзлаштирилиш самарадорлиги ошади. Калций нитрат ўсимликлар таркибидаги органик моддалар (масалан, оқсиллар, ферментлар, амино кислоталар) миқдорини ошириш ва тупроқ сифатини яхшилашда муҳим роль ўйнайди.

Калций нитрат ўсимликларни азот (нитрат шаклида) ва калций билан бир вақтда таъминлайди, бу эса ўсимликларнинг соғлом ўсишига олиб келади. Азот ўсимликлар учун асосий озиқ элемент бўлиб, у органик моддаларнинг синтезида муҳим рол ўйнайди.

Нитрат ионлари (NO_3^-) ўсимликлар илдизлари орқали сўриб олинади ва нитрат-редуктаза ферменти орқали аммонийга (NH_4^+) айлантирилади. Бу аммоний кейинчалик аминокислоталар, оқсиллар ва нуклеин кислоталарнинг синтезида фаол қатнашади, натижада, ўсимлик таркибида органик азотли бирикмалар (масалан, оқсиллар ва ферментлар) миқдори ошади. Масалан, калций нитрат қўллангандан сўнг ўсимликларда азот миқдори ошиши ҳисобига ҳужайра ўсиши ва фотосинтез самарадорлиги юқорилайди, бу эса углеводлар ва бошқа органик моддаларнинг кўпайишига олиб келади. Калций нитрат аммоний нитратга қараганда ҳосилдорликни яхшироқ оширади, чунки у калцийни ҳам қўшади, бу эса ҳужайра деворларини мустаҳкамлайди ва ўсимликнинг умумий органик моддалар захирасини кўпайтиради.

Калций ионлари ўсимликларда ҳужайра деворларининг қурилишида иштирок этади ва пектин бирикмаларини шакллантириш орқали ҳужайра мустаҳкамлигини оширади. Бу ўсимликнинг стрессга (масалан, қурғоқчилик ёки касалликларга) чидамлилигини юқорилатиб, органик моддаларнинг парчаланмасдан сақланишини таъминлайди. Калций етишмаслиги ўсимликларда некроз ва ўсишнинг сусайишига олиб келади, аммо калций нитрат қўллангандан сўнг ўсимлик таркибида органик моддалар (масалан, ферментлар ва гормонлар) миқдори ошади, чунки калций уларнинг ривожланишини фаоллаштириб, генлар фаоллигини тартибга солади. Калций органик азотнинг тупроқда сақланишини таъминлаб беради, бу эса ўсимликлар томонидан нисбатан самарали ўзлаштирилишига ёрдам беради.

Натижада, калций нитрат ўсимликларда органик моддалар миқдорини ошириш орқали ҳосилдорликни юқорилатиб, мева сифатини яхшилайди – масалан, помидор ва мева дарахтларида қора дог касаллигининг олдини олади.

Калций тупроқдаги майда зарраларни бириктириб, нисбатан йирикроқ агрегатларни шакллантиради, бу тупроқнинг қаттиқлигини камайтириб, ғоваклигини оширади, натижада ҳаво ва сув ўтказувчанлигини яхшилайди, шунингдек, тупроқда органик моддаларнинг парчаланиши ва сақланиши яхшиланади. Масалан, калций нитрат қўллангандан сўнг тупроқ зичлашиши камаяди ва аэрация ошади, бу микробиологик фаолиятни рағбатлантириб, органик углероднинг десруктурага учрамасдан сақланишига олиб келади. Калций органик бирикмалар ва минераллар ўртасидаги физик-кимёвий ўзаро таъсирни меъёрлаштириб, тупроқда органик углероднинг сақланишини оширади.

Ишқорий муҳитда органик азотнинг сақланиши ва минерализацияси ошади, бу тупроқда органик моддалар миқдорини кўпайтиради. Бундан ташқари, нитратнинг тупроқдан ювилиши органик углерод айланмасини ошириб, тупроқ агрегатларини йириклаштириб модда алмашинувини яхшилайди.

Калций тупроқ микроорганизмларининг фаолиятини рағбатлантириб, органик моддаларнинг парчаланишини тартибга солади, натижада тупроқда гумус ва бошқа органик моддаларнинг кўпайишига олиб келади. Органик моддалар ёки калций нитрат қўшиш орқали тупроқнинг ҳосилдорлигини ошириб, зичлашган тупроқлар структурасини яхшилайди.

Калций нитрат ўсимликларда органик моддалар миқдорини ошириш орқали ўсишни рағбатлантириб, ҳосилдорликни юқорилатиб, тупроқ сифатини яхшилайди: структурани мустаҳкамлайди, pH ни тартибга солади ва органик углеродни сақлайди. Калций нитрат иссиқхона хўжаликларида ва қишлоқ хўжалигида самарали ўғит сифатида ишлатилади.

Калций нитратининг қўлланиши ўсимликларда умумий хлорофилл миқдорини кўпайтириб, фотосинтез жараёнини кучайтириши орқали ўсимликларнинг энергия ҳосил қилиш қобилиятини оширади. Шунингдек, калций нитрати ўсимликларда катион-анион балансини меъёрида ушлаб туриши орқали фотосинтез жараёнининг самарадорлигини оширади. Хлорофилл ўсимликларда фотосинтез учун масъул бўлган асосий пигмент бўлиб, у қуёш нурини ютиб, энергияга айлантиришда муҳим рол ўйнайди. Калций нитратнинг қўлланиши ўсимликларда хлорофилл синтезини жадаллаштириб, унинг умумий миқдорини оширади. Калций ўсимликларда ҳужайраларга озиқа манбаи ва ферментлар фаолиятини тартибга солишда иштирок этади. У хлорофилл синтези учун зарур бўлган магний ва темир каби элементларнинг ўзлаштирилишини яхшилайди. Тупроқ шўрланиши шароитида ўсимликларда фотосинтетик пигментлар (хлорофилл a ва b) миқдорини оширади, чунки калций ҳужайра мембраналарини ҳимоя қилиб, пигментлар парчаланишининг олдини олади, аксарият ўсимликларда калцийли ўғитлар қўллангандан сўнг хлорофилл миқдори ортади, бу эса ўсимликларнинг яхши ривожланишини таъминлайди.

Нитрат ионлари азот манбаи сифатида хлорофилл молекуласининг қурилишида иштирок этади, чунки хлорофилл таркибида азот атомлари мавжуд. Калций нитрат қўлланган сўнг нитрат-редуктаза ферменти фаоллашади, бу эса аммоний ҳосил бўлишига ва кейинчалик, аминокислоталар синтези жадаллашишига олиб келади. Бу жараён хлорофилл биосинтезини рағбатлантиради. Калций нитратнинг қўлланиши ўсимликларда хлорофилл миқдорини 20-50 % гача ошириши мумкинлигини кўрсатган.

Кальций ионлари ёрдамида миқдорлари ортган хлорофилл доначалари фотосинтез жараёнининг самарадорлигини ошириб, ўсимликларнинг қуёш нурини самаралироқ ютишига имкон беради. Фотосинтез – ўсимликларда углеводлар (глюкоза) ҳосил бўлишининг асосий жараёни бўлиб, бунда хлорофиллар CO_2, сув ва қуёш нурини регенерация қилиб, танасининг ўсиши ва ривожланишига сабаб бўлади.

Хлорофилл молекулалари қизил ва кўк нурларни ютиб, электронларни қўзғатади, бу эса ATP ва NADPH ферментларининг ҳосил бўлишига олиб келади. Калций нитрати қўлланган сўнг хлорофиллар миқдори ошгани сабабли, фотосинтез суръати ошади. Тузли ёки қурғоқ шароитларда калций нитрат фотосинтез жараёнини тескари реакциялардан ҳимоя қилади. Масалан, туз стрессида калций қўшиш фотосинтетик пигментларни сақлаб, фотосинтез жараёнини кучайтиради. Аммо ортиқча миқдорда (юқори концентрацияларда) калций нитрати фотосинтетик қобилиятни пасайтириши мумкин, шунинг учун қўллаш меъёрларига амал қилиш муҳим рол ўйнайди.

Фотосинтезнинг кучайтирилиши ўсимликларнинг энергия ҳосил қилиш қобилиятини оширади, чунки фотосинтез орқали ҳосил бўлган ATP ферментлари ва углеводлар ўсимликнинг барча жараёнлари учун энергия манбаидир. Бу жараён ўсимликларнинг ўсиши, ҳосил ва авлод беришини яхшилаб, стрессга чидамлилигини оширади.

Кальций нитрат таъсирида фотосинтез жараёнининг жадаллашиши натижасида глюкоза ва крахмал захиралари кўпаяди, бу эса респирация (ҳужайраларнинг нафас олиши)

орқали энергия ажралишига олиб келади. Калций нитрати қўллангандан сўнг ўсимликларда умумий қуруқ масса ва ўсиш параметрлари (баландлиги, поя диаметри) ошади, бу энергия самарадорлигининг юқорилигидан далолат беради.

Калций нитрати ўсимликларда IAA (индол-уксус кислотаси – ўсиш гормони), пролин ва умумий эримаган шакарлар миқдорини ошириб, энергия ҳосил қилишни рағбатлантиради. Шунингдек, ўсимликларда калций нитрати тана ўсишини рағбатлантириб, танада борадиган биоеимёвий реакциялар ва энергия айланмасини яхшилайди.

Калций нитрат азотнинг ўсимликлар томонидан осон сўриладиган шаклини (нитрат) таъминлайди, бу оқсил синтезини тезлаштириб, ўсимликнинг ўсишни кучайтиради. Бундан ташқари, калций нитрат ўсимликлар ўсишида микробиологик жараёнларни жадаллаштириб, уларнинг азотни ўзлаштириш жараёнига ижобий таъсир кўрсатади, у тупроқдаги азотнинг ўсимликлар учун ўзлашувчан ҳолатга ўтказади.

Калций нитрати калций ионларининг антиоксидантлик хоссалари мавжудлиги туфайли ўсимликларни иссиқлик, қурғоқчилик ва бошқа стресслардан ҳимоя қилади. Калций ўсимликларда энг муҳим макронутриентлардан бири сифатида ҳужайра структурасини мустаҳкамлаш, озиқларни ташиш йўлларини тартибга солиш ва физиологик жараёнларни рағбатлантиришда иштирок этади. Азот эса оқсиллар синтези ва ўсишни кучайтириш учун зарур бўлиб, калций нитратнинг қўлланиши ўсимликларда кечадиган кўплаб физиологик жараёнларга ижобий таъсир кўрсатади, яъни ҳужайра ўсиши, фотосинтез, нутриент сўрилиши ва стрессга чидамлиликни оширади.

Калций нитратининг баргларга қўлланиши атрофдаги гулларнинг ўсишини рағбатлантириб, ҳосилдорликни, сифатни ва кесилган гулларнинг умрини оширади, чунки калций капилляр йўллари орқали ҳужайра бўлиниши ва кўпайишини фаоллаштиради. Бу жараёнлар турли ўсимликларда кузатилган бўлиб, калцийнинг оптимал миқдори (5 ммоль/л) берилганда ўсимликларнинг баландлиги, поя диаметри ва биомасса жамланишини ошириб, физиологик жараёнлар яхшиланади.

Калций нитрати ўсимликлар илдизлари орқали калций ва азотни таъминлаб, бошқа нутриентларнинг (углерод, азот, фосфор, калий) сўзлаштирилишини яхшилайди. Калций илдиз мембраналарининг ўтказувчанлигини ошириб, нутриент транспортёрлари фаолиятини рағбатлантиради. Масалан, калций нитратининг қўлланиши калий (K^+), магний (Mg^{2+}) ва фосфор (P) нинг сўрилишини тартибга солади, аммо ортиқча миқдорда улар билан рақобат ҳосил қилиши мумкин. Оптимал шароитда калций нитрати ўсимликларнинг нутриент мувозанатини сақлаб, ўсишни кучайтиради ва етишмовчиликнинг олдини олади. Калций нитрати ўсимликларнинг абиотик (қурғоқчилик, шўрлик, ҳарорат ўзгариши) ва биотик стрессларга чидамлилигини оширади.

Хулоса. Кальций нитрат ўсимликларда хлорофил доначаларининг ривожланишини рағбатлантириб, ҳужайралар деворлари мустаҳкамланишида фаол қатнашиши ҳисобига ташқи салбий таъсирларга чидамлилигини оширади. Кальций нитрат асосидаги йўллардаги музламаларни эритиш воситаси тайёрлашда ва қўллашда ўрнатилган меъёрларга амал қилинса, атроф муҳит, тупроқнинг ифлосланиши минимал бўлади ва музламаларга тушган воситанинг асосий қисми ўсимликларга озиқа сифатида сарфланади.

Адабиётлар

1. Веригина К.В. Методы определения в почве кальция, меди, цинка, кобальта, бора // Агрохимические методы исследования почв. –М.: «Наука», 1995. –С. 384-391.

2. Методика агрохимических исследований. Под редакция Ф.А.Юдин. –М.: «Колос», 1980. -336 с.

3. Ничипорович А.А. Фотосинтез и урожай. –М.: «Знание», 1996. -186 с.
4. Пейве Я.В. Биохимия нитрата кальция// М.: «Наука», 1992. –С.7-24.
5. Пейве Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. –М.: «Наука», 1990. -430 с.
6. Практикум по агрохимии / Б.А.Ягодин, И.П.Дерюгин, Ю.П.Жуков и др. Под ред. Б.А.Ягодина. –М.: «Агропромиздат», 1987. -512 с.
7. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. –Л.: «Наука», 2004.-324 с.
8. Экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений // В.Г.Минеев. Агрохимия. Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. –М.: «Колос», 2004. –С. 706-714.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РЕГИОНА

Юсупов Асомиддин Соатович, Юсупов Жалолиддин Асомиддин угли
Ташкентский государственный экономический университет

Аннотация: В статье рассматриваются глобальные экологические проблемы, связанные с накоплением твёрдых бытовых отходов, а также анализируется потенциал комплексной переработки отходов как инструмента устойчивого развития. Особое внимание уделяется экологическому, социальному и экономическому эффектам внедрения перерабатывающих кластеров промышленного масштаба. На основе конкретных количественных показателей показано, что переработка отходов может одновременно решать задачи охраны окружающей среды, создания рабочих мест и формирования устойчивой экономики замкнутого цикла.

Ключевые слова: твёрдые бытовые отходы, переработка, устойчивое развитие, экология, экономика, замкнутый цикл.

Введение. Одной из наиболее острых проблем современного мира является проблема обращения с твёрдыми бытовыми отходами. Рост численности населения, урбанизация и увеличение объёмов потребления привели к тому, что количество отходов, образующихся в городах, ежегодно возрастает. При этом традиционные методы утилизации, основанные на захоронении мусора на полигонах, перестают соответствовать экологическим и социальным требованиям современного общества.

Накопление отходов негативно отражается на состоянии окружающей среды, способствует загрязнению почвы и водных ресурсов, ухудшает качество атмосферного воздуха и создаёт угрозы для здоровья населения. В этой связи особую актуальность приобретает поиск системных решений, направленных на комплексную переработку отходов и переход к модели устойчивого развития.

8 фефраля 2023 года Президент Ресублики Узбекистан, во внеочередном селекторе дал поручение увеличить объём переработки отходов на 50%. Известно, что стихийные и перегруженные мусорные свалки являются источниками серьёзных экологических рисков.

В процессе разложения отходов в окружающую среду поступают токсичные вещества и парниковые газы, прежде всего метан. Загрязнение грунтовых вод приводит к ухудшению качества питьевой воды, а загрязнение воздуха отрицательно сказывается на здоровье населения. Особую опасность представляют отходы из пластика и металлов, срок разложения которых составляет сотни лет. При отсутствии переработки такие материалы накапливаются в окружающей среде, формируя долгосрочную экологическую нагрузку.

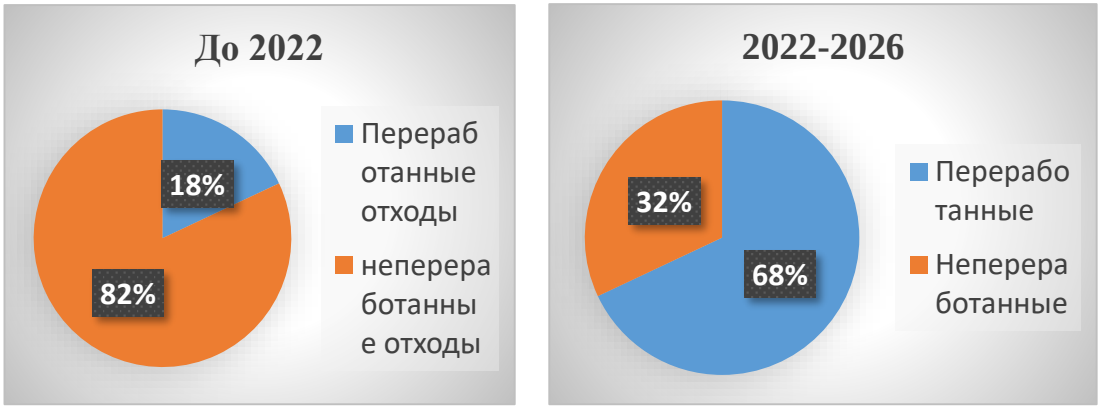


Рис. 1. Глобальные экологические проблемы, связанные с отходами.

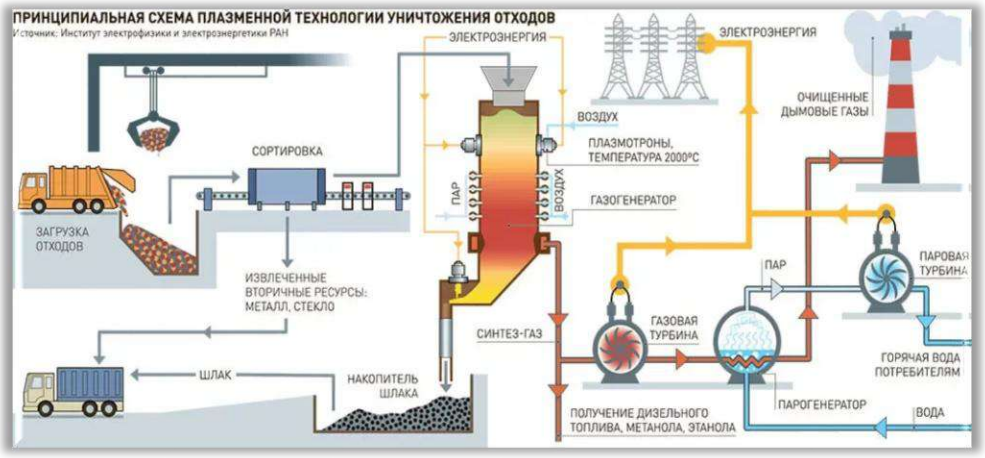


Рис. 2. Комплексная переработка отходов как системное решение.

Одним из наиболее эффективных подходов к решению проблемы отходов является создание перерабатывающих комплексов кластерного типа. Такие комплексы способны обеспечивать утилизацию до 1,5 млн. тонн твёрдых бытовых отходов в год, что позволяет существенно снизить объёмы захоронения мусора и ликвидировать стихийные свалки.

Комплексный подход предполагает полный цикл обращения с отходами – от приёма и сортировки до переработки и выпуска готовой продукции. Это позволяет минимизировать количество отходов, не подлежащих вторичному использованию, и максимально вовлекать сырьё в экономический оборот.





Рис. 3. Существующие проблемы организационного процесса и решение.

Запуск комплексной переработки отходов даёт значительный экологический эффект, который выражается в следующих направлениях:

- ликвидация стихийных мусорных свалок;
- предотвращение загрязнения грунтовых вод;
- сокращение вредных выбросов в атмосферу;
- очистка городской среды от твёрдых бытовых отходов.

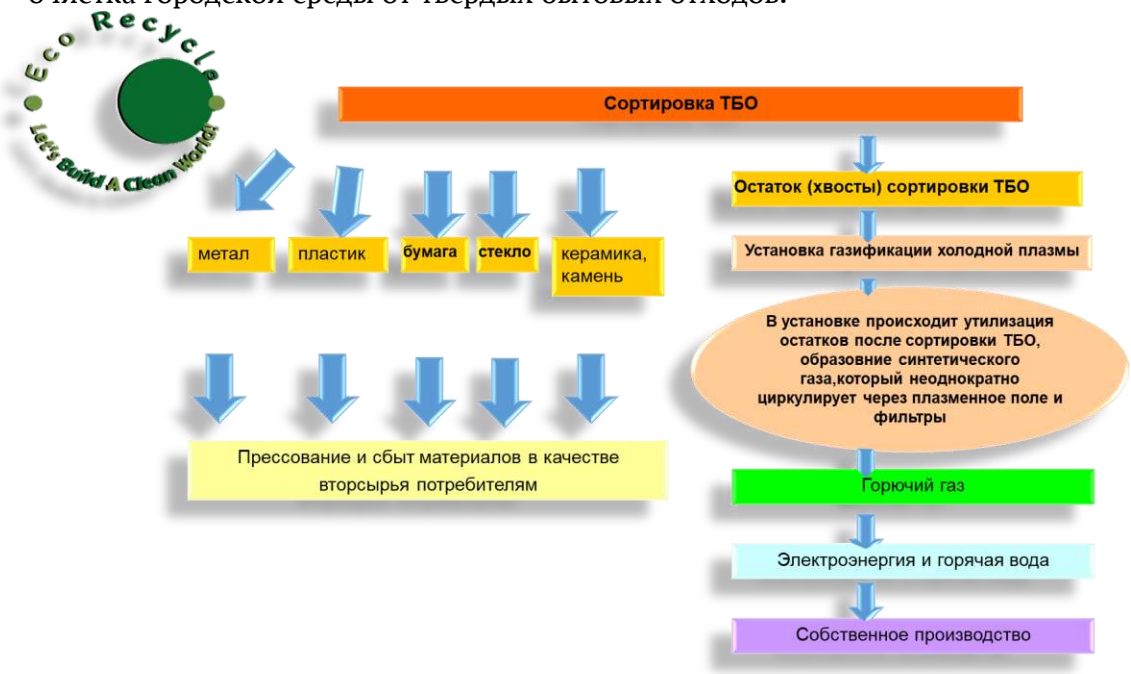


Рис. 4. Экологический эффект внедрения переработки

Переработка 1,5 млн. тонн отходов в год позволяет снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и создать условия для восстановления экосистем.

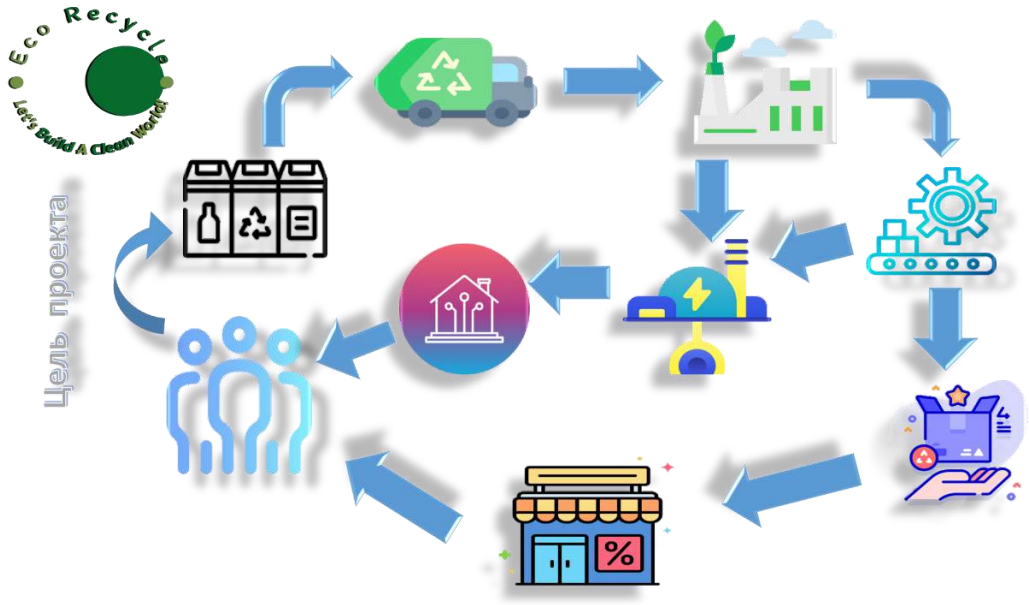


Рис. 5. Социальные аспекты переработки отходов.

Ожидаемые результаты от проекта

Экономический эффект	•утилизация твердых бытовых отходов – от 1,5 млн тонн в год; •
Социальный эффект	Создание до 670 рабочих мест
Экологический эффект	Ликвидация стихийных мусорных свалок, предотвращение загрязнения грунтовых вод и вредных выбросов в атмосферу от свалок, очистка города от ТБО
Экономический эффект	Производство товаров как для внутреннего рынка, так и для экспорта. С доходностью от 32 млн.$ в год

Наряду с экологическим эффектом, переработка отходов оказывает значительное социальное влияние. Реализация подобных проектов позволяет создать до 670 рабочих мест, что способствует снижению уровня безработицы и развитию промышленной занятости.

Кроме того, формируется новая культура обращения с отходами, основанная на принципах экологической ответственности и рационального использования ресурсов.



Рис. 6. Экономический потенциал переработки отходов.

Переработка отходов является не только экологически, но и экономически целесообразной деятельностью. Совокупный годовой доход от переработки может достигать 32 150 000 долларов США, что подтверждает устойчивость данной модели.

Экономический результат формируется за счёт производства различных видов продукции и энергии, в том числе:

- электричества, газа и горячей воды;
- строительных материалов;
- товаров из переработанного пластика;
- одежды;
- алюминиевой продукции;
- кормов для животных;
- компоста;
- санитарно-гигиенической бумажной продукции.

Диверсификация продукции снижает экономические риски и обеспечивает стабильность доходов.

Переработка отходов в контексте устойчивого развития. Комплексная переработка отходов соответствует принципам устойчивого развития, так как одновременно решает экологические, экономические и социальные задачи. Она способствует переходу от линейной модели экономики к модели замкнутого цикла, в которой отходы рассматриваются как ресурс.

Такой подход позволяет снизить зависимость от первичных природных ресурсов и создать экологически ориентированную экономику.

Заключение. Проблема твёрдых бытовых отходов является одной из ключевых экологических проблем современности. Комплексная переработка отходов в объёме до 1,5 млн. тонн в год демонстрирует реальную возможность её решения. Экологический эффект, создание сотен рабочих мест и формирование экономики с годовым доходом свыше 32 млн. долларов США свидетельствуют о высокой эффективности данного подхода.

Переработка отходов должна рассматриваться как неотъемлемая часть стратегии устойчивого развития, направленной на сохранение окружающей среды и улучшение качества жизни населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сувонов Л. Переработка ТБО: устойчивое развитие, охрана окружающей среды и экономический рост., 2024.//https://yuz.uz/ru/news/

2. Грачева В.Р. Роль переработки отходов в устойчивом развитии: экологические и экономические выгоды., 2023.//https://moluch.ru/archive/

3. Бугаян С.А. Вторичное использование твердых бытовых отходов как неотъемлемый элемент рационального использования природных ресурсов // JER. 2019. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/

4. Мусаев М.М. Экономические аспекты проблемы утилизации отходов в России // Деловой вестник предпринимателя. № 2 (2). 2020. URL: https://cyberleninka.ru/article/

5. Комитет Республики Узбекистан по статистике — официальный сайт Национального комитета по статистике Республики Узбекистан. Доступно: https://stat.uz/ru

6. State Statistics Committee of the Republic of Uzbekistan — Waste Disposal Data — данные о фактических объёмах твёрдых бытовых отходов и их утилизации в Узбекистане (2025).//one.uz

7. Национальный отчет о состоянии окружающей среды Узбекистана (National State of the Environment Report)., 2022 год//unece.org

8. Постановление Президента Республики Узбекистан “Об утверждении стратегии по обращению с твердыми бытовыми отходами на 2019–2028 годы”.//old.gov.uz

DEVELOPMENT OF A NATIONAL METHODOLOGY FOR THE COLLECTION AND CLASSIFICATION OF ELECTRONIC WASTE IN UZBEKISTAN

Musayev Marufdjan Nabiyevich
Candidate of Technical Sciences, Professor of the “Life Safety” Department at TSTU
Ergashev Sardor Baxtiyor o‘g‘li
PhD student of the “Life Safety” Department at TSTU.

Annotatsiya. Maqolada elektron chiqindilarni yig‘ishning O‘zbekiston sharoiti uchun moslashtirilgan metodologiyasi va ikki darajali tasniflash tizimi ishlab chiqilgan. Har yili potensial xomashyo hajmining ortishiga qaramay, tahlil aholidan elektron chiqindilarni yig‘ish tizimining cheklanganligini va “O‘zikkilamchiranglimetall” AJ da qo‘lda saralashning past samaradorligini ko‘rsatdi. Taklif etilgan yig‘ish metodologiyasi moliyalashtirish uchun “ishlab chiqaruvchining kengaytirilgan mas’uliyati” tizmini joriy etishni hamda mahallalar va chakana savdo tarmoqlarida qabul qilish punktlari tarmog‘ini yaratishni o‘z ichiga oladi. Ishlab chiqilgan tasniflash yuqori iqtisodiy qiymatga ega elektron chiqindi qismlarini ajratishga yo‘naltirilgan bo‘lib, bu logistika jarayonini optimallashtirish va Olmaliq KMK da qimmatbaho metallarning ajratib olinish ko‘rsatkichini maksimal darajada oshirish imkonini beradi. Ushbu choralarni joriy etish elektron chiqindilarni texnologik jihatdan asoslangan boshqaruvga o‘tishini ta’minlaydi, ikkilamchi resurslar ta’minotini sezilarli darajada oshiradi va sohaning iqtisodiy barqarorligini yaxshilaydi.

Kalit so‘zlar: elektron chiqindilar, yig‘ish metodologiyasi, tasniflash, O‘zbekiston, O‘zikkilamchiranglimetall AJ, OKMK, qimmatbaho metallar.

Аннотация. В статье разработана адаптированная методология сбора и двухуровневая система классификации электронных отходов (ЭО) для условий Узбекистана. Анализ показал ограниченный сбор ЭО от населения и низкую эффективность ручной сортировки на АО «Узвторцветмет», несмотря на ежегодный рост объема потенциального сырья. Предложенная методология сбора включает внедрение Расширенной ответственности производителя (РОП) для финансирования и создание сети приемных пунктов в махаллях и розничных торговых сетях. Разработанная классификация направлена на выделение фракций высокой экономической ценности, что позволяет оптимизировать логистику и максимизировать извлечение драгоценных металлов на Алмалыкском ГМК. Внедрение данных мер обеспечит переход к технологически обоснованному управлению ЭО, существенно увеличивая выход вторичных ресурсов и повышая экономическую устойчивость сектора.

Ключевые слова: электронные отходы, методология сбора, классификация, Узбекистан, РОП, Узвторцветмет, драгоценные металлы.

Abstract. The article develops an adapted methodology for the collection and a two-level classification system of electronic waste (EW) for the conditions of Uzbekistan. The analysis showed limited collection of EW from the population and low efficiency of manual sorting at Uzvtorcvetmet JSC, despite the annual increase in the volume of potential raw materials. The proposed collection methodology includes the introduction of Extended Producer Responsibility (EPR) for financing and the creation of a network of collection points in mahallas and retail. The developed classification is aimed at identifying fractions of high economic value, which makes it possible to optimize logistics and maximize the extraction of precious metals at the Almalyk Mining and Metallurgical Complex. The implementation of these measures will ensure the transition to technologically justified EW management, significantly increasing the output of secondary resources and improving the economic sustainability of the sector.

Key words: electronic waste, collection methodology, classification, Uzbekistan, EPR, Uzvtorcvetmet, precious metals.

INTRODUCTION

The management of electronic waste (EW) represents one of the most acute global problems at the intersection of ecology and economics. This type of waste shows the fastest growth in the world, combining the threat of toxic elements such as lead and mercury with the high potential of secondary resources such as gold, silver, and copper [2], [6]. For the Republic of Uzbekistan, which is actively developing its electrical engineering and electronics production sector, the problem acquires strategic significance, since the growth in production volumes in this sector increased from 17.4 to 22.4 trillion UZS during the period 2021–2023 [4], which directly predicts a critical increase in the flow of electronic scrap in the near future.

The existing national EW recycling system relies on two key industrial bases: Uzvtortcvetmet JSC for primary dismantling and the Almalyk Mining and Metallurgical Complex (AMMC) for the final extraction of precious metals [1]. However, the analysis revealed serious structural shortcomings constraining efficiency. The main problems are the limited waste collection infrastructure from the population and excessive dependence on manual sorting at the primary processing stage. These factors lead to the uncontrolled circulation of a significant share of EW, low economic returns, and the inability to optimize the raw material flow for high-tech recycling. Diagram 1 provides a clear example showing the gap between potential EW sources and existing processing capacities.

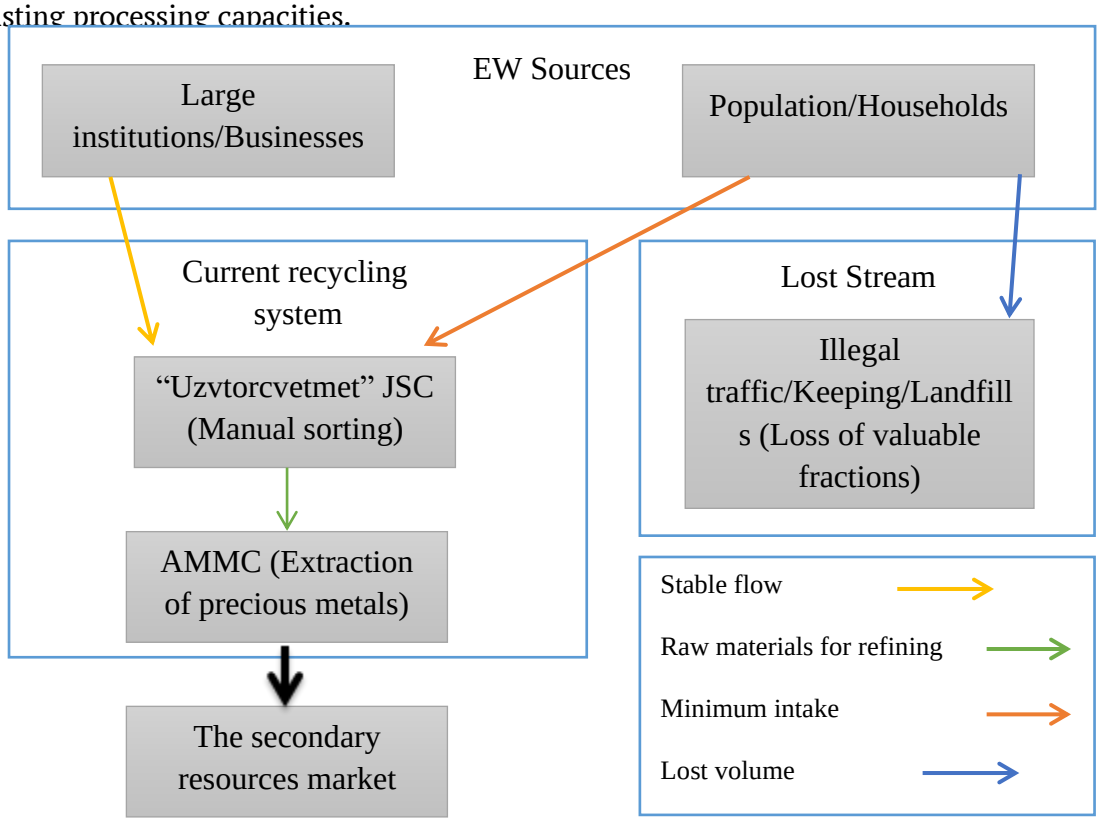


Diagram 1. Flowchart illustrating the gap between potential sources of electronic waste and their entry into Uzbekistan’s recycling system

The identified gaps indicate an urgent need for a scientifically grounded approach to forming a sustainable national EW management system [5]. Thus, the purpose of this study is to develop an adapted methodology for the systematic collection of electronic waste from the population and

institutions, as well as to propose a unified EW classification system adapted for integration into Uzbekistan’s existing industrial chain. Achieving this goal will make it possible to move from a non-systematic approach to a technologically justified process that ensures the maximum return of valuable resources into economic circulation. To justify the proposed solutions, it is necessary to include table 1, which will present a comparative analysis of the current EW management system in Uzbekistan with the best international practices and identify key areas for the implementation of innovations.

Table 1.

Comparative analysis of the electronic waste (EW) management system in Uzbekistan with international best practices

Parameter	Current practice in Uzbekistan (JSC “Uzvtorcvetmet”/ AMMC)	International experience (EU / Japan)	Problem area / need for change
1.Collection funding	State budget, sale of scrap metal, revenues from institutions.	Extended Producer Responsibility (EPR) – mandatory fees from importers/producers.	Absence of EPR. Unstable funding, limited resources for developing collection infrastructure from the population.
2.Collection from the population	Minimal infrastructure, unsystematic campaigns, reliance on private informal collectors.	Dense network of stationary points, “Trade-in” programs, mobile points, high level of public awareness.	Failure to cover the main source of EW. High level of illegal circulation, environmental pollution.
3.Classification and sorting	Manual disassembly, primary sorting by general groups (plastics, boards, metal).	Automated sorting lines (shredding, separation), precise classification by chemical composition and value.	Loss of valuable fractions. Inability to accurately isolate high-value raw material (Group A) for optimizing pyro-/hydrometallurgy.
4.Processing technology	Predominantly pyrometallurgy (AMMC) for precious metal extraction.	Combined methods: hydrometallurgy for boards, specialized extraction of hazardous components (mercury, refrigerants).	Low efficiency. Pyrometallurgy is less effective for concentrated raw material (boards), high energy consumption, and emissions.

METHODS

This study is based on a systemic approach and combines empirical data with comparative analysis to develop a practical methodology for electronic waste management. The methodological framework includes the analysis of existing industrial processes as well as the study of global experience in legislative regulation and technological solutions. The primary empirical data source consisted of the results of field research conducted by the authors at Uzvtorcvetmet JSC and the Almalyk Mining and Metallurgical Complex (AMMC), where characteristics of manual dismantling and pyrometallurgical processing were documented. These data made it possible to accurately identify the bottlenecks of the national system, namely the low level of mechanization and the absence of precise raw material classification.

Normative legal acts of the Republic of Uzbekistan concerning waste management, as well as international reports - particularly data from the Global EW Monitor [3] - were used as secondary sources. The key analytical method was a comparative analysis of the best global practices, including the European Union’s waste electrical and electronic equipment (WEEE) directives and Japan’s experience in introducing Extended Producer Responsibility (EPR) [5]. The purpose of this analysis was not direct copying but adapting successful mechanisms to the socioeconomic specifics of Uzbekistan, such as the role of the mahalla institution [8] in local self-governance and the presence of an existing centralized industrial recycling base. A consolidated analysis of international models underlying the adaptation can be presented in table 2, illustrating how specific elements were selected and adjusted to create the national methodology.

Table 2.

Summary analysis of international models and elements adapted for Uzbekistan’s methodology

International Mechanism	Principle/Object	Adaptation Goal	Adapted element for Uzbekistan
WEEE Directive (EU)	10 waste categories, collection obligation.	Creation of a simple yet comprehensive structure for regulation.	Two-tier classification focusing on IT equipment (High value).
Extended Producer Responsibility (EPR)	Producers/importers finance the collection and recycling system.	Ensuring a stable financial foundation for infrastructure.	Implementation of EPR in legislation as a key regulatory mechanism.
Japanese model (Household electronics)	Collection through retail networks and recycling vouchers.	Motivation of the population and integration of retail into the collection system.	Use of “Trade-in” programs and creation of stationary collection points in large retail chains.
Experience of developing countries (Collection)	Utilization of local community structures and the informal sector.	Coverage of the population at the local community level.	Organization of mobile and temporary collection points based on mahallas.

The development of the collection methodology was based on the principle of three-component regulation, which includes regulatory, financial, and infrastructural components. The regulatory component focused on substantiating the need to introduce EPR as the only sustainable source of financing for the entire system [7]. The infrastructural component was developed based on the need to reach the population through easily accessible collection points integrated into local communities and trading networks. The proposed EW classification system was developed with consideration of the requirements of final-stage processing. Unlike classifications based on device type, our system focused on economic value and processing technology, which made it possible to divide EW into two levels: logistical (by size) and technological (by concentration of valuable metals). This approach was specifically developed to optimize manual sorting at Uzvtorcvetmet and to supply AMMC with concentrated raw material.

To visually present the logic of the study and the stages of transition from problem analysis to solution development, diagram 2 may be used in this section to schematically display the sequence of research steps.

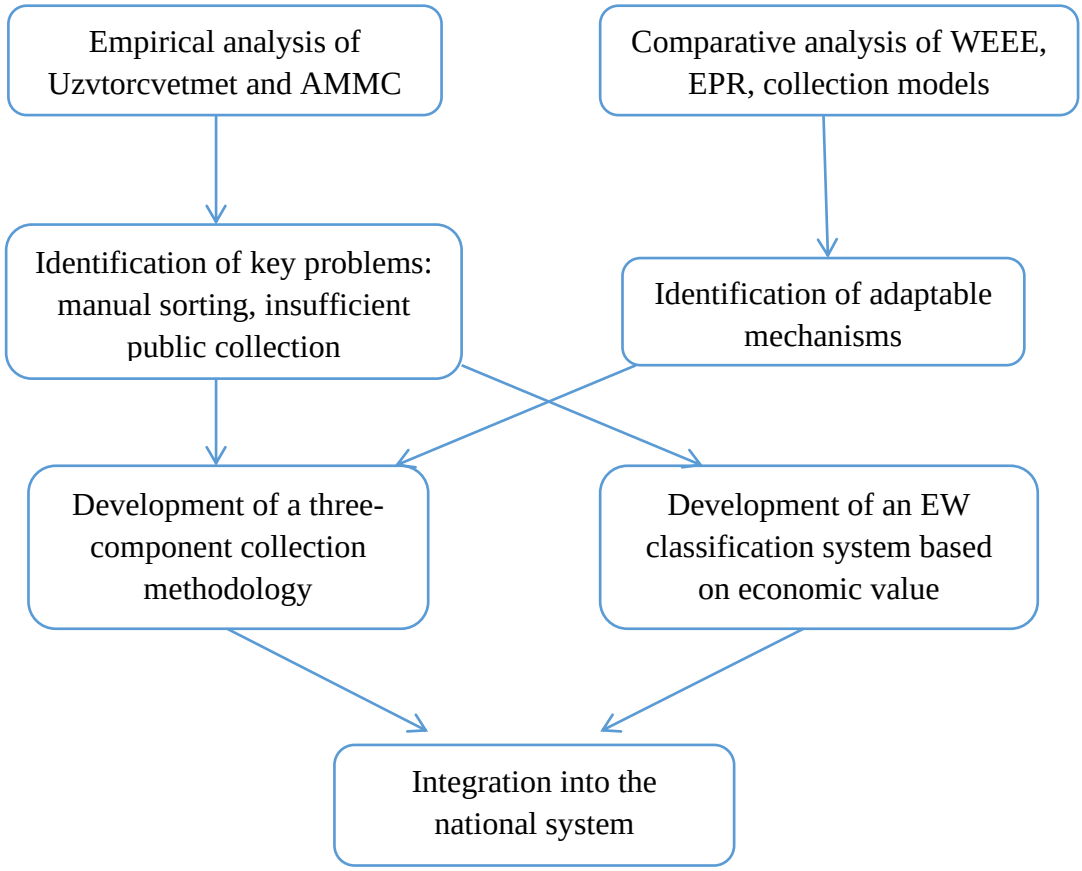


Diagram 2. Scheme of research logic and stages of methodology development

RESULTS

Electronic waste collection methodology in Uzbekistan. The result of the conducted study and comparative analysis of international practices was the development of a three-component methodology for electronic waste collection, adapted to the socioeconomic and regulatory conditions of the Republic of Uzbekistan. This methodology aims to eliminate the main systemic gap, the uncontrolled flow of EW from households, and to create a stable, financially secured supply of raw materials for industrial enterprises. The key regulatory element of the methodology is the introduction of the Extended Producer Responsibility (EPR) mechanism, which ensures stable and targeted funding for the entire collection and recycling infrastructure. Financing under the EPR scheme allows shifting the financial burden from the state budget to importers and electronics manufacturers, creating economic incentives for eco-design and covering the operational costs of collection points, which is vital for supporting the infrastructure.

The second component, the infrastructure solution, provides for the creation of an efficient collection network covering both institutions and private households. For institutions, a system of mandatory digital accounting and centralized removal is proposed, while for the public, easily accessible collection points are organized. Considering the key role of the mahalla institution in Uzbekistan, the methodology recommends integrating mobile collection points at the mahalla level and installing stationary containers in major retail chains and post offices, ensuring broad territorial coverage. The third component, a motivating mechanism, includes Trade-in programs and a voucher system that encourage citizens to dispose of waste legally. A detailed description and role distribution in the proposed methodology are presented in table 3.

Table 3.

Three-component methodology for EW collection in Uzbekistan

Component of collection	EW Source	Proposed solution	Key financial mechanism
Regulatory/Financial	All	Implementation of the Extended Producer Responsibility (EPR) mechanism.	Mandatory ecological fee from importers and producers of electronics.
Infrastructural (Institutions)	Companies, government sector	Centralized record of decommissioning, direct collection of large batches by licensed operators.	Contractual relationships between institutions and operators.
Infrastructural (Population)	Households	Network of stationary collection points in shopping centers/retail; regular mobile collection points at the mahalla level.	Funds accumulated through the EPR fund.
Stimulating	Population	“Trade-in” programs when purchasing new equipment; vouchers/discounts on utility bills for handed-in EW.	Partnership between the state, operators, and retail.

Two-level EW classification and economic forecasting. The second key result of the study is the development of a two-level electronic waste classification system aimed at increasing sorting efficiency at “Uzvtorcvetmet” and optimizing the subsequent extraction of valuable resources at AMMC. Traditional manual sorting[1] does not allow for accurate separation of the most valuable fractions, leading to suboptimal use of pyrometallurgical capacities. The proposed system separates EW according to two criteria: Level I, by hazard and logistics to simplify primary collection, and Level II, by economic value and required recycling technology to optimize plant operations.

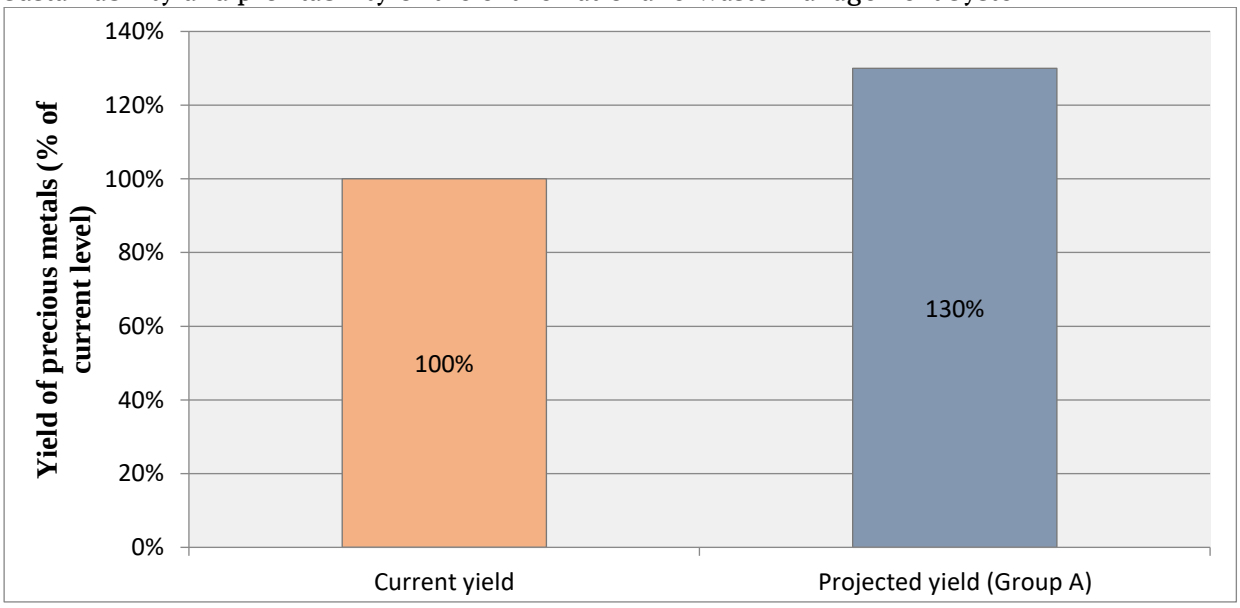
Special emphasis is placed on Level II, where Group A (high value) is distinguished, including printed circuit boards and chips with high concentrations of precious metals. This allows the separation of concentrated raw materials for delivery to high-efficiency refining at AMMC, while Group B (medium value), consisting of copper and ferrous metals, is directed to standard recycling. The detailed classification is presented in table 4.

Table 4.

Two-tier system for EW classification by value for Uzbekistan

Level	Category (for logistics)	Technological group (for processing)	Example fraction	Target technology
I	Small/Hazardous (Special collection)	Group C (Problematic)	Batteries, fluorescent lamps, refrigerants.	Separate neutralization/disposal.
I	IT/Medium-sized	Group A (high value)	Printed circuit boards, chips, contacts, ribbon cables.	Affination (Pyro-/Hydrometallurgy) at AMMC.
I	Large-sized	Group B (Medium Value)	Copper cables, ferrous/non-ferrous casings, transformers.	Processing of ferrous and non-ferrous metals.

The implementation of the proposed classification system and collection methodology allows for the forecast of significant economic effects. According to modeling results, the concentration of Group A materials and their targeted processing can lead to an increase in the yield of extracted precious metals (particularly gold and silver) by 25–40% compared to current figures, which depend on a non-selective mixed stream. This projected economic potential is clearly demonstrated in graph 1, which compares the current efficiency of mixed e-waste processing with the potential yield using the developed classification system. Thus, the developed collection methodology and classification system are complementary elements that ensure the sustainability and profitability of the entire national e-waste management system.



Graph 1.Comparison of current and projected precious metal yield (as a % of current level)

DISCUSSION

The results of the present study - the developed collection methodology and electronic waste classification system - offer a concrete roadmap for Uzbekistan’s transition from an unsystematic approach to sustainable e-waste management. The proposed methodology directly addresses the key issues identified in the initial analysis: limited collection infrastructure for households and low efficiency of manual sorting at JSC “Uzvtorcvetmet.”

Implementation of the collection methodology and the role of EPR. The main structural gap, shown in diagram 1, lies in the loss of the e-waste flow from households. The proposed three-component methodology (table 3) addresses this problem through two interconnected mechanisms. First, it is infrastructure adaptation focused on mahallas and large retail networks. Using mahallas as local self-governing units ensures penetration of the collection system at the grassroots level, which has proven effective in a number of developing countries for organizing household waste sorting. Second, a key condition for the feasibility of this infrastructure is the implementation of the Extended Producer Responsibility (EPR) mechanism. EPR provides stable financing, which is critically important to cover the operational costs of mobile and stationary collection points[6]. Without regulatory support and financial backing from producers, household-oriented EW collection infrastructure will remain economically unviable. Thus, implementing EPR should become a priority in legislation to ensure a continuous flow of raw materials to the industry.

Economic and technological justification of classification. The developed two-level classification system (table 4) is justified by the need to optimize industrial processes. The current manual sorting at “Uzvtortsvetmet” leads to mixing high-value fractions (printed circuit boards — Group A) with low-value ones. As a result, the final processing at AMMC, based on pyrometallurgy, operates with suboptimal raw materials, reducing the yield of precious metals and increasing operational costs (table 1). Classification by economic value allows the extraction of a concentrated Group A stream, which can be directed to more precise and efficient refining. As shown in graph 1, this potentially increases precious metal output by 25–40%, ensuring high economic feasibility of investments in upgrading sorting equipment[1].

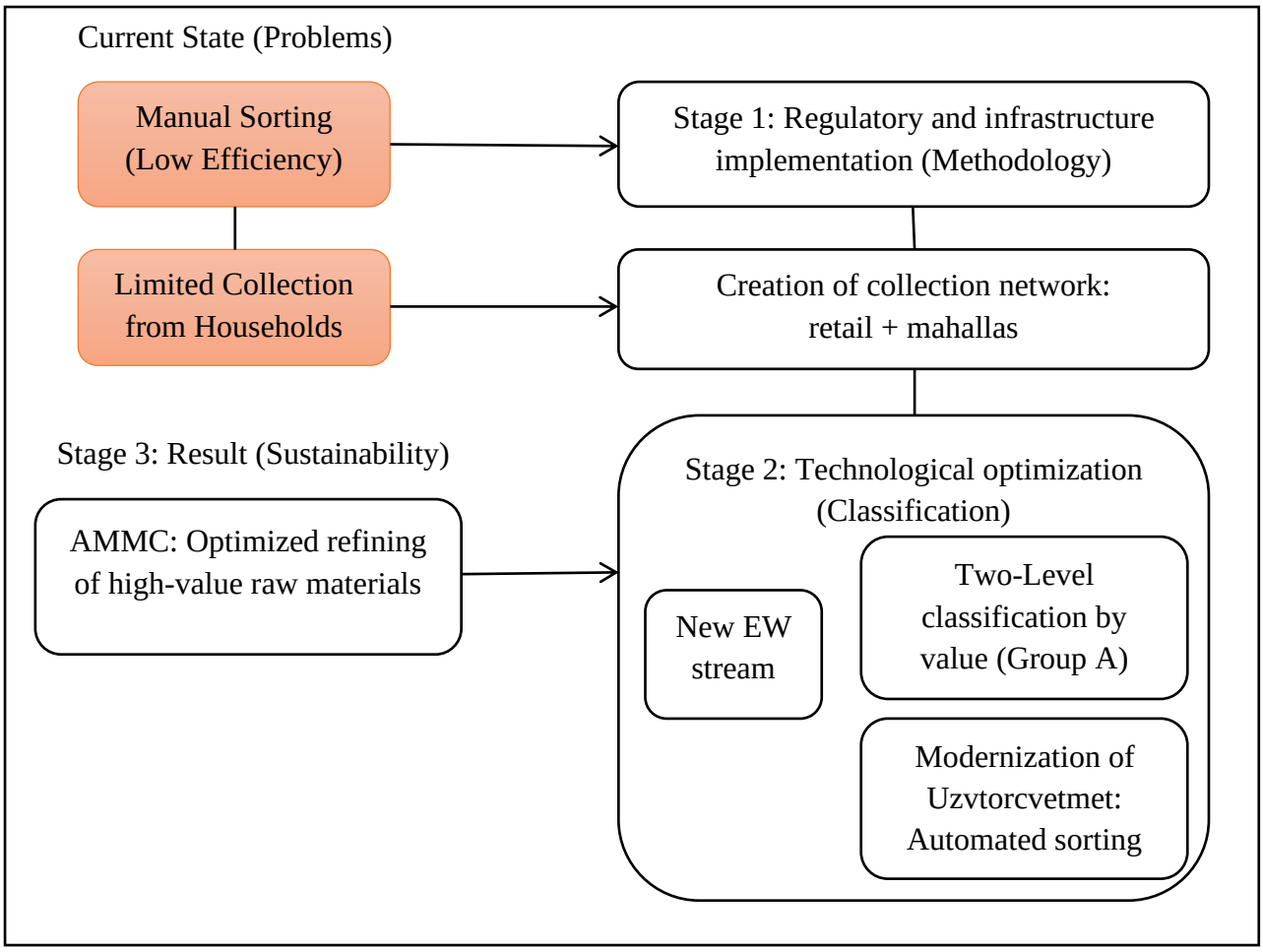


Diagram 3. Scheme of the transition of the E-waste management system in Uzbekistan from the current model to a sustainable one.

Prospects and recommendations for modernization. The implementation of the proposed methodology requires a phased technical modernization. The increase in raw material flow, ensured by the collection methodology, makes it economically justified for “Uzvtorcvetmet” to transition from manual disassembly to automated sorting lines. Automation will allow precise classification of raw materials according to level II, ensuring a clean stream of Group A to AMMC. In the long term, to maximize recovery from high-value metals, Uzbekistan needs to consider the possibility of implementing hydrometallurgical processes[6] at AMMC or creating specialized facilities. Hydrometallurgy, compared to the existing pyrometallurgy, is more environmentally friendly and efficient for processing concentrated raw materials, which aligns with the best global technological trends. Thus, the developed methodology represents the first, but critically

important, step in forming a sustainable, resource-efficient, and competitive electronic waste management system in Uzbekistan.

CONCLUSION

The conducted study successfully addressed the set task by developing a methodology for systematic collection and a two-level classification system for electronic waste (EW) adapted to the conditions of Uzbekistan. The developed three-component collection methodology (table 3) is based on the critically important element of Extended Producer Responsibility (EPR), which must ensure stable financial coverage for the entire collection infrastructure from households, including mobile collection points in mahallas. This directly addresses the main problem of the national EW system — the uncontrolled flow of waste from households, as was clearly demonstrated in diagram 1.

The proposed classification system (table 4) is aimed at increasing the economic efficiency of recycling. The identification of Group A (printed circuit boards) based on high-value criteria allows for optimized logistics and preparation of concentrated raw materials for AMMC. Forecasting results confirm the economic feasibility of this approach, showing a potential increase in precious metal recovery of 25–40% compared to current levels, which fully justifies investments in modernizing the sorting capacities at JSC “Uztvorcvetmet.”

The implementation of the developed methodology and classification system (diagram 3) will allow Uzbekistan to gradually transition from manual sorting and limited collection to a sustainable, resource-efficient, and environmentally safe national electronic waste management system. To realize this transition, it is necessary to rapidly establish a legislative framework for EPR and begin pilot implementation of the household collection infrastructure. Further scientific research should focus on assessing the feasibility and economic efficiency of integrating hydrometallurgical processes at AMMC for processing highly concentrated Group A raw materials.

REFERENCES

1. **Musayev M.N., Ergashev S.B.** Study of Electronic Waste Recycling in Uzbekistan Based on the Experience of Uzvtorcvetmet and the Almalyk Mining and Metallurgical Complex. *Social, Economic, Scientific, and Technical Academic Journal*. 2025.
2. **Baldé C.P., FortiV., GrayV., KuehrR., StegmannP.** *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential*. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & UNITAR. 2020. (Primary source for global statistics and context).
3. **Law of the Republic of Uzbekistan No. 362-11 of 05.04.2002 “LAW ON WASTE.”** Available at: lex.uz. (Source for current legislation).
4. **National Electronic Waste Monitoring (2024).** Available at: ewastemonitor.info. (Source for local statistics and production growth).
5. **Directive 2012/19/EU** of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Official Journal of the European Union. 2012. (Primary source for international classification and regulation).
6. **Kuehr, R., & Steinhilper, E. (Eds.).** *Addressing the global e-waste challenge*. United Nations University. 2010. (General theoretical source on EPR and E-waste management strategies).
7. **Musayev M. N., Ergashev S. B., Khusanov E. Sh.** Health and Environmental Risks of Unused Mobile Phones Kept at Home. *Ta'lim fidoyilari*, May, Part 1, pp. 198-204. 2025. (Source for ecological and medical context).
8. **National Forum on Electronic Waste Management (2023).** Uzbekistan. Available at: uznature.uz. (Source for local initiatives and problems).

УДК 661.183.12:549.87

О ВОЗМОЖНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ЦЕОЛИТОВ ТИПА А ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ ГРУНТА ДЛЯ РАСТЕНИЙ

А. Р. Султанов, Ш. Т. Гуломов, Г. А. Гашенко
Ташкентский химико-технологический институт,
Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт
(УзКФИТИ)

Аннотация. Отработанные в процессах осушки и очистки газов цеолитные адсорбенты CaA, KA, NaA представляют собой закоксованные гранулы с различной степенью разрушения кристаллической структуры цеолита, содержащие до 19 % мас. Na_2O, либо 5 – 8 % мас Na_2O и 10 - 11 % CaO или K_2O, обладающие влагоудерживающими свойствами.

Целью работы является исследование возможности модифицирования отработанных цеолитных адсорбентов $Me^{n+}NaA$ бескислородной термической регенерацией, с последующим ионным обменом, позволяющим удалить катионы натрия с сохранением их высокого водопоглощения, и оценка влияния модифицирования цеолита на влагоудерживающую способность грунта для растений.

Методами рентгено-флуоресцентного анализа определены состав образцов цеолитов на различных стадиях модифицирования, а также экспериментальных растений. Методом рентгено-фазового анализа исследованы изменения кристаллической структуры цеолитных адсорбентов. Испытания в составе грунтов произведены для трех соотношений торф-модифицированный цеолитный адсорбент в течение двух месяцев с контролем в виде чистого торфа, рекомендуемого для использования при выращивании растений.

Выявлено, что модифицированная бескислородной микроволновой обработкой, совмещенной с выдержкой при 460°C, форма отработанного цеолитного адсорбента CaA, содержащего микрокристаллы цеолита А, после ионного обмена катионов Na^+ на соответствующие катионы NH_4^+, H^+ и другие, при внесении в состав растительного грунта (15 - 20 % об.) повысила биомассу растения (свекла) в три раза по сравнению с торфом, содержащим микроэлементы, Ca, Mg, Zn, P, N, Mo.

В работе представлены данные по влиянию способа модифицирования отработанных цеолитных адсорбентов типа А на влагоудерживающую способность композиций грунта для периода появления ростков и роста экспериментальных растений, а также элементный состав экспериментальных растений.

Разрабатываемый метод модифицирования отработанных цеолитов CaA позволяет снизить содержание катионов натрия с частичным сохранением кристаллической структуры, и общий объем пор цеолитного адсорбента, и, таким образом, сделать их, пригодными для использования в качестве мелиоранта.

Ключевые слова: Цеолит, адсорбент, мелиорант, влагоудерживающая способность, минеральные удобрения.

Abstract. Spent zeolite adsorbents CaA, KA, and NaA recovered from gas drying and purification processes are coked granules exhibiting varying degrees of destruction of the zeolite crystalline structure. They contain up to 19 wt.% Na_2O (in the case of NaA) or 5–8 wt.% Na_2O together with 10–11 wt.% CaO (CaA) or K_2O (KA) and possess significant moisture-retaining properties.

The aim of the study is to investigate the possibility of modifying spent Me^{n+}-exchanged type A zeolites (Me^{n+}NaA) by oxygen-free thermal regeneration followed by ion exchange to remove sodium cations while preserving high water absorption capacity, and to evaluate the influence of such modified zeolites on the moisture-retaining ability of plant growth substrates.

The chemical composition of zeolite samples at different modification stages and of experimental plants was determined by X-ray fluorescence analysis. Changes in the crystalline structure of the zeolite adsorbents were studied by X-ray diffraction phase analysis. Soil tests were conducted using three different peat-to-modified zeolite ratios over a two-month period, with pure peat (recommended for plant cultivation) serving as a control.

It was established that the spent CaA zeolite adsorbent containing zeolite A microcrystals, after oxygen-free microwave treatment combined with holding at 460 °C and subsequent ion exchange of Na^+ for NH_4^+, H^+, or other cations, when added to plant growth substrate at 15–20 vol.%, increased beet biomass threefold compared to control peat enriched with micro- and macroelements (Ca, Mg, Zn, P, N, Mo).

The paper presents data on the effect of the modification method applied to spent type A zeolite adsorbents on the moisture-retaining capacity of soil compositions during seed germination and plant growth periods, as well as the elemental composition of the experimental plants.

The developed modification method for spent CaA zeolites reduces sodium cation content while partially preserving the crystalline structure and total pore volume, thereby rendering these materials suitable for use as soil meliorants.

Keywords: zeolite, adsorbent, soil meliorant, moisture-retaining capacity, mineral fertilizers.

Annotatsiya. Gazlarni quritish va tozalash jarayonlaridan olingan ishlatilgan SaA, KA va NaA zeolit adsorbentlari kuyiklangan granulalar shaklida bo‘lib, zeolit kristall tuzilishi turli darajada buzilgan bo‘ladi. Ular NaA holatida 19 % gacha Na_2O, SaA yoki KA holatida esa 5–8 % Na_2O va mos ravishda 10–11 % SaO yoki K_2O tarkibiga ega bo‘lib, yuqori nam saqlash xususiyatlarini namoyon etadi.

Ishning maqsadi – ishlatilgan Me^{n+} almashin gan A turi zeolitlarini (Me^{n+}NaA) kislorodsiz termik regeneratsiya, keyin esa natriy kationlarini olib tashlashga imkon beruvchi ion almashinuvi orqali modifikasiya qilish, shu bilan birga yuqori suv singdirish qobiliyatini saqlab qolish hamda bunday modifikasiyalangan zeolitlarning o‘simlik tuproqlarining nam saqlash qobiliyatiga ta’sirini baholashdan iborat.

Zeolit namunalarining modifikasiya bosqichlaridagi kimyoviy tarkibi va tajriba o‘simliklari tarkibi rentgen-fluoressensiya analizi usuli bilan aniqlangan. Zeolit adsorbentlarining kristall tuzilishidagi o‘zgarishlar rentgen-difraktsion faza analizi usuli bilan o‘rganilgan. Tuproq sinovlari uch xil torf-modifikasiyalangan zeolit nisbatida ikki oy davomida o‘tkazilib, nazorat sifatida o‘simlik yetishtirish uchun tavsiya etilgan sof torf ishlatilgan.

Aniqlanishicha, zeolit A mikrokristallarini o‘z ichiga olgan ishlatilgan SaA adsorbenti kislorodsiz mikroto‘lqinli ishlov berish va 460 °S da ushlab turishdan so‘ng Na^+ kationlari NH_4^+, H^+ yoki boshqa kationlarga almashinuvi o‘tkazilganda, uni o‘simlik tuproq tarkibiga 15–20 hajm % qo‘shilganda lavlagi biomassasi mikro- va makroelementlar (Sa, Mg, Zn, P, N, Mo) bilan boyitilgan nazorat torfga nisbatan uch baravar oshgan.

Ishda A turi ishlatilgan zeolit adsorbentlarini modifikasiya qilish usulining unib chiqish va o‘simlik o‘sish davrida tuproq kompozitsiyalarining nam saqlash qobiliyatiga ta’siri hamda tajriba o‘simliklarining element tarkibi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Ishlab chiqilgan SaA ishlatilgan zeolitlarni modifikasiya qilish usuli natriy kationlari miqdorini kamaytirishga, kristall tuzilish va umumiy gözenek hajmini qisman saqlab qolishga imkon beradi va shu tariqa ularni tuproq melioranti sifatida qo‘llashga yaroqli holga keltiradi.

Kalit so‘zlar: zeolit, adsorbent, tuproq melioranti, nam saqlash qobiliyati, mineral o‘g‘itlar.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее известными цеолитами, обладающими высокой адсорбционной способностью при адсорбции паров воды, CO_2, а также катионо-обменными свойствами при удалении нежелательных катионов металлов в водной среде являются, в основном, цеолит А, и синтетические аналоги фожазита – цеолиты Х и Y, имеющие максимально свободный объем каркаса, и наибольшее количество доступных обмену катионов. Эти цеолиты, при определенных условиях, могут быть переведены в ионообменные формы [1, 2]. Однако для отработанных цеолитных адсорбентов параметры ионного обмена, также как и их свойства, могут сильно различаться, и в литературе не рассмотрены.

В растениеводстве известно применение различных пористых минеральных мелиорантов, в частности, перлитов, силикагелей, позволяющих удерживать влагу. Такие компоненты, вносимые в грунт, не обладают ионообменной способностью. Возможность применения цеолитов - морденита и клиноптилолита - в составе туфов, в растениеводстве и в общем в сельском хозяйстве была показана еще в 80-х годах прошлого века, и актуальна и в настоящее время [3, 6]. Морденит и клиноптилолит, в отличие от цеолита А и фожазитов, содержат повышенное количество SiO_2 в составе тетраэдров, и являются кислотостойкими. Однако свободный объем кристаллов этих цеолитов значительно меньше, в процессах удаления катионов из водных сред они не применяются, и адсорбируют меньшие количества воды. Относительно небольшое содержание натрия для морденита и клиноплилолита дало возможность применять их в составе почв как добавки, дающие положительный эффект для обедненных почв – суглинистых, сероземных; в черноземных почвах при внесении таких цеолитсодержащих туфов положительного эффекта для растений не выявлено [3].

В составе отработанных цеолитных адсорбентов типа А может содержаться до 19 % мас. Na_2O, для обмененных форм – 5 – 8 % Na_2O, и соответствующее количество введенных катионов - Ca^{2+} (до 12 % мас в расчете на CaO), K^+ (5 – 8 % мас в расчете на K_2O) и других. Наличие катионов натрия в обмененных формах цеолитов связано с нахождением их в структуре цеолитов в позициях, практически недоступных для ионного обмена, и модифицирование их требует подбора условий и методов [1, 4, 5] Для отработанных образцов цеолитных адсорбентов наличие коксовых и органических компонентов, в первую очередь, в транспортных порах, препятствует проведению ионного обмена. Известно применение некоторых методов, позволяющих интенсифицировать определённые стадии в синтезе цеолитов, в частности, обработка их электромагнитным излучением в микроволновом диапазоне; следует отметить, что имеющихся в литературе данных совершенно недостаточно для использования этого метода при модифицировании цеолита типа А [5, 7].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В работе применены отработанные в процессах очистки и осушки природного газа цеолитные адсорбенты CaA, представляющие собой цилиндрические гранулы диаметром 1,8 мм, содержащие на поверхности и внутри гранул коксовые отложения.

Модифицирование образцов цеолитных адсорбентов произведено бескислородным способом, термической обработкой в СВЧ печи и муфеле, удаление щелочного катиона произведена 0,1 М водным раствором лимонной кислоты марки «хч»

Элементный состав образов цеолитных адсорбентов и экспериментальных растений (в сухом виде) определён методом рентгено-флюоресцентного анализа на приборе Rigaku;

ИК – спектры получены на ИК- Фурье спектрометре SHIMADZU, для таблеток, спрессованных в специальной приставке прибора.

В качестве эталона (контроль) и компонента грунта использован коммерческий торф универсальный, содержащий известняковую муку и минеральные удобрения в соответствии с действующими техническими условиями производителя; pH (H_2O) 5,5 – 6,5; влагоёмкость не ниже 65%.

Методика эксперимента: испытания влагоудерживающей способности произведено в условиях внутри помещения с t = 28 – 25°C, с постепенным снижением до 17°C, для объёма образцов композиций грунта 1 $дм^3$, Каждый состав имел 3 параллельных определения. Избыток влаги при поливах определялся наличием воды в поддоне, так, что объем воды при поливе составил 150 мл для всех проб, и частота полива составила 1 раз в 5- 8 дней. После появления ростков фиксировалась высота ростков и количество листьев. Соотношение модифицированный цеолитный адсорбент (в нейтрализованной форме): торф составило 10 % об.; 15 % об., 20 % об. Для Zn, CaA (цинк-обмененной формы) объем внесенного цеолитного адсорбента составил 15 %, так, что доза внесённого катиона Zn^{2+} заведомо превысила в 150 раз оптимальную для внесения в состав растительного грунта (9 мг/кг грунта). Потери влаги контролировалась взвешиванием образцов каждые 2 суток, и данные представлены в циклах сухой вес перед поливом – влажный вес на момент полива.

После 3-х месячных испытаний растения были аккуратно отделены от грунта, и взвешены на весах с точностью до 0,01 г.

Дополнительно в условиях открытого грунта под кустарниковое растение (черная смородина), при посадке растения в суглинистую почву, без удобрений, было внесено 10 г/ $дм^3$ Zn, CaA (из расчета 4 мг/ л Zn^{2+}), и производился визуальный контроль состояния растений с внесенным цеолитным адсорбентом и без цеолита.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Исходные отработанные образцы цеолитного адсорбента CaA согласно спектрам РФ, содержат в составе 12 % мас CaO, и 7 % мас остаточных катионов Na^{2+} в расчёте на Na_2O. На дифрактограммах (не приводятся) имеются все максимумы от межплоскостных расстояний, характерных для цеолита А, соотношение интенсивностей которых, в общем, хорошо соблюдается, то есть кристаллическая структура в процессе их эксплуатации в адсорберах очистки газов полностью не разрушена.

Обработка излучением в микроволновой диапазоне в течение 30 минут привела к появлению в ИК- спектрах образца полосы при 722 $см^{-1}$, свойственной колебаниям Al – O в октаэдрической координации, то есть к выходу алюминия из каркаса цеолита, однако адсорбционная ёмкость и водопоглощение не снизились. В целом, ИК – спектры содержат высокоинтенсивные полосы, характерные для колебаний связей Al – O – Si и составе цеолитной структуры, Т -связей (связи внутри тетраэдров цеолита). Сдвиг полосы 1100 $см^{-1}$ до 1006 $см^{-1}$ указывает на образование связи Al – O – Al.

Последующая обработка лимонной кислоты и двухкратная промывка водой привели к частичному удалению катионов из цеолитного адсорбента, так, что, согласно данным РФ, содержание Na_2O составило 4,21 % мас, CaO – 10,5, также без снижения водопоглощения,

В таблице 1 представлены данные по потере влаги образцами грунта после полного предварительного увлажнения образцов, на рисунке 1 представлен график зависимости потери влаги от числа межполивных циклов. Начиная с 1 цикла измерений высота растений составила для чистого торфа 4 – 7 см, для образца с 10 об. % цеолитного адсорбента 3 – 7

см, с 15 об. % - 4 см и с 20 об. % - 3 – 7 см. Дальнейшие изменения размеров растений представлены на фотографиях (рис.2).

Согласно данным таблицы 2, в растениях, выросших на грунте с внесённым модифицированным цеолитным адсорбентом, несколько выше содержание фосфора, и ниже содержание Ca.

Таблица 1

Состав композиций грунта и скорость испарения воды, % мас.

Показатель для композиций:	Торф, 100 об. %	Торф с содержанием цеолитного адсорбента 10 об. %	Торф с содержанием цеолитного адсорбента 15 об. %	Торф с содержанием цеолитного адсорбента Zn, CaA 15 об. %	Торф с содержанием цеолитного адсорбента 20 об. %
Потери воды посуточно, в % мас от сухого веса, в циклах влажный вес при поливе - сухой вес перед поливом:					
1 цикл (7 дней)	4,6	4,9	3,9	3,5	3,2
2 цикл (8 дней)	6,8	5,6	5,3	5,2	4,7
3 цикл (6 дней)	5,5	4,4	4,6	3,9	3,8
4 цикл (8 дней)	5,4	3,9	5,5	3,0	4,3
5 цикл (5 дней)	4,6	3,6	6,8	2,4	4,8
6 цикл (2 дня)	4,6	4,4	8,0	5,2	6,0
Биомасса растений, г	2,5 – 5,0	4,2 – 6,7	12,1 – 14,8	0,4	7,7 – 13,6

Таблица 2.

Сравнительные данные по количественному содержанию некоторых элементов

Элемент	Содержание в растениях, ат. %:	
	для контрольного торфа	для состава торф с содержанием 20 % мас. модифицированного цеолитного адсорбента
Na	0,46	0,93
Al	0,02	0,02
Si	0,02	0,02
Mg	0,12	0,11
P	0,12	0,17
K	1,32	0,33
Ca	0,40	0,15

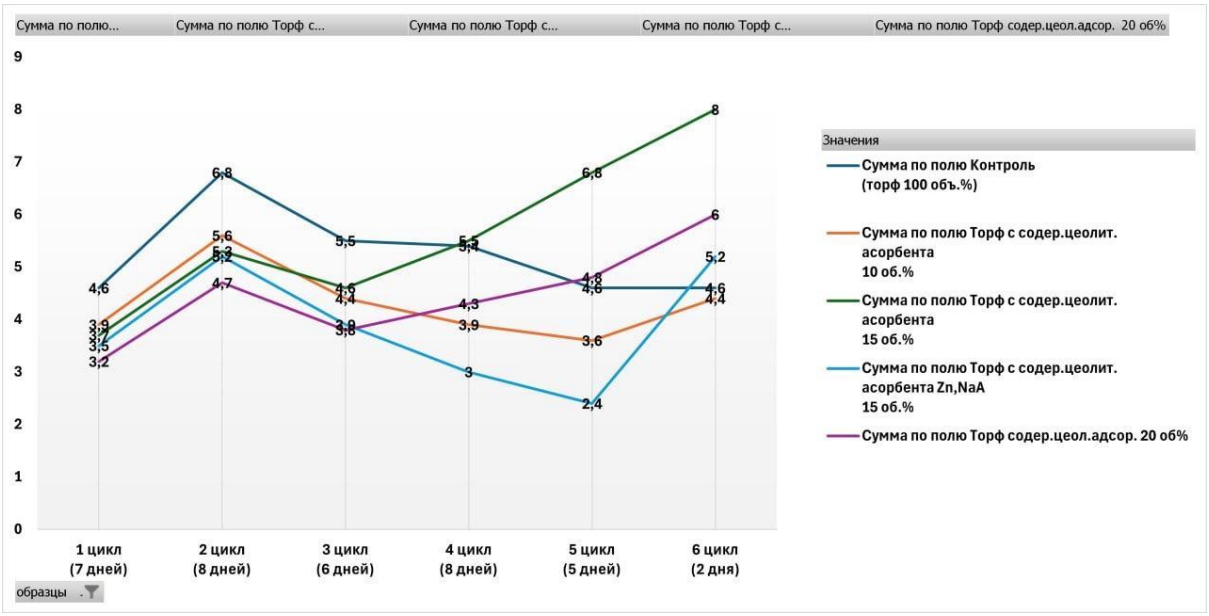


Рис. 1. Относительное изменение влагосодержания образцами композиций торф – цеолитный адсорбент, % мас,



Рис. 2. Фотографии образцов: верхний ряд – контроль (чистый торф); сверху вниз – образцы с содержанием цеолитного адсорбента 10, 15 и 20 объемных % соответственно. В третьем сверху ряду крайний справа образец с Zn, CaA.

Как следует из представленного рисунка и данных о замере биомассы растений, наибольшего развития достигли растения на композиции грунта с содержанием цеолитного адсорбента 15 и 20 об. %. Большое количество цинка отрицательно повлияло на развитие растения.

ВЫВОДЫ.

Установлено, что наличие алюминия в составе модифицированного цеолитного адсорбента, внесённого в состав композиции грунта, не привело к увеличению алюминия в составе биомассы растений;

- термообработка отработанных цеолитных адсорбентов CaA микроволновым диапазоном частот электромагнитного излучения при длительности воздействия 30 минут

может привести к появлению октаэдрически координированного кислородом алюминия, то есть к выходу алюминия из тетраэдров цеолитной структуры;

- выявлено, что модифицированный разработанным способом, отработанный цеолитный адсорбент CaA в эксперименте в составе композиций почвенного грунта показал увеличение массы растений, в три раза превышающей этот показатель для чистого торфа; в то время как в литературе имеются данные о положительном влиянии цеолитов только в обеднённых почвах (суглинистые и т. п.);

- выявлено, что влагоудерживающие свойства композиций торф: модифицированный отработанный цеолитный адсорбент CaA в течение эксперимента не снижается, и количество вводимой при поливе воды может быть снижено;

- разработанный метод модифицирования позволяет вести процесс без расхода кислорода воздуха, т. е. в экологическом смысле безопасен.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Султанов А. Р. Свойства и области возможного применения отработанных цеолитных адсорбентов// Султанов А. Р, Гашенко Г. А., Гуломов Ш. Т., Юнусов М. П.//Узбекский химический журнал, № 4, 2023.

2. Юнусов М. П. Влияние способа получения на некоторые свойства цеолитного адсорбента NiNaA// Юнусов М. П., Султанов А. Р, Гашенко Г. А., Гуломов Ш. Т.// Узбекский химический журнал, № 4, 2024 .

3. Г. В. Цицишвили. Природные цеолиты/ Г. В. Цицишвили, Т. Г. Андроникашвили, Г. Н. Киров, Л. Д. Филизова. – Москва: Химия, 1985. –223 с.

4 Макаревич Н. С. Использование различных добавок при модификации цеолита. В сборнике: Инновационные научные исследования 2023: естественные и технические науки. Сборник материаловXXYI международной очно-заочной. научно-практической конференции. Москва, 2023, с. 30-22.

5. Макова А. С. Влияние времени микроволнового синтеза на свойства получаемого цеолита FER. В кн.: Нефть и газ – 2023. Тезисы докладов 77-ой Международной молодёжной научной конференции – Москва- 2023- с. 374- 375

6. В. И. Титова. Сравнительное изучение влияния цеолита и минеральных удобрений на продуктивность зерновых культур и агрохимическую характеристику светло-серой лесной суглинистой почвы// В. И. Титова, Н. В. Забегалов.//Почвоведение и агрохимия. - № 1(52) – 2014 – с. 190 – 198

7. Бахия Т., Хамизов Р. Х., Бавижев М. Д., Конов М. А. Влияние СВЧ- обработки на ионообменные кинетические свойства. Сорбционные и хроматографические процессы – 2016 – т. 16 -№6 -с.803-812

О ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКЕ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧИРЧИК

Артыкова Фарида Якубовна,
Сагдеев Наиль Завдатович,
Ишниязова Феруза Анваровна
Национальный Университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы строительства на берегах водоёмов и рек, гидропостов по контролю качества воды реки Чирчик. Определены факторы, влияющие на качество воды, выявлены предприятия, сбрасывающие сточные воды, загрязняющие её органическими соединениями и биогенными веществами. Изучены показатели характеризующие самоочищающую способность реки такие как химическое потребление кислорода (ХПК) и биологическое потребление кислорода за 5 суток ($БПК_5$), а также выявлены их изменения по сезонам года по длине реки.

Ключевые слова: гидропосты, химический состав, качество воды, антропогенные факторы, источники сбросов, загрязняющие вещества, пробы воды, химический анализ, самоочищение, химическое потребление кислорода (ХПК), биологическое потребление кислорода (БПК)

Annotatsiya. Maqolada suv havzalari va daryolar sohilida qurilish, Chirchiq daryosi suv sifatini nazorat qilish bo'yicha gidropostlar masalalari ko'rib chiqilgan. Suv sifatiga ta'sir qiluvchi omillar aniqlandi, oqava suvlarni chiqaradigan, uni organik birikmalar va biogen moddalar bilan ifloslantiradigan korxonalar aniqlandi. Daryoning o'z-o'zini tozalash qobiliyatini tavsiflovchi ko'rsatkichlar, masalan, kislorodning kimyoviy iste'moli (XPK) va 5 kun ichida kislorodning biologik iste'moli (BPK5) o'rganildi, shuningdek, ularning Daryo uzunligi bo'yicha yil fasllari bo'yicha o'zgarishlari aniqlandi.

Kalit so'zlar: gidropostlar, kimyoviy tarkibi, suv sifati, antropogen omillar, chiqindi manbalari, ifloslantiruvchi moddalar, suv namunalari, kimyoviy tahlil, o'z-o'zini tozalash, kimyoviy kislorod iste'moli (XPK), biologik kislorod iste'moli (BPK)

Abstract. The article discusses the issues of construction on the banks of reservoirs and rivers, as well as the hydroposts for monitoring the water quality of the Chirchik River. The factors affecting the water quality are identified, and the enterprises that discharge wastewater that pollutes the river with organic compounds and biogenic substances are identified. The indicators characterizing the self-purifying ability of the river, such as chemical oxygen demand (XPK) and biological oxygen demand for 5 days (BPK5), are studied, and their changes over the seasons of the year along the length of the river are identified.

Keywords: hydroposts, chemical composition, water quality, anthropogenic factors, discharge sources, pollutants, water samples, chemical analysis, self-purification, chemical oxygen demand (XPK), biological oxygen demand (BPK)

ВВЕДЕНИЕ

Исследуя гидрологический режим горных рек, в том числе и реки Чирчик, следует изучать его разделив бассейн на зону формирования стока - горную часть, где воздействие антропогенных факторов минимальное, и равнинную часть долины реки - зону рассеивания стока. Сток рек бассейна Чирчика формируется на склонах гор Западного Тяньшаня и на его территории расположен Угам-Чаткальский Национальный парк- крупнейшая особо охраняемая природная территория, являющаяся объектом Всемирного природного

наследия ЮНЕСКО. Национальный парк был организован в 1992 году, объединив территории Чаткальского биосферного заповедника созданного в 1947 году, с Ахангаранским, Бричмуллинским и Пскемским лесхозами. На сегодняшний день общая территория Национального парка составляет 668350 га и включает в себя природные зоны: агропарковую, рекреационную, заповедную и зону природных ландшафтов, с высотами от 800 до 4000 метров над уровнем моря, разнообразными ландшафтами, включая горные цепи, арчовые леса, высокогорные луга и степные зоны.

На этой территории охране подлежат реки, ручьи, родники, каналы, озёра, водохранилища, пруды, болота, ледники и снежники, а также водоносные горизонты подземных вод и бассейны подземных вод. Особо охраняемой территорией являются сохранившиеся памятники мезолитических стоянок первобытного человека в пещерах Аурахмата и наскальная живопись - петроглифы в Ходжикенте. Эти, бесценные для всего человечества природные объекты и исторические памятники, требуют усиленных природоохранных мероприятий и постоянного мониторинга за их состоянием.

Как известно, с целью защиты водных ресурсов в нашей Республике, Законодательной палатой от 31 января 2025 года был принят и 17 марта 2025 года одобрен Сенатом Закон Республики Узбекистан от 30 июля 2025 г. № ЗРУ-1076 «Об утверждении Водного Кодекса Республики Узбекистан». В 24 главе в статье 125 озаглавленной «Производство работ в водоохранных зонах, прибрежных полосах и зонах санитарной охраны водных объектов» данного «Водного Кодекса Республики Узбекистан» говорится, что «Водоохранные зоны, прибрежные полосы, зоны санитарной охраны и санитарно-защитные полосы водных объектов в целях предупреждения и предотвращения загрязнения, засорения, истощения и заиления водных объектов продуктами эрозии почв, а также для поддержания благоприятного водного режима, создания нормальных условий для эксплуатации и проведения ремонтно-восстановительных работ устанавливаются водоохранные зоны и прибрежные полосы водных объектов…» [4]. В статье 125 также указаны значения ширины водоохранной зоны для водных объектов в определённых пределах (табл. 1).

Таблица 1

Водоохранные зоны водных объектов

№	Наименование водного объекта	Ширина, метр
По водохранилищам и другим водоёмам		
1.	на очень малых водохранилищах и других водоёмах (ёмкостью менее 0,1 млрд. куб. метров)	50-100
	на малых водохранилищах и других водоёмах (ёмкостью от 0,1 до 0,5 млрд. куб. метров)	100-150
	на средних водохранилищах и других водоёмах (ём- костью от 0,5 до 1 млрд. куб. метров) 150 —200	150-200
	на больших водохранилищах и других водоёмах (ёмкостью от 1 до 10 млрд. куб. метров)	200-250
По рекам и невысыхающим саям		
2.	на очень малых реках и невысыхающих саях (с расходом до 2 куб. метров воды в секунду)	35 —50
	на малых реках (с расходом от 2 до 5 куб. метров воды в секунду)	50 —100
	на средних реках (с расходом от 5 до 100 куб. метров воды в секунду)	100 —300
	на больших реках (с расходом свыше 100 куб. метров	300 —500

	воды в секунду)	

С начала нового XXI века развернувшееся бурное строительство в рекреационной зоне территории Угам-Чаткальского Национального парка привело к увеличению антропогенной нагрузки на природные объекты, в том числе водные объекты. Как известно, в условиях роста населения, расширения урбанизированных территорий, строительства новых домов отдыха, курортов, увеличивается водопотребление и водопользование, что требует усиления водоохранных мероприятий и защиты водных объектов от загрязнения, засорения и истощения. Строительство высокоэтажных домов отдыха, гостиниц в рекреационной зоне Национального парка, дачных посёлков вдоль рек на первой надпойменной террасе и береговой зоне Чарвакского, Ходжикентского и Газалкентского водохранилищ, без соблюдения режима санитарных водоохранных территорий, без очистных сооружений для сточных вод, которые сбрасываются непосредственно в реки, а также загрязняют подземные водоносные горизонты. Все эти бесправные действия ведут к загрязнению и истощению поверхностных и подземных водных ресурсов данной территории.

Однако, указанные в таблице размеры водоохранной зоны не выдерживаются ни для рек бассейна Чирчика, ни для Чарвакского, Ходжикентского и Газалкентского водохранилищ. При строительстве многоэтажных жилых комплексов по берегам этих водоёмов для их дальнейшей эксплуатации, необходимо учитывать пути отвода сточных вод и строить новые очистные сооружения, так как мощность старых очистных сооружений недостаточна.

В равнинной части бассейна реки Чирчик расположено много промышленных центров, которые в то же время являются крупными населёнными пунктами. Здесь проживает более 25% населения Республики Узбекистан, в городах сосредоточено около 70% промышленного потенциала Республики, а их предприятия поставляют ценные металлы, электроэнергию, продукты машиностроения, химикаты в другие государства. Качество воды реки Чирчик формируется под влиянием стоков с коммунальных и промышленных объектов городов Газалкент, Чирчик, Ташкент, Янгиюль, Чиназ и в основном коллекторно-дренажных вод с сельхозугодий. В бассейне реки расположено около 80 очистных сооружений стоки с которых отводятся в поверхностные водотоки, но большинство из них работает неэффективно. После крупных водозаборов в Верхний деривационный и Левобережный Карасу водный сток в реке или отсутствует или существует за счёт санитарных попусков, аварийных сбросов, стока коллекторов и выклинивания возвратных вод в русло. Это наблюдается ниже Газалкентского, Верхнечирчикского гидроузлов, перегораживающих реку Чирчик в верхнем течении. В их нижние бьефы сбросы воды осуществляются только в период половодья, а в период межени (октябрь-февраль) часто отсуствует даже санитарные попуски, что губительно сказывается на водных организмах. Суммарный годовой объём сброса сточных вод с предприятий расположенных в долине Чирчика это ПО «Электрохимпром» города Чирчика, биохимический завод г.Янгиюля, очистные сооружения ПО «Сув окава» г.Ташкента и возвратные, коллекторно-дренажные воды с орошаемых массивов составляют порядка 1,5 млрд. $м^3$.

Исходя из вышеизложенного, изучение гидрохимического режима и самоочищающих способностей водных масс реки Чирчик и их изменений по длине реки под воздействием природных и антропогенных факторов является *актуальной* задачей. Цель исследования состоит в выявлении источников антропогенного воздействия на сток рек и количественная оценка изменений химического состава вод реки Чирчик и

способности речных вод к самоочищению. В соответствии с целями исследования были поставлены *задачи* оценки изменений показателей химического потребления кислорода ХПК и биологического потребления кислорода за пять дней $БПК_5$ за разные сезоны года. *Объектом* исследования является река Чирчик, предметом исследования является изучение изменений значений ХПК и БПК5 по сезонам года на основании данных химического анализа проб воды, взятых на гидрологических постах, расположенных по длине реки от г.Газалкента до г.Чиназ.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как известно, речные воды обладают способностью к самоочищению, если количество сбросов загрязняющих веществ не достигает определенных пределов. Процесс самоочищения происходит под воздействием таких природных факторов как солнечная радиация, гидродинамические, термические, физические, химические и биологические процессы, происходящие в водных массах рек. Для анализа способностей вод реки Чирчик к самоочищению были изучены внутригодовые изменения значений химического потребления кислорода (ХПК) и биологического потребления кислорода за 5 дней (БПК5) по сезонам года по месяцам, на основании данных химического анализа проб воды, взятых на гидрологических постах, расположенных по длине реки от города Газалкента до города Чиназ.

Мониторинг состояния водной среды реки Чирчик осуществляется постоянно в соответствии с программой наблюдений на 5 гидрологических постах с плановыми замерами расходов воды и в 9 пунктах гидрохимических наблюдений, т.е. гидрохимических створах с ежемесячными отборами проб на химический анализ, с одновременными замерами скоростей течений, промеров глубин и расчётов расходов воды, а также измерений температуры и других физических характеристик речных вод. По результатам наблюдений на гидрологических постах и гидрохимических створах можно определить способность речных вод к самоочищению. Для изучения самоочищающей способности вод реки Чирчик, использовались материалы гидрохимических наблюдений за химическим составом воды по гидрологическим постам Узгидромета за период наблюдений с 2010 по 2019 годы, для сравнения использовались данные из гидрохимического бюллетеня за 1986 год .

Гидрохимические посты на реке Чирчик расположены в местах выше и ниже сбросов сточных вод в следующем порядке : 1) Река Чирчик - 0,3 км выше г.Газалкента; 2)-3,5 км ниже г.Газалкента; 3)-2,5 км выше «Электрохимпром»; 4)-2,5 км ниже сбросов «Электрохимпрома»; 5)-3 км ниже сбросов УзКТЖМ; 6)-1 км выше г.Ташкента Ташкент, 7)-Ташкент, 3км ниже сбросов Сергелийского КСМ; 8)-выше пос. Новомихайловки; 9) - ниже пос. Новомихайловки; 10) - 3 км ЮЮЗ г Чиназа [5].

Крупными производствами, размещенными в долине реки Чирчик являются Узбекский комбинат жаропрочных и тугоплавких металлов (УзКТЖМ) работающий на базе вольфрамовых руд и молибдена в городе Чирчике, Производственное объединение «Электрохимпром», Ташкентский химико-фармацевтический завод, лакокрасочные предприятия и т.д. Машиностроительные отрасли экономики, предприятия легкой, текстильной и пищевой промышленности также вносят свой вклад в загрязнение окружающей среды, это Чирчикский трансформаторный завод, Ташкентский тракторный завод «ТТЗ», «Узбексельмаш», «Ташсельмаш», «Чирчиксельмаш», «Ташхиммаш», текстильные фабрики по выпуску хлопчатобумажных тканей и ряд других предприятий. Необходимо особо выделить сельское хозяйство, которое оказывает большое влияние на количество водных ресурсов, а также на их химический состав, используя свыше 80% поверхностных вод на орошение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение процессов самоочищения дает возможность определить состояние водного объекта и решить задачи по прогнозу качества воды, определить допустимые нагрузки на водные объекты и рассчитать баланс химических веществ водных объектов. Самоочищающая способность речных вод определяется взаимосвязанными гидродинамическими, химическими, микробиологическими и гидробиологическими процессами, в результате активного воздействия которых восстанавливается естественный гидрологический режим рек. В результате воздействия указанных процессов, происходит снижение концентрации загрязняющих веществ и возвращение водных объектов в естественное состояние по качественным показателям. Процессы самоочищения наиболее интенсивно происходят в летний сезон, в период половодья и замедляются зимой в межень. Таким образом, потенциальные возможности водного объекта к самоочищению определяются его способностями к разбавлению сточных вод, поглощению растворенных веществ, оседанию мелких частиц и разложению сложных органических веществ, попадающих в воду [3-159 с.].

Следует отметить, что определение самоочищающей способности водных объектов ведется по показателям химического потребления кислорода (ХПК) и биохимического потребления кислорода за 5 суток (БПК5) [6-303с.]. Обязательным является также определение температуры, pH, содержания растворенного в воде кислорода. Все эти показатели характеризуют условия и ход протекания процессов самоочищения. Количество кислорода в воде зависит от скорости потока, турбулентного перемешивания, температуры воды и воздуха и других факторов. Большое содержание кислорода в воде способствует ускоренному самоочищению воды от органических соединений и биологических веществ, поэтому его количество оказывает благоприятное влияние на жизнедеятельность живых организмов и ускоряет процессы расщепления загрязняющих веществ в реках и водоёмах, которая имеет наименьшее значение в период межени. Наблюдения за загрязненностью воды рек с учётом процессов самоочищения проводятся несколько раз в году в характерные фазы гидрологического и гидробиологического режимов водного объекта. Этими фазами являются период весеннего половодья, когда условия для самоочищения наиболее благоприятные, и во время зимней и летней межени при наиболее неблагоприятных условиях.

Для решения поставленной задачи по изучению качества воды реки Чирчик на основании результатов химического анализа проб воды на 10 гидропостах расположенных по всей длине реки Чирчик от г. Газалкент до г Чиназа за средний по водности 2019 год проанализированы изменения бихроматной окисляемости-химическое потребление кислорода (ХПК) и биологического потребления кислорода за пентаду $БПК_5$ (рис.1 и 2).

Изменения содержания ХПК и $БПК_5$ по длине реки Чирчик были оценены по сезонам года и на их основании были построены графики (рис.1, 2). Для оценки степени способности реки к химическому потреблению кислорода и, как следствие этого, к самоочищению, обратимся к градации О.А.Алекина, предложенной для сравнения окисляемости [5-189 с.]. Согласно этой градации по окисляемости (ХПК) речные воды делятся на следующие градации (мг/л): очень малая –до 2 мг/л; малая 2-5; средняя 5-10; повышенная 10-20; высокая 20-30; очень высокая больше 30.

Изучая графики (рис.1) бихроматной окисляемости (ХПК) видим что, они претерпевают изменения от гидропоста к гидропосту. Увеличиваясь после сбросов сточных вод, затем пройдя определенное расстояние самоочищаясь и уменьшаясь, а затем вновь после сброса увеличиваясь. Так например у г. Газалкента максимальное значение ХПК в ноябре 1986 года составило 14,7 мг/л, а ниже города Ташкента выросло 21,6 мг/л. В

2019 году его максимальное значение было около 16,0 мг О/л, а осенью в нижних гидропостах уменьшалось до нуля.

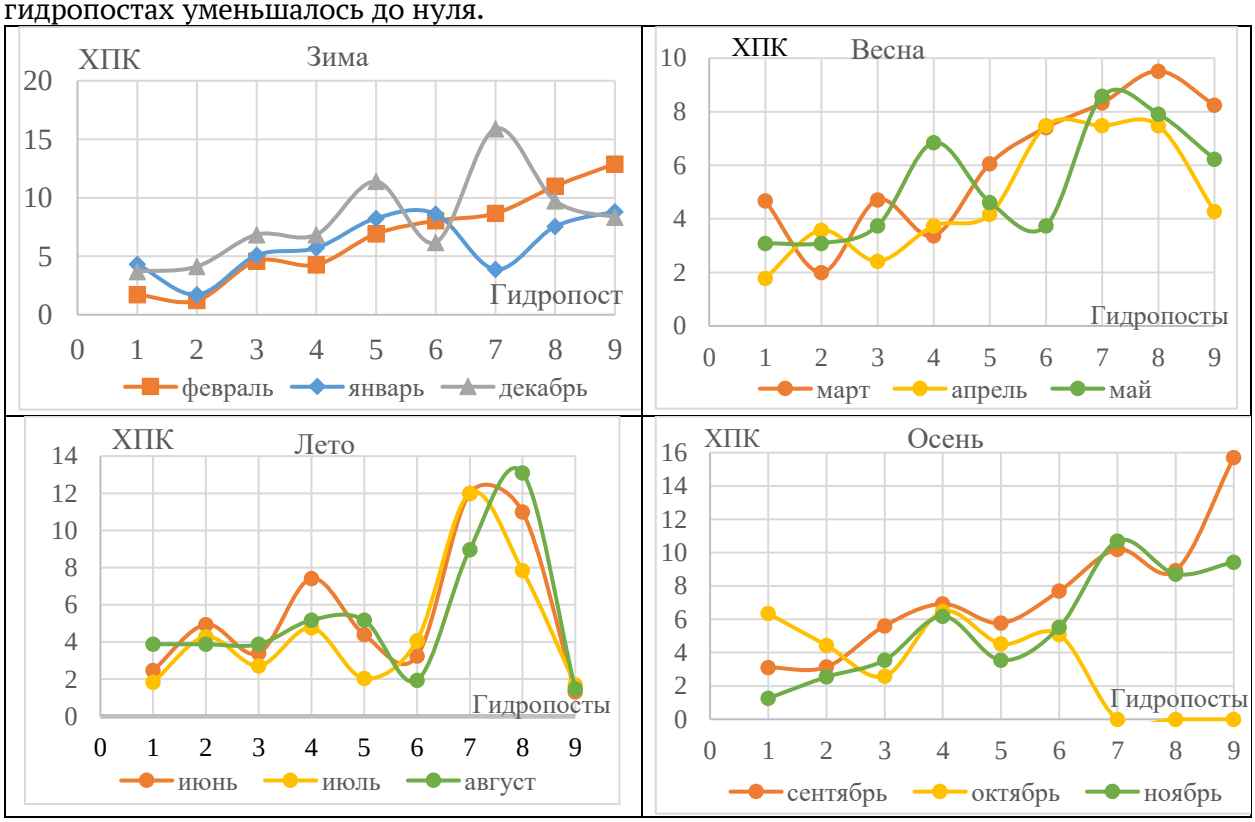


Рис.1. Графики изменений ХПК (мг/л) по сезонам года по длине реки Чирчик (2019 год)

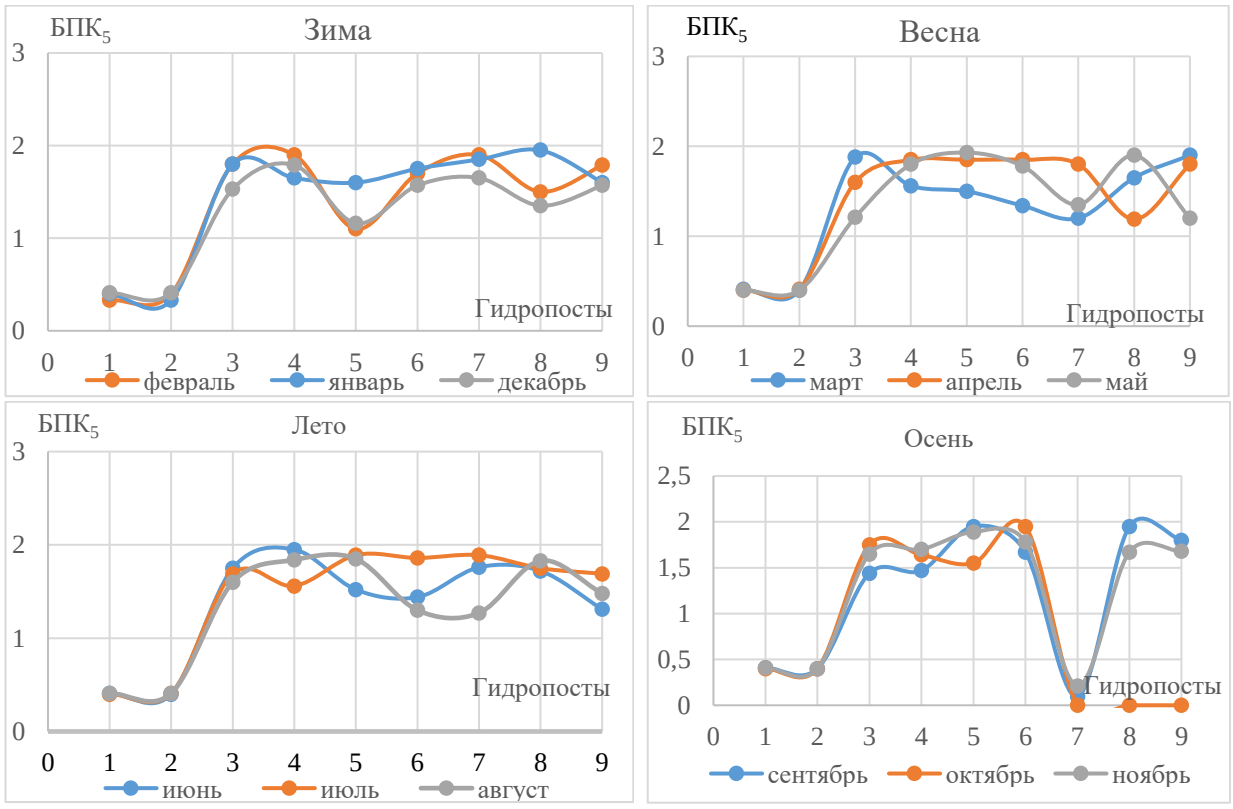


Рис.2. Графики изменений $БПК_5$ (мг/л) по сезонам года по длине реки Чирчик

Как видно из графика (рис.2), значения $БПК_5$ на верхнем створе близки к нулю, а вниз по течению реки претерпевают значительные колебания, увеличиваясь в мае 1986 года до 11 мг/л на гидропосту вблизи поселка Новомихайловка. Таким образом интервал изменений $БПК_5$ составляет от 0 до 11 мг/л. При этом в 1986 году максимум $БПК_5$ достигал 11 мг/л а в 2019 году во все сезоны года не превышал 2 мг/л.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Значения бихроматной окисляемости (ХПК) изменяются по длине реки по гидропостам, увеличиваясь после сбросов сточных вод крупных предприятий и уменьшаясь в процессе самоочищения. В 1986 году максимум наблюдался в декабре ХПК выше 20 мг/л на 4-ом гидропосту сброс “Электрохимпрома” и 6-после сбросов УзКТЖМ. В 2019 году идет постепенное увеличение ХПК в декабре до 7 гидропоста –ниже Сергелийских сбросов, его максимальное значение было около 16,0 мг/л, а осенью в нижних гидропостах уменьшалось почти до нуля. Весной максимум ХПК наблюдался в марте на 8 гидропосту выше Новомихайловки и составил 10 мг/л. В летние и осенние месяцы ХПК не превышало 16 мг/л, а на последнем 9 гидропосту значение ХПК упало до 2 мг/л.

2.Сравнительный анализ данных ХПК, наблюденных за 1986 и за 2019 годы показал, что значения ХПК за последний год значительно уменьшился. Зимой максимальное значение в 1986 году было 22 мг/л, а в 2019 году максимум достигал 15 мг/л, весной соответственно 19 мг/л и 9 мг/л, летом максимум в июне достигал 18 мг/л и 13 мг/л, а осенью в сентябре соответственно 18 мг/л и 16 мг/л. Однако, если учесть, что по берегам реки Чирчик и её притоков построено большое количество дачных сооружений, которые не обеспечены центральной канализационной системой, то как объяснить почему показатели ХПК и БПК5 реки Чирчик уменьшились.

3. Значения $БПК_5$ на верхнем створе близки к нулю, а вниз по течению реки претерпевают значительные колебания, увеличиваясь в мае 1986 года до 11 мг/л на гидропосту вблизи поселка Новомихайловка. Таким образом интервал изменений $БПК_5$ составляет от 0 до 11 мг/л. При этом в 1986 году максимум $БПК_5$ достигал 11 мг/л а в 2019 году во все сезоны года не превышал 2 мг/л.

В целом, воды реки Чирчик по окисляемости проходят все градации от очень малой до высокой степени окисляемости, что свидетельствует о большой самоочищающей способности речных вод, а небольшие значения биохимического потребления кислорода свидетельствуют о небольшом количестве гидробионтов в русле реки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. Учебное пособие. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 442 с.
2. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И. и др. Охрана окружающей среды: Учебник. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 422 с.
3. Владимиров А.М. Орлов В.Г. Охрана и мониторинг поверхностных вод суши. Учебник. - СПб.: РГГМУ, 2009. - 220 с.
4. «Водный Кодекс Республики Узбекистан». От 30.07. 2025 год
5. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши за 1990-2021 гг. Узгидромет. - Ташкент. Гидрохимические бюллетени.
6. Никаноров А.М. Гидрохимия. Учебное пособие. -Л.:Гидрометеоиздат, 1989.– 347 с.
7. Рубинова Ф.Э., Иванов Ю.Н. Качество воды рек бассейна Аральского моря и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности. – Ташкент: НИГМИ Узгидромет, 2005. -185 с.
8. Рубинова Ф.Э. Изменение стока р. Сырдарьи под влиянием водохозяйственного строительства в ее бассейне // Труды САРНИГМИ. - Вып. 58 (139), 1979. - 136 с.

MUNDARIJA

1-SHO'BA. BIOLOGIK XILMA-XILLIKNI SAQLASHDA INNOVATSION ILMIY-AMALIY YONDASHUVLAR

YO'LDASHEV SH.B., ZOKIROV I.I. Markaziy Farg'ona tabiiy cho'l senozlarida GeoAI va GIS texnologiyalar asosida noyob va endemik sudralib yuruvchilarni (reptilia) saqlashning innovatsion modelini ishlab chiqish 4

XUSANOV A.K., ABDULAZIZOV A.A., MAMATOV X.M. Farg'ona vodiysi sharoitida dipteralarning ekologik moslashuv mexanizmlari va biologik xilma-xillikni saqlashdagi ro'li 10

JABBAROV Z., MAHAMMADIYEV S., NOMOZOV U., IMOMOV O., ABDULLAYEV SH. Iqlim o'zgarishi jarayonida orol dengizining g'arbiy qismida o'simliklar qoplamalari va tuproq-guruntlarini shakillanishi 14

DONIYOROVA X.S., SAMIYEV L.N., TURDIYEV R.Y. Surxon davlat qo'riqxonasining ekotizim xizmatlari: 2024-yil "Tabiat solnomasi" ma'lumotlari asosidagi biofizik baholash 24

UDALOVA M.G'., XUDOYOROVA M.M., ESHBEKOVA G.G'. Samarqand viloyatining turli hudud tuproqlaridan *Agrobacterium tumefaciens* bakteriyasini ajratib olish 32

АЙМУРАТОВ Р.П., БУРИЕВ С.С., ТУЛАЕВ Ж.А. Флористический и фаунистический состав севера восточного части осушенного дна Аральского моря (Акпеткинский массив) 36

AKBAROV A.A. Oziq – ovqat xavfsizligini ta'minlashning paradigmasi 44

КУРАМБАЕВА М., ТУЛАЕВ Ж. Деградация биоразнообразия и экологическая безопасность Центральной Азии в условиях климатических изменений 49

KAPIZOVA D.R., TEMIROVA SH.I., JUMAYEVA A.N., ZOKIROV I.I. Sharqiy Farg'ona mevali bog'larida koksid–entomofag tizimi asosida ekotizim barqarorligini ta'minlash imkoniyatlari 58

URINBOEV I.Y. A species of medicinal ferula (kovrak) type puccinia, common in the western Tien Shan region 63

IZZATULLAYEV Z., SUYAROV S.A., BELYALOVA L.E., SOLIJONOV X.X. Zarafshon daryosi mollyuskalari bioxilma-xilligiga og'ir metallar, radioaktiv elementlar ta'siri va ularning bioindikatorligi 67

РАЗИКОВА М.Ф., ХЎЖАМШУКУРОВ Н.А. Изучение потенциала энтомопатогенного гриба как биологического агента для контроля численности вредителей сельскохозяйственных культур 75

NORQO'ZIYEVA O.SH. Catharanthus roseus plant-derived endophytes: study of their biological diversity and identification of bioactive secondary metabolites 79

SAMANDAROVA O.D. Toshkent viloyatida tarqalgan crocothemis servilia (drury, 1773) ninachisi (insecta: odonata) bioekologik xususiyatlari 84

QURBON N.A., AMINOV X.X., RUZIYEVA I.D., URINOVA A.A. Ohangaron daryosida tarqalgan mikroplastik zarrachalarning gidrobiont organizmlarga ta'siri 89

G'ULOMOV R.K., XOSHIMOV X.R., TOG'AYEV I.U., SHERALIYEV A. Bioxilma-xilligi xavf ostidagi hudud sifatida Farg'ona vodiysida tarqalgan ayrim kamyob turlar tahlili 94

МАМБЕТУЛЛАЕВА С.М., УТЕМУРАТОВА Г.Н., АБДИНАСЫРОВА Н.А., БАЙНИЯЗОВА Г.С. Биоразнообразие фауны мелких млекопитающих в условиях трансформации природной среды Приаралья 99

MADAMINOVA Z.B. *Ginkgo biloba* L. o'simligining Farg'ona viloyati bo'yicha tarqalishi va bioekologik xususiyatlari 105

ZOKIROV I.I., ZOKIROVA G.M., TEMIROVA SH.I. Lyaxnina (homoptera: lachninae) shiralarida "tri-trofik" tizim koevolyutsiyasi 110

MADRIMOV R.M., PAYZIEVA M.U., KURAMBAEVA M.B. Nature-Based Solutions: Global Origins and Application for Sustainable Management of the Akhangaran River Basin, Uzbekistan 115

ALLABERGENOVA D.K., ANVARBEKOVA SH.A., ANVARBEKOVA A.A. Phytoplankton of fish pond 123

ТОШМУХАМЕДОВА М.Б., АЛИКАРИЕВА Д.М. Биоэкологические и биоморфологические особенности подмаренника цепкого (*Galium aparine* L.) и его значение для сохранения биоразнообразия 130

TURDALIEVA P.K., IGAMBERDIEVA O.O., MAHAMMADJONOVA N.A., SAYDAXMEDOVA S.X., JURABOEVA F.E., TOJIDDINOVA X.J., ISMOILJONOVA M.I., RUSTAMOVA SH.E. Farg'ona vodiysida o'stiriladigan *Taraxacum officinale* Wigg. S.L. bioelementlari va flavonoidlari 136

СУЯРОВА Р.А., КОНДРАШЕВА К.В., ХУДАЙБЕРГЕНОВА М.Д., БИЧЕРЕВА С.П. Антифунгальная активность эндофитов из растений Узбекистана 141

ABDUXOLIQOV F.B., ESHMUROTOVA M.B., NORQULOV M.M. Mirzacho'l sharoitida ekma zafaron (*Crocus sativus* L.) o'simligining introduksiyasi va dorivorlik xususiyatlari 145

SOFIA N. Innovative scientific and practical approaches to biodiversity conservation in Uzbekistan: Digital ecology and nature-based solutions for sustainable development 152
UBAYDULLAYEV E.A., AMANOV B.X. *Phaseolus aureus* o‘simligining biomorfologik xususiyatlari va yetishtirish texnologiyasi 165
ТИЛАВОВ Т., ТИЛАВОВА Н. Реакция к температуре окружающей среды на поведение чёрного кравчика – lethrus rosmarus ball. (Coleoptera, Scarabaeidae) в условиях Кашкадарьинской области из Узбекистана 171
SOBIROV U. Respublikamizda ekiladigan daraxt va buta ko‘chatlarining standartini belgilovchi ayrim me’yorlar 177
ТЛЕГЕНОВ М.Т. Динамика численности полуденных песчанок в низовьях дельты амударьи 2021-2024 гг 187
HAMIDULLAYEV F.L., XALILOVA U.A. Navoiy kon-metallurgiya kombinanti sanoat zonasi atrofidagi tuproqlarda collembola xilma-xilligining biologik ko‘rsatkich sifatida baholanishi 192
МИТРОПОЛЬСКИЙ М.Г., МАРДОНОВА Л.Б., АБДУРАУПОВ Т.В., МАРДОНОВ Б.К. Уникальность биоразнообразия озера денгизкуль – как критерии для создания природного национального парка 198
НУРМАТОВА В.Б. Морфология пастушьих охранных собак и их роль в отгонном животноводстве 205

2-SHO‘BA. IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA SUV RESURSLARINI INTEGRALLASHGAN BOSHQARISH

URAZKELDIYEV A.B., ERKINOV A.J. Experience of using a local microbiological preparation to increase the efficiency of the resource-saving technology of drip irrigation of growth on light gray medium salinated soils 212
МУРАДОВ Ш.О. Современные экологические и водохозяйственные проблемы Узбекистана и пути их решения в период изменения климата 217
URAZKELDIYEV A.B., ERKINOV A.J. Iqlim o‘zgarishi sharoitida suv resurslarini oqilona boshqarishda tomchilatib sug‘orishning afzalliklari 226
МУХАММАДИЕВ Ж.М., ЭРКАБАЕВ Ф.И., МУХАММАДИЕВА Д.А. Ўзбекистонда ёғинларнинг ўртача миқдори ва улардан самарали фойдаланиш усуллари 233
РАББИМКУЛОВА Ш.Б., ЭРКАБАЕВ Ф.И., АБДУРАХМАНОВ Д.Д. Поливинилацетатнинг атроф-муҳитга ва сув ресурсларига таъсирини баҳолаш 238
BEKMAMADOVA G.A. Assessment of the climate resilience of reservoirs in Uzbekistan under conditions of climate change 243
G‘AYBULLOYEV O., BURIYEV S.S. Aydar-arnasoy ko‘llar tizimi suv resurslari sifat ko‘rsatkichlaring o‘zgarishi .. 247
KALABAYEV S.B. Sariqamish ko‘lining suv sathi rejimi 251
ISABOYEVA M.B. Iqlim o’zgarishi sharoitida Surxon-Sherobod havzasi suv resurslaridan kompleks foydalanishni takomillashtirish 258
QODIROV O.SH., SHODMONOVA S.G’. To’qimachilik sanoati oqava suvlarini tozalashda ishlatilinadigan polikationit- kuchli kislotali sulfokationitlarning olinish jarayoni va ularning oqava suvlarni tozalashda qo’llanilishi .. 265
GAPPOROV KH.L., KULMATOV R.A. Assessment of changes in the quantity and quality indicators of water resources in the Amu Darya and Syr Darya river basins under climate change conditions 270
КУРБАНБАЕВ С.Е., КАРИМОВА О.Ю., МАДИЯРОВ И.К., УББИНИЯЗОВА М.Б. Разработка способов и режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе современных водосберегающих технологий ... 288
MURADOV SH.O., TO‘RAYEV U.M., MENGLIQULOVA M.E., INOYATOV I.SH., АНАРБЕКОВ О.Б. Integratsiyalashgan boshqaruv maqsadlarida suv resurslarini matematik statistika usulida baholash 296
SAMIEV L.N., AKROMOV J.I., JALILOVA KH.A. Comprehensive assessment of the ecological impact of groundwater level management in fergana region and a sustainable land-water system model 305
XO‘JAMOVA I.M., TOSHTURDIYEV N.N. Chirchiq daryosi suvining sifat ko‘rsatkichlari asosida ekologik holatini baholash 313
MURADOV SH.O., ASHIROVA O.A., BOBOEV H.O. “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida ekilgan ko‘chatlarning suv bilan ta'minlanganligi tahlili 319
КУДРАТОВ Т.К., ЯКУБОВ М.А., МИРХАСИЛОВА З.К. Расчет норм промывных поливов для регулирования солевого режима почв с учетом водности года 325
SALIHANOVA D.S., UBAYDULLAYEVA N.N., USMONOVA S.I., XAKIMOVA M.A. Faollashtirilgan bodom va yong‘oq uglerodli adsorbentlarda model va oqava suvlarda metallarning sorbsiyasi 329
PATTAXOV N.A., ERKABAEV F.I., TURDALIYEV J.M. Jizzax viloyati sug‘oriladigan tuproqlarini geoekologik baholash, monitoring o‘tkazish va gat texnologiyalari yordamida raqamli xaritalarini ishlab chiqish 333
GAPPOROV X.L., QULMATOV R.A. Iqlim o‘zgarishlari sharoitida amudaryo havzasi kollektor-zovur suvlari miqdor va sifatini baholash (O‘zbekiston hududi) 338

МУХАМЕДОВ К.Г., ТУРАБДЖАНОВ С.М., НАСИРОВА Н.К., МУХАМЕДОВ Ж.К.
Очистка сточных вод кожевенного производства методом флотации 344
MURADOV SH.O., RAJABOVA D.A., TURDIYEVA F.A., TURAEVA B.B., ANARBEKOV O.B.
Iqlim o‘zgarishi sharoitida o‘zbekistonning dolzarb ekologik va suv xo‘jaligi muammolari hamda
ularni bartaraf etish strategik yo‘nalishlari 351
ХИКМАТОВ Ф.Х., ХАЙДАРОВ С.А., ХИКМАТОВ Б.Ф., ЗИЯЕВ Р.Р., ЭРЛАПАСОВ Н.Б.,
ШИРИНБОЕВ Д.Н., ГАНИЕВ Ш.Р. Гидрологический режим и водные ресурсы рек бассейна Зеравшана
в условиях изменения климата 363
КУЧКАРОВА Д.Х., ФЕДОРОВ С.В., БЕКМАМАДОВА Г.А., САТТОРОВА Ш.Э.
Модели управления водным стоком речного бассейна 370
ҲИКМАТОВ Б.Ф., УМАРОВ А.З. Иқлим ўзгариши ва унинг амударё ҳавзаси дарёлари максимал
сув сарфларининг шаклланишига таъсири 384
Ф.ҲИКМАТОВ, Л.Ғ.АЛИМАРДОНОВ. Иқлим ўгариши шароитида зарафшон ҳавзаси музликларининг
гляциогидрологик кўрсаткичларини аниқлаш масалалари 389
АДЕНБАЕВ Б.Е., УМАРОВ А.З. ХАЙДАРОВА О.А. Қуйи амударёга оқиб келадиган сув миқдорининг
антропоген омиллар таъсирида ўзгаришини баҳолаш 392
ХАКИМОВА З.Ф., САИДОВА Д.А., ИСАКОВА А.Я. Иқлим ўзгаришининг чирчиқ-оҳангарон ҳавзаси
дарёлари оқимининг йилларараро тебранишига таъсири 397
XOLTOJIYEVA O.T. Muzliklar degradatsiyasining piskom daryosi muallaq oqiziqlari oqimiga ta’siri 401
ПИРИМОВА С.К. Арид ҳудудлардаги сув омборлари юзасидан буғланиш қатламини баҳолаш масалалари
(Тўдакўл сув омбори мисолида) 405
ЮНУСОВ Ғ.Х., ХЎЖАМОВА М.Т., АЙТБАЕВА Н.Б., СУЮНОВ Ж.Я.
Тоғ дарёлари гидрологик режимининг иқлим илиши шароитидаги ўзгариши (Қашқадарё ҳавзаси мисолида) ... 410
AXATOV A., BOBOYEV H.O., BAYBAEVA N.S., KAMILOV SH.E.
Bo‘z tuproqlarning gumusi va organik – mineral karbonning vertikal taqsimlanish xususiyatlari 415
АБДУРАХИМОВ Б.Х. Оценка вклада зимних и весенних осадков в формирование стока реки Зеравшан 423
CHANGXIN L., NAZAROV KH. Intelligent dispatch of agricultural irrigation water resources:
a case study of Uzbekistan in the context of climate change 428
ALIMDJANOVA D.N. Problems of ecology and water hygiene in the Samarkand region 434
TOSHBEKOV N.A., NE’MATOV K.N., NE’MATOV A.B., HASANOV A.A.
Suv resurslaridan iqlim o‘zgarishi sharoitida samarali foydalanish muammolari (Buxoro viloyati misolida) 437
KATSENOVICH Y., NAZIR Z., JOSHUA O.O., MARIA M.M., BERRIN T., NATALIA S.Q.
Leaching behavior of per- and polyfluoroalkyl substances (pfas) in biosolids during thickening, anaerobic digestion,
and dewatering processes. 443
ISKANDAROVA N.U., JALOLIDDINOV SH.I. Climate change and the new era of diseases 444
YING HU. Research landscape and evolutionary trends of climate change-Aral sea interactions:
a comprehensive bibliometric analysis 450
KURBATOVA A.I., KNYAZEVA E.A. Water resources management for climate-resilient urban development
in the South of European Russia 467
ЮЛДАШЕВ Ф.Т., АБДУНАБИЕВА Х.Ф. Стимулятор роста растений для водной среды (YFT-1):
свойства, технология получения и экологическая значимость 472
ЧЕМБАРИСОВ Э.И., БАЛЛИЕВ А.И., РЕЙМОВА Г.Б. К необходимости внедрения принципов
интегрированного управления водными ресурсами в республике каракалпакстан с учетом положений
устойчивого развития 476

3-SHO‘BA. ATMOSFERA HAVOSINI MUHOFAZA QILISHNING DOLZARB MUAMMOLARI VA AMALIY YECHIMLARI

RUSTAMOV G‘.S., SAMIYEV L.N., ALIMOV Z.B. Orolbo‘yi mintaqasidagi meteorologik ma’lumotlarni
statistik tahlil qilish orqali hududiy iqlim o‘zgarishini ekologik indikatorlar integratsiyasi yordamida baholash 491
ARUSHANOV M.L., UMEROV KH.U. Long–term temperature forecasting based on multiresolution analysis
(MRA) and neural network modeling 499
IBRAGIMOVA N.E., ALIMOV Z.B. Turli o‘lchamdagi siklonlar yordamida yig‘ilgan PM2.5 namunalari
tarkibidagi ikkilamchi aerosollarni suvda eruvchan ionlar orqali taqqoslash 511
ABDURAXMONOVA M.O. Atmosfera havosini sog‘lomlashtirishda yashil texnologiyalarning transfarmatsion yo‘li ..516

BOZOROV A.A., JALOLOV N.N. Atmospheric pollution and the spread of infectious diseases 523
CHORIQULOVA F.E., JALOLOV N.N. The impact of air pollution on fetal development during pregnancy 529
MAXAMATOV U.SH., G‘ANIYEVA D.D. Aholining ekologik xavfsizligini oshirishda sanitariya-profilaktika choralarining o‘rni 535
MADRIMOV R.M. Xorazm viloyatida ko‘p yillik harorat, yog‘ingarchilikning iqlim o‘zgarishi va atrof-muhitga ta’siri 540
KULDASHOVA SH.A., MAXAMMADIYEV A.SH. Iqlim o‘zgarishi oqibatida chang bo‘ronlarining ortishi va monitoringi 545
RAXMONALIYEVA D.R., ALIMOV Z.B. Atmosfera havosidagi mayda dispers zarrachalarining fasllar bo‘yicha o‘zgarishi 552
ТЛЕУМУРАТОВА Б.С., НАРЫМБЕТОВ Б.Ж., СУЛТАШОВ Р.
Исследование механизмов возникновения и развития пылевых бурь в южном Приаралье 560
KELDIYAROVA G.F., BELYALOVA L.E. Qurilish materiallari ishlab chiqarish korxonalarining inson salomatligiga ta’sirini baholash 567
АМИРЗОДА О.Х., НАБИЗОДА З.А., ШАРИФЗОДА Ш.К. Исследование сренемноголетнего изменения атмосферных осадков методом математической статистики для условий города Душанбе 573
KUZIYEV F.N., XALMURATOV B.X., ALIMOV Z.B. Toshkent shahrida atmosfera havosi sifatining o‘zgarishida inversiya hodisasining ta’siri 579
XAMRAYEVA K.B., RUSTAMOV G‘.S. Toshkent shahrida PM 2.5 zarrachalarini kamaytirishda yashil urbanizatsiya yechimlarining samaradorligi 583
АМИРЗОДА О.Х., ХАКДОДОВ А.М., ХАКДОД М.М. Оценка качества атмосферного воздуха в Республике Таджикистан и совершенствование системы мониторинга 589
ORIPOVA SH.K., NE’MATOV Q.Q. Gaz va gazkondensat konlari quduqlarida yo‘qotilayotgan tabiiy gazning atmosferaga salbiy ta’siri 596
JALOLOV N.N., KHUDAYAROVA SH.E. The impact of ambient air pollution on the prevalence of allergic rhinitis in children 608
КОДИРОВ А.С., РАХИМОВ Ф.Н. Оценка природных условий и климатического состояния города Душанбе . 614
ТУЛЯГАНОВ Б.И.
Элементы климата земли и их влияние на аномальное потепление 624
БЕГИМКУЛОВА М.У., МУРАДОВ Ш.О. Энергетическая трансформация и снижение углеродного следа как основа охраны атмосферного воздуха 630
SALOMOVA F.I. Monitoring air pollution in Uzbekistan 635
TOSHTURDIYEV N.N., TOSHTEMIROVA M.B., ABDALIMOV SH.A., JABBOROVA M.O., ISAKOVA A.Y.
Navoiy shahrida atmosfera ifloslanishi va asosiy meteorologik omillar o‘zgaruvchanligi (2012–2024) 639
КВИТКОВА Е.М. Электромобильность, стандартизация и охрана городского воздуха в Узбекистане 645
КОДИРОВ С.М., КОСИМОВА Х.А., РАХМОНАЛИЕВА Д.Р., МАМАДИЁРОВА Н.С.
К вопросу глобального изменения климата: меридиональный анализ среднемноголетних температур воздуха . 652
LATIPOV N.F. Assessment of urban air quality and industrial emission impacts in the Navoi region: spatial analysis of atmospheric pollutants (2017-2023) 661

4-SHO‘BA. CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH VA UTILIZASIYA QILISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI

SIDIKOV S., YUNUSOVA S.O. O‘simlik qoldiqlari va chiqindilardan qishloq xo‘jaligida o‘g‘it sifatida foydalanish texnologiyasi 669
NURMAXAMADOV A. Chiqindilarni qayta ishlash va utilizasiya qilishning innovatsion texnologiyalari 674
ISMOILOV M.Y., QURBONALIYEV K.A. Qoraqalpog‘iston polimer zavodi chiqindilaridan termokimyoviy konversiya orqali yoqilg‘i olish va CO2 emissiyasini kamaytirish 678
RUZIYEVA I.D., SOBIROV M.S. Andijon viloyatida qattiq maishiy chiqindilarning to‘planish me’yorlarini aniqlash bo‘yicha ilmiy-amaliy tadqiqotlar 682
MUTALIBOV I.Q., HABIBUBULLAYEV I.I., HAKIMJONOV J., MO‘MINJONOV A.
Modifikatsiyalangan plastik va rezina chiqindilaridan qoplama qurish texnologiyasi 688
RUZIYEVA I.D., BURIYEV S.S. Qattiq maishiy chiqindi to'plash me’yorlari, ularning tarkibi va xususiyatlari 692
SADINOV A.Z. Chiqindilarni qayta ishlash jarayonlarini raqamli texnologiyalar asosida modellashtirish 700

ДАДАХОДЖАЕВ А.Т., КОРЖИКОВ Е.А., РАХМАТУЛЛАЕВ Ф.Н., СОБИТОВ О.С., БОБОМУРАДОВА М.К., РУЗИЕВА И.Д. Экологические проблемы ао узкимёсаноат связанные с твёрдыми отходами и их практические решения 706
КАДИРОВ С.У. Производство антислёживателя на основе отработанного технического масла ООО “Uzbekistan GTL” 711
KADIROV S.U., DADAKHODZHAEV A.T. Method for obtaining solutions of zinc chloride and sodium hydrosulfide from spent zinc oxide adsorbents 717
SHADIMETOV Y., AYRAPETOV D., ALMETOV N. Waste management issues in the context of climate change . 724
ВАСИЛЬЕВ А.С., ХУСАИНОВ Э.М., КАДИРОВ С.У. Очистные сооружения для переработки органических отходов в посёлках и городах: инновационная технология получения реликт-чернозёма 735
КАДИРОВ С.У., ИСРОИЛЖОНОВА Б.Х. ИК-Фурье спектрометрический анализ яичной скорлупы, образующейся в качестве отхода при производстве пищевых продуктов 742
ХАНКЕЛОВ Т.Қ. Новое техническое решение проблемы переработки твердых бытовых отходов (на примере г. Ташкент) 749
OLIMJONOV S.A., POLVONOV X.M. Soda zavodi chiqindisi bo‘lgan kalsiy xlorati va karbamid asosida ekologik xavfsiz suyuq defoliant olishning innovatsion texnologiyasi 756
МАКСУДОВА А.А., МУТАЛОВ Ш.А., АДЫЛОВА К.М., НИЯЗОВА М.М. Применение принципов зелёной химии для получения адсорбентов на основе отходов 761
SHAROFOVA D.X., IGITOV F.B., SOBIROVA S.B. Suvni og‘ir metall ionlaridan tozalash maqsadida qattiq chiqindilardan sorbent olish 766

5-SHO‘BA. “YASHIL” IQTISODIYOT VA BARQAROR RIVOJLANISH: MUAMMO VA YECHIMLAR

ASHUROV A.U. Ekologik xavfsizlik falsafasi: ekologik cheklovlar, iqtisodiy manfaatlar va barqaror farovonlik paradigmasi 773
DJURABAYEV A.A. Environmental challenges of the present and future: analysis, forecasts and solutions 780
MURODULLAYEV H.K. Iqlim o‘zgarish sharoitida energiya olishning muqobil usullaridan foydalanish (Jizzax viloyati misolida) 789
SAMANDAROVA Y.X., BOBOYEV H.O. Kuchbuloq koni tuproqlarining asosiy ko‘rsatlichlarini baholash 795
КУРПАЯНИДИ К.И. Стратегия устойчивого развития узбекистана через призму зеленой экономики и энергоэффективности 802
MADAMINOVA M.B. Yashil fiskal siyosatining “O‘zbekiston-2030” barqaror rivojlanish maqsadlariga ta’siri 806
USMONOVA M.M. Women's economic activity in the green economy: current challenges and systemic solutions 810
TO‘XTASINOV S.X., TOLIBOV A.D. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning yashil iqtisodiyotdagi roli va barqaror tarmoq boshqaruvi 815
MURODILLAEV S. Challenges and pathways to sustainable development of the regional economy within the framework of the green economy 819
СУЛЕЙМАНОВА Ш.А. Глобальные тенденции биоэкономики и её значение для экономического развития ... 827
QUDRATOVA L.T. Agrosanoat korxonalarining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish jarayonidagi o‘rni 832
KHOUALED A., ALMI H., SAADALLAH O. Global green finance: trends, mechanisms, and challenges towards sustainable development 838
ISCENCO A. Nature-based Solutions readiness assessment through the nature-based innovation systems framework: the case of climate resilience of Moldova 849
SHAMSIYEV F.E. Evaluating carbon tax integration in Uzbekistan’s sustainability strategy using a CGE modeling approach 862
MEDVEDEVA L.N., BONDARIK I.G. Cluster platform for the promotion of green technologies in the Volga-Don interrival region of southern Russia 873
DRABKOVA T.V., ABDUTALIPOVA N.M., ESHMUKHAMEDOV M.A., ISANOVA R.R. Technology for processing oil and gas chemical wastes for the synthesis of ampholytic sorbents within the framework of a green economy 884
ZOU T., PAN K. Green economy and green technology evolution: a biblilometric analysis of development trajectories and global practices..... 889
JUMAYEV SH. Suv resurslaridan oqilona foydalanishda soliq mexanizmlarini takomillashtirish 906

6-SHO‘BA. EKOLOGIK MADANIYAT, TA'LIM, MA'RIFAT VA TURIZM

EGAMBERGANOVA M.J. Xorazm vohasida an’anaviy ekologik bilimlar asosida ekoturizm modelini shakllantirish . 913
ABAZOV R. Reimagining professional identity and social mobility: social capital formation among young innovators in tech and sustainability startups 917
BOZOROVA N.SH., AZIZOVA F.T. Ekologiya fanlaridan mustaqil ta‘limda talabalarda ekologik madaniyatni shakllantirish yo‘llari 934
BAZAROVA N.SH., MARDONOVA N.A. Hisor davlat qo‘riqxonasi o‘simliklarini muhofaza qilishda ekoturizmni rivojlantirishning muhim jihatlari 940
МУСТАФАЕВА З.С., ИЛХОМОВА М.С. Экологическое воспитание и образование детей дошкольного возраста: инновационные подходы, технологии и формирование экологической культуры в доо 946
KARIMOVA Q.J. O‘zbekistonda ta’lim orqali ekologik madaniyatni shakllantirish: bilim va xulq-atvor o‘rtasidagi tafovut tahlili 950
BOYMIRZAYEVA R.X. Malaka oshirish jarayonida xalq ta’limi xodimlarining ekologik madaniyatini rivojlantirish metodlari 954
НИГМАТОВ А.Н. Понятие, содержание и сущность экологических требований 964
БАТИРОВ Х.Ф., ИСЛАМОВА Ш.З. Некоторые аспекты экологического образования и перспективы 973
JIE Z. Pathways for sustainable tourism development at the dunhuang mogao caves world heritage site 977
RUSTAMOV G‘.S., XAMROKULOVA SH.E. Tabiiy fanlarni o‘qitishda ekologik ta’limga oid kompetensiyalarni rivojlantirishning integrallashgan metodikalari 984
MIYASSAROVA N.N. Aholining ekologik xabardorligini oshirishda ommaviy axborot vositalarining o‘rni va ahamiyati 994
ХОДЖАЕВА М.М. Барқарор ривожланиш мақсадларига эришишда экологик маданиятнинг аҳамияти 996

7-SHO‘BA. EKOLOGIYADA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA MATEMATIK MODELLASHTIRISH

O’RINBOYEVA K.S., ABDULHAYEV O’.I. Aholi uchun ekologik xavfsiz texnologiyalar yaratishda zamonaviy fizikaning roli 1002
BAHODIROVA SH.B., RAJABOV T.F. Tabiiy yaylovlarning o‘simlik qoplamidagi turlar zichligini belt transect usuli yordamida baholash (qarnab, sepki misolida) 1007
BAXRIYEV M.B., RASHIDOV M.SH. GATdan foydalanib Shahrisabz tumani bo‘yicha tuproq eroziyasini prognozlash 1013
NURULLAEV M.M. Cryptographic protection of IoT device data and the use of blockchain technology in environmental monitoring systems 1019
AMINOV X.X., MADRIMOV R.M., XAMDULLAYEVA A.B. Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi suv yuzasi va ekologik holatini sun’iy yo‘ldosh tasvirlari orqali baholash 1026
MUXTOROVA H.A. Iqlim o’zgarishi sharoitida qishloq xo’jaligi yerlaridan foydalanish (Buxoro viloyati misolida) 1030
МАМБЕТУЛЛАЕВА С.М., ОТЕНОВА Ф.Т. Оценка засоленности почв в различных районах южного Приаралья 1038
SHARIPOV SH.M., SAMATOVA N.R. Natural and anthropogenic impact levels on the landscape degradation of the Tashkent region 1044
AMINOV X.X., XAKIMOVA N.M. Iqlim o‘zgarishi sharoitida toshkent shahrining yashil qoplamasi dinamikasini baholash va ekologik barqarorlikni ta’minlash yo‘llari 1052
AMINOV X.X., MADRIMOV R.M., XAMDULLAYEVA A.B. Aydar–arnasoy ko‘llar tizimining ekologik holati va ekotizimni saqlash texnologiyalarini joriy etish 1059
ТУЛЯГАНОВ Б.И., БИМУРЗАЕВ Г.А., ЖУРАЕВ М.Т. Разработка методики геоэкологической типизации территорий и выявление основных критериев, влияющих на их устойчивость 1064
MADRIMOV R.M., MIRZAYEV S.S. Qashqadaryo o‘zanidagi qum-shag‘allarining Sedimental Transport Index (STI) tahlili va yechimlari 1071
TURDALIYEVA S.R., JULIYEV M.K., XADJIEVA Z.B. Nature-based Solutions in waste management: concepts, practices and opportunities 1074
URAZIMBETOVA E.P., TLEUMURATOVA B.S. Mathematical modeling of atmospheric dust and assessment of its impact on the health of the population of Karakalpakstan 1081
BABAKHOLOV SH., ANARBEKOV O., KASSAM SH., XAMROYEV J., KHAITOV B., RASULOV A. The importance of weather-based irrigation advisory service: technical background and economic perspectives 1088

ЁДГОРОВА Д.Ш. Индикация загрязнения окружающей среды по качеству пыльцы плодовых деревьев 1097
ШАКАРОВА Д.Ш. Утилизация отходов шелководства и их применение 1102
XADJIEVA Z.B., JULIYEV M.K., TURDALIYEVA S.R. Nature-based solutions in landslide hazard assessment .. 1108
JALOLOV N.N., SOLIYEVA I.A., ABDUMANNONOV E.U. Ifloslangan havoning inson salomatligiga ta'siri 1118
XIDIRALIYEV K.E., YO'LCHIYEVA N.A. O'zbekistonda ekoturizmni rivojlantirishning bosqichlari va ularni amalga oshirish mexanizmi 1123
XOLOV A.F., IGITOV F.B. Avtomobil yuvishdan hosil bo'lgan qova suvlarning fizik, kimyoviy, biologik tarkibi va ularning atrof-muhitga ta'siri 1128
HOJIBOEV D.D., RAZYKOV Z.A., NAZAROVA M.E., MAMADOV I.A. MEnvironmental education and youth initiatives as a tool for biodiversity conservation: the experience of the eco-club of the MMIT and YGPE 1133
MUSAYEV M.N., ERGASHEV S.B. Development of a national methodology for the collection and classification of electronic waste in Uzbekistan 1143
TALIPOV KH.M., FAIZULLAEV U. Lessons learned from nursery establishment in Surkhandarya for yashil makon 1152
КАДИРОВ С.У., ЙУЛЧИЕВА М.Б. Эффективность зелёных насаждений в снижении загрязнения атмосферы 1161
КАДИРОВ С.У., ЙУЛЧИЕВА М.Б. Экологическая эффективность автоматизированной линии фосфатного покрытия 1167
XAYDAROV A.Y. Davlat moliyasini boshqarish tizimida 2030-yilgacha "yashil" budjetlashtirishni joriy etish 1173
НОВИЦКИЙ З.Б., АТАДЖАНОВА Г.Х. Испытание влагозадерживающих нановеществ на осушенном дне Аральского моря 1178
САТТОРОВ Ф.Қ., ЭРКАБАЕВ Ф.И., АМИНОВ Х.Х. Кальций нитрат асосидаги музламаларга қарши воситанинг ўсимликларнинг ўсиш жараёнларига биологик таъсири 1186
ЮСУПОВ А.С., ЮСУПОВ Ж.А. Комплексная переработка твёрдых бытовых отходов как фактор экологической и экономической устойчивости региона 1191
MUSAYEV M.N., ERGASHEV S.B. Development of a national methodology for the collection and classification of electronic waste in Uzbekistan 1197
СУЛТАНОВ А.Р., ГУЛОМОВ Ш.Т., ГАШЕНКО Г.А. О возможности модифицирования отработанных цеолитов типа а для применения в составе грунта для растений 1206
АРТЫКОВА Ф.Я., САГДЕЕВ Н.З., ИШНИЯЗОВА Ф.А. О гидроэкологической обстановке в бассейне реки Чирчик 1213

“EKOLOGIK MUAMMOLARNING TABIATGA ASOSLANGAN YECHIMLARI (NATURE-BASED SOLUTIONS TO ENVIRONMENTAL PROBLEMS)” MAVZUSIDAGI III XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN MAQOLALAR TO‘PLAMI

2025-YIL 19-20-DEKABR

Ko‘chirib bosilgan maqolalarga mazkur to‘plamdan olinganligi ko‘rsatilishi shart.
Ko‘chirmakashlik (plagiat) materiallar uchun muallif javobgar hisoblanadi.

Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institutida sahifalandi.

Bosmaxonaga topshirildi: 18.12.2025-yil.

Tahririyat manzili: Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o‘zgarishini o‘rganish universiteti (“Green University”) huzuridagi Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti,
100043, O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri, Chilonzor tumani, Bunyodkor shoh ko‘chasi, 7a-uy.

Veb sayt: ecoilm.uz **E-mail:** eco_nii@exat.uz **Telegram:** ecoilm **Facebook:** ecoilm

«ALIPRINT BEST» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Korxona manzili: 100123, Toshkent sh., Qatartol ko'chasi 16-uy.

Manzili: Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o‘zgarishini o‘rganish universiteti (“Green University”) huzuridagi Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti,
100043, O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri, Chilonzor tumani,
Bunyodkor shoh ko‘chasi, 7a-uy.

www.ecoilm.uz @ecoilm eco_nii@exat.uz