

ISSN 2010-703X

Ijtimoiy-iqtisodiy, ilmiy-amaliy jurnal



EKOLOGIYA

№2 [19],
2026

XABARNOMASI | SINCE 1995

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК УЗБЕКИСТАНА

ECOLOGICAL HERALD
OF UZBEKISTAN



**EIGHTH GEF ASSEMBLY
SAMARKAND 2026
UZBEKISTAN**



A.Zakirov

SAMARQAND EKOLOGIK
KUN TARTIBI ATROFIDA
DUNYONI BIRLASHTIRDI
5-SAHIFA

O'ZBEKISTON PREZIDENTI
MARKAZIY OSIYODA IQLIM
VA EKOLOGIYA MUAMMOLARINI
HAL QILISH BO'YICHA YANGI
TASHABBUSLARNI ILGARI SURDI
18-SAHIFA

O'ZBEKISTON AQSHDA
O'RMONLARNI TIKLASH
BO'YICHA TASHABBUSLARINI
TAQDIM ETDI
27-SAHIFA

TAHRIR HAY'ATI TARKIBI:

Abduxakimov Aziz Abdukaxarovich – O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo‘yicha maslahatchisi – Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi raisi, hay‘at raisi

Alimov Zikrillo Bobamuratovich – Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti, Atmosfera havosini muhofaza qilish laboratoriyasi mudiri, texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Aminov Xamza Xusanovich – Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktori o‘rinbosari, texnika fanlari falsafa doktori, professor

Buriyev Salimjan Samedjanovich – Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktorining ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha o‘rinbosari, qishloq xo‘jaligi fanlari nomzodi, katta ilmiy xodim

Ergashev Obid Gapparovich – Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti Ilmiy kotibi, texnika fanlari falsafa doktori

Erkabayev Furqat Ilyasovich – Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti, Suv resurslarini muhofaza qilish texnologiyalari laboratoriyasi mudiri, texnika fanlari doktori, professor

Fayziyev Shuxrat Xasanovich – Toshkent davlat yuridik universiteti professori, yuridik fanlari doktori

Kazbekov Jusipbek Sdikbekovich – O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya vaziri o‘rinbosari, texnika fanlari nomzodi

Kulmatov Rashid Anorovich – Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Ekologiya kafedrası professori, kimyo fanlari doktori

Mambetullayeva Svetlana Mirzamuratovna – Qoraqalpoq tabiiy fanlar ilmiy-tadqiqot instituti direktori, biologiya fanlari doktori, professor

Madrimov Rajabboy Masharipovich – Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti Ekotizim xizmatlari va normativ hujjatlarni ishlab chiqish bo‘limi boshlig‘i, biologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori

Muradov Shuxrat Odilovich – Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktori, texnika fanlari doktori, professor

Musayev Maruf Nabiyeovich – Toshkent davlat texnika universiteti “Hayot faoliyati xavfsizligi” kafedrası professori, texnika fanlari nomzodi

Novitskiy Zinovi Bogdanovich – O‘rmon xo‘jaligi ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriya mudiri, qishloq xo‘jaligi fanlari doktori

Nishonov Bahriddin Erkinovich – Gidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot instituti, Tabiiy muhit fizik-kimyoviy jarayonlari tadqiqoti bo‘limi mudiri, texnika fanlari nomzodi, katta ilmiy xodim

Pulatov Baxtiyor Alimovich – Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o‘zgarishini o‘rganish universiteti (Green University) rektori, texnika fanlari doktori, professor

Pulatov Xayrulla Lutpullayevich – Mehnat va ijtimoiy munosabatlar akademiyasi, “Umumkasbiy fanlar” kafedrası professori, kimyo fanlari doktori

Radkevich Mariya Viktorovna – "TIQXMMI" MTU Ekologiya va suv resurslarini boshqarish kafedrası professori, texnika fanlari doktori

Salohiddinov Abdulhakim Temirxo‘jayevich – "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti Xalqaro hamkorlik bo‘yicha prorektori, texnika fanlari doktori, professor

Turdikulova Shahlo Utkurovna – O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi vitse-prezidenti, biologiya fanlari doktori, professor

Turaboyev Akmal Sormuminovich – Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Ekologiya kafedrası professori, biologiya fanlari doktori

Xikmatov Fazliddin – Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti professori, geografiya fanlari doktori, professor

Yuldashev Farxod Talazovich – texnika fanlari falsafa doktori, katta ilmiy xodim

Yusupov Asliddin Soatovich – Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti professori, iqtisod fanlari doktori



Muassis:

O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va
iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi

Tahririyat kengashi raisi:

Abduxakimov Aziz Abdukaxarovich,

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya
masalalari bo'yicha maslahatchisi – Ekologiya va
iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi

Ilmiy muharrir:

Pulatov Baxtiyor Alimovich,

Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o'zgarishini
o'rganish universiteti (Green University) rektori,
texnika fanlari doktori, professor

Mas'ul muharrir:

Mamirov Suyundik Maxammatovich

Dizayner:

Mamajonov Ulug'bek Rustam o'g'li

Fotomuxbir:

Zakirov Anvar Nematovich

Jurnal har chorakda kamida
bir marta chop etiladi.

Jurnal 1995-yildan chiqa boshlagan.

Nashr O'zbekiston Respublikasi
Oliy attestatsiya komissiyasining
ilmiy jurnallar ro'yxatiga kiritilgan.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi huzuridagi Axborot va
ommaviy kommunikatsiyalar agentligi
tomonidan 2021-yil 8-oktabrda 0515-sonli
guvohnoma bilan qayta ro'yxatga olingan.

Jurnalga qabul qilingan ilmiy maqolalar
o'zlashtirilgan matnlarni aniqlaydigan
“Antiplag.uz” tizimida tekshirilgan.

Obuna indeksi: 910

Bosmaxonaga topshirildi: 30.06.2026-yil
Ofset bosma usulida bosildi.
Hajmi 14 bosma taboq. Bichimi 60x84 1/8.
Buyurtma № 45. Adadi 450 nusxa.

«STANDART POLIGRAF SERVICE»
MCHJ QK
bosmaxonasida chop etildi.

Korxona manzili: 100170, Toshkent sh.,
Sayram 7-tor ko'chasi, 52-uy.

MUNDARIJA

- 03** Global ekologik jamg'armaning sakkizinchi
assambleyasi ishtirokchilariga
- 05** Samarqand ekologik kun tartibi atrofida
dunyoni birlashtirdi
- 18** O'zbekiston Prezidenti Markaziy Osiyoda
iqlim va ekologiya muammolarini hal qilish
bo'yicha yangi tashabbuslarni ilgari surdi
- 20** O'zbekiston Prezidenti Orolni qutqarish xalqaro
jamg'armasiga raislikning ustuvor yo'nalishlarini
belgilab berdi
- 22** Ekologlar va faollarning atrof-muhitni
muhofaza qilishdagi hissasi e'tirof etildi
- 23** «Zero Waste Forum 2026» doirasida
hamkorlik mustahkamlanmoqda
- 24** O'zbekiston Bonnda iqlim majburiyatlarini
amalga oshirishdagi yutuqlarini
FMCP3 sessiyasida taqdim etdi
- 25** Ekologik ta'lim sohasidagi ilk
Digital-filial konsepsiyasi
- 26** Xitoyning cho'llanishga qarshi kurash
sohasidagi ilg'or tajribasi o'rganilmoqda
- 27** O'zbekiston AQSHda o'rmonlarni tiklash
bo'yicha tashabbuslarini taqdim etdi
- 28** Nukusda ekologik festival o'tkazildi
“Ona zamin” spektakli premyerasi
- 29** “ARTepa” galereyasida
noodatiy ko'rgazma

ILMIY MAQOLALAR

- 30** **Rakhmonaliyeva D.R., Alimov Z.B., Musirmonov J.J.**
Seasonal evaluation of a cyclone-based
PM_{2.5} sampling system under dry continental
conditions: a case study of Tashkent
- 37** **Sharipov Sh.M., Zaripov Sh.B., Ismatova N.R.**
Spatiotemporal analysis of co emissions
in Tashkent city in summer
- 43** **Rahmatullayeva M.A.**
Evaluating the effectiveness of climate change
adaptation strategies in Chad's high-risk regions
- 48** **Samiyev L.N., Sobirov U.A.**
Manzarali daraxtlarning ko'karuvchanligini
baholashda zamonaviy texnologiyalarni qo'llash
- 55** **Masharipov A.A.**
Bioxilma-xillikni saqlashda ekologik yondashuvlar
va yashil hududlar rivojlanishining o'rni

- 59 Adilov S.U., G'ulomov G'.K.**
"Markaziy qizilqum" milliy tabiat bog'ida uchraydigan Eminium (blume) Schott (araceae) turining bioekologik xususiyatlari
- 62 Karimov H.A., Kurambaeva M.B., Kuvatov A.K., Mubarak T.Sh.**
Формирование активного биофлока и зоны стратификации в рыбоводных прудах при интенсивном выращивании рыбы
- 65 Aminov Kh.Kh., Khamdullayeva A.B.**
Lake ecosystem degradation, water quality dynamics and restoration priorities: a scopusbased review for environmental assessment
- 72 Meliboyeva F.S.**
Iqlimiy omillar ta'sirida Qo'qon vohasi ekotizimlarining transformatsiyasi va ekologik holati tahlili
- 77 Aminov X.X.**
Qashqadaryo viloyatida sanoat obyektlari atrofida ekologik xavf hududlarini GAT asosida rayonlashtirish
- 80 Gapporov X.L., Kulmatov R.A.**
Sirdaryo havzasi kollektor-zovur tarmoqlari suv oqimi dinamikasi, statistik tahlili va prognozi (O'zbekiston hududi)
- 91 Мурадов Ш.О., Турдиева Ф.А.**
Районирование по интервалу критических глубин залегания грунтовых вод (на примере бассейна реки Кашкадарья)
- 98 Saydillayeva S.N., Kadirov B.Sh.**
Tog' muzliklari joylashgan hududlarda qishki yog'inlar miqdorini radiolokatsion kuzatuvlar asosida baholash
- 103 Чембарисов Э.И., Баллиев А.И., Реймова Г.Б.**
Многолетняя динамика некоторых характеристик мелиоративного состояния орошаемых земель Кегейлийского района Каракалпакстана
- 109 Кадиров С.У., Дадаходжаев А.Т.**
Разработка высокоактивного катализатора среднетемпературной конверсии (стк) на основе отработанного железохромового катализатора
- 114 Axmedova Z.R., Kadirova G.X., Yaxyaeva M.A., Xamraeva Z.T., Shonaxunov T.E., Ibragimov A.A.**
Alyuminiy kompozit qoplamali plastinkalarining fitopatogen zamburug'larga nisbatan antifungal ta'siri
- 119 Azimov F.Z.**
Biomorf arxitektura prinsiplarini O'zbekiston sharoitida qo'llashning ekologik samaradorligi

EKOOLAM

- 124** 1. Dunyodagi har beshinchi suv ombori cho'kindiga to'lib bormoqda
2. Okeanlar antropogen omillar bosimi ostida...
3. Hayvonlar uchun oldindan ogohlantirish tizimi
- 125** 4. Qushlar shamol turbinalarini chetlab o'tadi
5. Hindistonda yo'lbarzlarni asrash uchun «qizil yo'l» ochildi
- 126** 6. Yaponiya sakuradan mahrum bo'lishi mumkin
7. Xitoylik olimlar plastikni aviayonilg'iga aylantirish usulini kashf etishdi
8. Fransiya o'rmonni qutqarishga kirishdi
- 127** 9. Kapalaklar ommaviy ravishda ko'chmoqda
10. Pirotexnika vositalari atrof-muhitni ifloslantiradi
- 128** 11. Pushti flamingolar o'ziga xos rangini yo'qota boshladi
12. Laylaklar nega chiqindixonani tanlamoqda?



GLOBAL EKOLOGIK JAMG'ARMANING SAKKIZINCHI ASSAMBLEYASI ISHTIROKCHILARIGA

Hurmatli delegatsiyalar rahbarlari!
Hurmatli assambleya ishtirokchilari!
Xonimlar va janoblar!

Sizlarni asrlar davomida Sharq va G'arbni, turli madaniyat va sivilizatsiyalarni, ilm-fan va amaliy bilimlarni bog'lab kelgan qadimiy Samarqand shahrida samimiy qutlash biz uchun ulkan sharafdir.

Bugungi yig'ilish 5-iyun – Butunjahon atrof-muhit kuni arafasida o'tayotgani alohida ramziy ma'noga ega. Shu munosabat bilan anjuman ishtirokchilarini ushbu muhim sana bilan chin dildan tabriklayman.

Barchangiz yaxshi xabardorsiz, bugungi kunda insoniyat misli ko'rilmagan inqirozlar – iqlim o'zgarishi, biologik xilma-xillikning yo'qolib borishi, atrof-muhit ifloslanishi kabi tahdidlarga duch kelmoqda.

Bu kabi muammolarni hal etishda Global ekologik jamg'arma alohida o'rin egallab kelmoqda. 186 ta davlatni birlashtirgan ushbu noyob global hamkorlik platformasi hozirga qadar 170 milliard AQSh dollaridan ziyod mablag'ni ekologik loyihalar uchun safarbar etgani tahsinga sazovordir.

Ming afsuski, iqlim o'zgarishi oqibatida yuzaga kelgan cho'llanish, yer degradatsiyasi, muzliklarning erishi va suv tanqisligi Markaziy Osiyo uchun asosiy tahdid bo'lib qolmoqda. Jahon banki tahliliga ko'ra, mintaqamizda qariyb 37 million kishi suv tanqisligi kuchli bo'lgan hududlarda yashamoqda va 2050-yilga borib, bu ko'rsatkich 75 millionga yetishi mumkin.

Hurmatli anjuman ishtirokchilari!

Yangi O'zbekiston mavjud muammolar ko'lamiga qaramay, ekologik transformatsiyani yangi taraqqiyot modeli sifatida ko'rmoqda. Shu bois, biz tizimli loyiha boshqaruviga o'tib, atmosfera havosini muhofaza qilish, bioxilma-xillik, chiqindilarni boshqarish, ko'kalamzorlashtirish, ekologik ta'lim va madaniyatni qamrab olgan beshta milliy loyihani amalga oshirmoqdamiz.

Mazkur tashabbuslar doirasida 2030-yilga qadar muhofaza etiladigan tabiiy hududlar maydonini respublika hududining 21 foizigacha kengaytirish, havoga zararli tashlamalarni 10,5 foizga qisqartirish hamda har bir hududda dendrologiya va botanika bog'larini tashkil etish rejalashtirilgan.

Chiqindilardan energiya ishlab chiqarish bo'yicha joriy yilda 2 ta, kelgusi ikki yilda yana 9 ta zavodni ishga tushirish belgilangan, ular yiliga 5,5 million tonna chiqindini qayta ishlash orqali 1,1 million tonna issiqxona gazlari tashlamalarini qisqartirishga yordam beradi.

Mamlakatimizda ekologik ta'lim va ilm-fanning yagona ekotizimi shakllantirilib, "Green University" negizida 10 ta ilmiy-tadqiqot instituti va markaz hamda 14 ta "yashil" texnikum birlashtirildi, qariyb 2 million yoshning ekologik savodxonligini oshirish jarayoni boshlab yuborildi.

Biz o'tgan asrda yuz bergan Orol fojiasiga yangicha yondashib, uning oqibatlarini bartaraf etish, Orolbo'yi hududini tiklanish, ilm-fan va innovatsiyalar maydoniga aylantirish yo'lida 2 million gektardan ortiq unumdorligini yo'qotgan yerlarni qayta tiklamoqdamiz.

Mintaqaviy sa'y-harakatlarni birlashtirish va amaliy yechimlarni joriy etish maqsadida "Eco Expo Central Asia" platformasi yo'lga qo'yildi, u hududlar va sanoatdagi ekologik muammolarni hal etishga qaratilgan loyihalarga moliyaviy resurslar va "yashil" yechimlarni jalb etishga xizmat qiladi.

Fursatdan foydalanib, Sizlarni tashkil etilgan ko'rgazmaga taklif qilaman. Yashil loyihalarimiz manfaatli kelishuvlarga asos bo'ladi degan umiddaman.

Qadrli do'stlar!

Albatta, iqlim o'zgarishining tobora kuchayib borayotgan salbiy ta'siri bizdan tezkor amaliy qadamlarni talab qilmoqda. Assambleya doirasida bir qator tashabbuslarni ilgari surmoqchimiz va ularni hayotga tatbiq etishda Sizlarning qo'llab-quvvatlashingiz biz uchun muhim ahamiyatga ega.

Birinchidan. Samarqandni "Markaziy Osiyoning yashil investitsiyalar va innovatsiyalar poytaxti" deb e'lon qilishni taklif etamiz.

Biz Samarqandni mintaqaviy "yashil iqtisodiyot", barqaror rivojlanish va iqlim moliyasi markaziga aylantirishni, shaharni pilot "yashil hudud" sifatida rivojlantirishni hamda ushbu tajribani keyinchalik respublikaning boshqa shaharlariga ham tatbiq etishni maqsad qilganmiz.

Ikkinchidan. Bundan 600 yil muqaddam Mirzo Ulug'bek Samarqandni ilm-fan markaziga aylantirgan bo'lsa, bugungi kunda Kolumbiya universitetining Barqaror rivojlanish markazi hamkorligida Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o'zgarishini o'rganish universiteti qoshida Ulug'bek nomidagi Barqaror rivojlanish ilmiy-tadqiqot instituti tashkil etilmoqda.

Institut hududlar va iqtisodiyot tarmoqlarini yashil va barqaror rivojlanish asosida transformatsiya qilish, xalqaro ilmiy markazlar va moliya institutlarini jalb etish bo'yicha

yetakchi ilmiy-tahliliy platforma bo'ladi, uning strategik boshqaruvi esa Prezident huzuridagi Vasiylik kengashi orqali amalga oshiriladi.

Uchinchidan. Iqlim o'zgarishining salbiy oqibatlariga qarshi samarali yechimlar ishlab chiqish maqsadida Iqlim o'zgarishi va gidrometeorologiya milliy markazi tashkil etilmoqda.

Markaz gidrometeorologiya, erta ogohlantirish, glyatsiologiya, iqlim ta'sirini baholash va issiqxona gazlari monitoringini uyg'unlashtirib, iqlim prognozlarini, modellashirish, moslashuv va mitigatsiya dasturlari, mintaqaviy hamkorlik hamda WMO GAW va NASA AERONET dasturlarida ishtirok etish uchun institutsional zamin yaratadi.

To'rtinchidan. Yaqinda Qozog'iston Prezidenti bilan "Toza havo" davlatlararo konsorsiumini tashkil etish bo'yicha kelishuvga erishdik. Uning faoliyati "yashil" moliyani jalb etish, o'rmon-melioratsiya, ilmiy tadqiqotlar, sanoatni ekologik modernizatsiya qilish hamda monitoring va nazoratni kuchaytirishga qaratilgan. Mintaqaning barcha davlatlarini Konsorsium faoliyatiga qo'shilishga taklif etamiz.

Beshinchidan. Cho'llanishga qarshi kurash instituti negizida Orolbo'yida cho'llanish oqibatlarini yumshatish, "yashil" qalqonlar barpo etish va iqlim moslashuviga qaratilgan "cho'l iqtisodiyoti" tashabbusini ilgari surib, uni GEFning ustuvor yo'nalishlari bilan hamohang holda xalqaro moliyaviy hamda texnik ko'mak asosida amalga oshirishni taklif etamiz.

Oltinchidan. 2027-yilgi Toshkent investitsiya forumi "Barqaror rivojlanish va yashil investitsiyalar" mavzusida o'tkazilib, uning doirasida "Eco Expo Central Asia" xalqaro ko'rgazmasi tashkil etiladi.

Forumda har bir hudud yashil investitsiyalarni jalb qilish uchun kamida 100 ta istiqbolli loyihani tayyorlab, investorlarga taqdim etadi.

Yana bir muhim tashabbusimizni e'lon qilmoqchiman. O'zbekiston Global ekologik jamg'arma donor mamlakatlari qatoriga qo'shilishga tayyor. Biz Jamg'arma Kengashi a'zosi sifatida qo'shma mintaqaviy tashabbuslarni amaliy qo'llab-quvvatlash va hamkorlikni kengaytirishni maqsad qilganmiz.

Bugun o'z ishini boshlayotgan mazkur Assambleya ekologik hamkorlikning yangi mintaqaviy arxitekturasini shakllantirishda muhim maydonga aylanishiga qat'iy ishonaman.

Anjuman ishiga ulkan muvaffaqiyatlar, barchangizga yangi yutuqlar va omad, oilaviy baxt-saodat va farovonlik tilayman.

Shavkat MIRZIYOYEV,
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti.

SAMARQAND EKOLOGIK KUN TARTIBI ATROFIDA DUNYONI BIRLASHTIRDI

Samarqandda 30-may – 6-iyun kunlari yilning ekologiya sohasidagi eng muhim xalqaro tadbirlaridan biri Global ekologik jamg'armaning (GEF) VIII Assambleyasi va uning doirasida “Eco Expo Central Asia 2026” xalqaro ko'rgazmasi o'tkazildi.

Mazkur tadbirlarda 180 dan ortiq davlatdan vazirlar va soha mas'ullari, xalqaro tashkilotlar rahbarlari, biznes, ilmiy jamoatchilik, fuqarolik jamiyati vakillari qatnashdi. Assambleya doirasida yuqori darajadagi yalpi majlislar, vazirlar uchrashuvlari, mavzuli davra suhbatlari, fuqarolik jamiyati forumlari, loyihalar taqdimotlari tashkil etildi.

O'zbekiston mezbonlik qilgan ushbu xalqaro anjuman tafsilotlariga quyida batafsil o'xtalib o'tamiz.

GEF KENGASHINING 71-YIG'ILISHI: USTUVOR YO'NALISHLAR

Global ekologik jamg'armaning VIII Assambleyasi hamda “Eco Expo Central Asia 2026” xalqaro ko'rgazmasi arafasida o'tkazilgan GEF kengashining 71-yig'ilishida fondga a'zo 186 mamlakat vakillari, xalqaro tashkilotlar, moliyaviy institutlar, ekologik agentliklar, fuqarolik jamiyati va xususiy sektor vakillari ishtirok etdi.



Tadbinning ochilish marosimida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi, Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Global ekologik fond bosh direktori hamda strategiya va operatsiyalar bo'yicha direktori Klod Gaskon nutq so'zladi.

Aziz Abduhakimov GEF Assambleyasi va unga hamroh tadbirlarning Samarqandda o'tkazilishi O'zbekiston uchun katta sharaf ekanligini ta'kidladi.



“

– Asrlar davomida Samarqand turli qit'alardagi insonlar, madaniyatlar va g'oyalarni bog'lab kelgan, – dedi A. Abduhakimov.
– Bugun esa shahar umumiy ekologik muammolarni hal etish yo'lidagi global hamkorlik markazi sifatida barchamizni birlashtirmoqda.

Assambleyaning bu yilgi mavzusi — “2030-yil uchun so'nggi intilish” — ekologik inqiroz kuchayib borayotgan va atrof-muhitni muhofaza qilish bo'yicha xalqaro majburiyatlarni bajarish uchun vaqt tobora qisqarayotgan sharoitda, ayniqsa, dolzarb ekanini qayd etildi.

O'zbekiston GEF bilan uzoq yillik hamkorlikni yuksak qadrlashi ta'kidlandi. Hamkorlik yillari davomida jamg'arma mamlakatga biologik xilma-xillikni saqlash, jumladan, qor qoplonini muhofaza qilish, Orolbo'yi ekotizimlarini tiklash, iqlimga chidamlilikni oshirish, yer va chiqindilarni barqaror boshqarish tizimlarini takomillashtirishda ko'maklashdi.

Bugungi kunda O'zbekistondagi GEF loyihalari portfeli umumiy qiymati 56 million AQSH dollariga teng bo'lgan 13 ta loyihani o'z ichiga oladi. Bundan tashqari, qiymati 30 million dollardan ortiq bo'lgan 5 ta yangi loyiha portfeli ham shakllantirilgan.

Yig'ilishning birinchi kuni 2026 – 2030-yillarga mo'ljallangan GEF-9 moliyalashtirish siklining ustuvor yo'nalishlari, ekologik moliyalashtirish mexanizmlarini takomillashtirish, hamkorlikni kengaytirish hamda global ekologik maqsadlarga erishish uchun resurslarni samarali taqsimlash masalalariga bag'ishlandi.

Kun tartibidagi asosiy mavzulardan biri GEF trast jamg'armasini to'qqizinchi bor to'ldirish bo'yicha muzokaralar yakunlari bo'ldi. Fondning boshqaruv organlari investisiya strategiyasi, resurslarni taqsimlashning yangi yondashuvlari va moliyalashtirishning ustuvor yo'nalishlarini ko'rib chiqdi. Ta'kidlanishicha, GEF-9 mablag'larining dastlabki umumiy hajmi 3,9 milliard AQSH dollarini tashkil etadi. Shu bilan birga, donor mamlakatlar Jahon banki tomonidan yakuniy qaror tasdiqlanishiga qadar qo'shimcha badallar e'lon qilishi mumkin.

Muhokamalar davomida davlatlar vakillari eng kam rivojlangan mamlakatlar, kichik orol rivojlanayotgan davlatlar, shuningdek, mahalliy va tub aholi jamoalarini qo'llab-quvvatlashni kuchaytirish zarurligini ta'kidlashdi. Transchegaraviy ekologik

loyihalarni kengaytirish, aralash moliyalashtirish mexanizmlarini rivojlantirish hamda xususiy sektorni tabiatni muhofaza qilish tashabbuslariga kengroq jalb etish masalalariga alohida e'tibor qaratildi.

Shuningdek, 2026-yil iyun oyiga mo'ljallangan GEF ishchi rejasi ham ko'rib chiqildi. U 19 ta mamlakatda amalga oshiriladigan 16 ta loyihani o'z ichiga oladi. Ushbu loyihalarga 141,4 million AQSH dollari miqdorida mablag' ajratilishi va 828 million dollardan ortiq qo'shimcha hamkorlik mablag'lari jalb qilinishi kutilmoqda. Aralash moliyalashtirish mexanizmlarining muvaffaqiyatli qo'llanishiga misol sifatida O'zbekistonda amalga oshirilayotgan «Uzbekistan Risk Mitigation Facility» loyihasi alohida e'tirof etildi.

Kengash GEFning 2027-moliyaviy yil uchun korporativ byudjeti, fond hamkorlik tarmog'i faoliyati samaradorligini oshirish, ijrochi agentliklar sonini kengaytirish hamda GEF-9 doirasida STAR resurslarini taqsimlash tizimini takomillashtirish masalalarini muhokama qildi. Ekologik siyosatning ilmiy asoslarini mustahkamlash masalalariga ham katta e'tibor qaratildi. Yig'ilishda global haroratning oshishi, kuchli issiqlik to'liqlarining oqibatlari, dunyo okeanlari uchun xavf-xatarlar, plastik chiqindilar bilan ifloslanish va PFAS birikmalarining tarqalishi kabi zamonaviy ekologik muammolar yuzasidan tahliliy ma'lumotlar taqdim etildi. Shuningdek, ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish va ekologik siyosatni tizimli ravishda transformatsiya qilishning muhimligi ta'kidlandi.

HAMKORLIK MEMORANDUMI IMZOLANDI

31-may kuni Samarqandagi "Silk Road Samarkand" majmuasida O'zbekiston Respublikasi va Global ekologik fondning (GEF) VIII Assambleyasi bayroqlarini tantanali ko'tarish marosimi bo'lib o'tdi. Unda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi, Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Global ekologik fond bosh direktori hamda strategiya va operatsiyalar bo'yicha direktori Klod Gaskon ishtirok etdi.



Ushbu marosim dunyoning turli mamlakatlari, xalqaro tashkilotlar, moliyaviy institutlar vakillari va ekologiya sohasidagi ekspertlarni birlashtirgan eng yirik xalqaro ekologik tadbirlardan birining boshlanishi ramzi bo'ldi.

Rasmiy qismdan so'ng GEF Kotibiyati va O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi o'rtasida Hamkorlik memorandumini imzolandi. Ushbu hujjat ikki tomonlama hamkorlikni mustahkamlashga qaratilgan bo'lib, Ekologiya milliy qo'mitasi xodimlari uchun GEF Kotibiyatida amaliyot o'tash va kasbiy tajriba almashish imkoniyatlarini yaratishni nazarda tutadi.

Memorandum doirasida tomonlar iqlim o'zgarishi, bioxilma-xillikni saqlash, yerlarning degradatsiyasiga qarshi kurash, kimyoviy moddalar va chiqindilarni boshqarish sohalarida hamkorlikni rivojlantirish, shuningdek, xalqaro va milliy ekologik tuzilmalar o'rtasidagi institusional aloqalarni mustahkamlashga kelishib oldi.

Assambleya doirasida Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi huzuridagi O'rmonlar va yashil hududlarni ko'paytirish hamda cho'llanishga qarshi kurashish agentligi direktori Erkin Muhiddinov hamda Yaponiyaning Sanoat, ma'naviy va madaniy taraqqiyot tashkiloti (OISCA) ijrochi vise-prezidenti Nagaisi Yasuaki o'rtasida uchrashuv bo'lib o'tdi.

Uchrashuvda tomonlar hamkorlikni yanada mustahkamlashga qaratilgan o'zaro anglashuv memorandumini imzoladi. Hujjatga muvofiq, mamlakatimizda yangi o'rmonlar barpo etish va muhofaza qilish, shuningdek, o'rmonlardan barqaror foydalanishni ta'minlash bo'yicha qo'shma chora-tadbirlar izchil amalga oshiriladi. Yaponiyalik mutaxassislar bilan hamkorlikda respublikaning qurg'oqchil va degradatsiyaga uchragan hududlarida cho'llanishning oldini olish hamda atmosfera havosining tozaligini ta'minlash maqsadida "yashil qoplamalar" barpo etiladi.

Shu bilan birga, o'rmon xo'jaligi sohasida ilmiy tajriba almashinuvi yo'lga qo'yiladi. Seminarlar, treninglar, o'quv kurslari va forumlarni birgalikda tashkil etish rejalashtirilgan.

BIOXAVFSIZLIK TIZIMINI MUSTAHKAMLASHGA QARATILGAN LOYIHA

"O'zbekistonda bioxavfsizlik tashabbusining ishga tushirilishi: Kartaxena protokolini targ'ib qilish" mavzusidagi sayd-ivent Global ekologik fond tomonidan moliyalashtirilayotgan "Kartaxena bioxavfsizlik protokoliga muvofiq O'zbekistonda milliy bioxavfsizlik tizimini joriy etish" loyihasining rasmiy ishga tushirilishiga bag'ishlandi.

Tadbir O'zbekistonning xalqaro ekologik majburiyatlari, xususan, Kartaxena bioxavfsizlik protokoliga muvofiq milliy bioxavfsizlik tizimini mustahkamlashga qaratilgan loyiha maqsadlari va kutilayotgan natijalarini taqdim etish uchun yuqori darajadagi muloqot maydoniga aylandi.

Tadbir ishtirokchilariga O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Tabiatni muhofaza qilish xalqaro ittifoqi (IUCN) bosh direktori Gretel Agilar, Global ekologik fond (GEF) va BMTning Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) bo'linmasi rahbari Jeffri Griffin hamda Bioxilma-xillik to'g'risidagi konvensiya kotibiyati Amalga oshirishni qo'llab-quvvatlash guruhi direktori Asad Naqvi tabrik so'zlari bilan

murojaat qildi. IUCNning Sharqiy Yevropa va Markaziy Osiyo bo'yicha mintaqaviy direktori Oliver Avramoski esa moderator sifatida ishtirok etdi.

“

Aziz Abduhakimov o'z nutqida loyihaning ishga tushirilishi ekologik boshqaruv doirasidan ancha kengroq ahamiyatga ega ekanini va O'zbekistonning iqtisodiy rivojlanishi hamda savdo integratsiyasi bilan bevosita bog'liqligini ta'kidladi. Qayd etilishicha, mamlakatning Jahon savdo tashkilotiga a'zo bo'lish yo'lidagi harakatlari jarayonida qishloq xo'jaligi savdosi va sanitariya choralariiga oid xalqaro standartlarga mos, shaffof hamda ilmiy asoslangan bioxavfsizlik tizimini shakllantirish alohida ahamiyat kasb etmoqda.

Shuningdek, Yevroosiyo muhim tranzit yo'laklari bo'ylab joylashgan davlat sifatida O'zbekiston tirik modifikatsiyalangan organizmlarning transchegaraviy harakati bilan bog'liq xavflarga tobora ko'proq duch kelayotgani ta'kidlandi. Shu munosabat bilan laboratoriya salohiyatini rivojlantirish, monitoring tizimlarini takomillashtirish va chegara nazoratini kuchaytirish strategik ustuvor yo'nalish sifatida baholandi.

Tadbir davomida loyiha bioxavfsizlik sohasidagi milliy siyosat va normativ-huquqiy bazani takomillashtirish, idoralararo muvofiqlashtirishni mustahkamlash, texnik va laboratoriya salohiyatini rivojlantirish, shuningdek, tirik modifikatsiyalangan organizmlar bilan bog'liq xavflarni baholash, monitoring qilish va boshqarish tizimlarini takomillashtirishga xizmat qilishi qayd etildi.



Ishtirokchilar bioxavfsizlik, bioxilma-xillikni asrash va ekologik xavfsizlik sohasidagi xalqaro majburiyatlarni samarali amalga oshirish muhimligini, shuningdek, ushbu yo'nalishdagi milliy nazorat va tezkor javob mexanizmlarini yanada kuchaytirish zarurligini ta'kidladi.

Sayd-ivent doirasida O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi, Tabiatni muhofaza qilish xalqaro ittifoqi (IUCN) hamda BMTning Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) o'rtasida Maqsadlar to'g'risidagi bayonot imzolash marosimi bo'lib o'tdi.

Mazkur hujjat bioxilma-xillikni saqlash, bioxavfsizlikni ta'minlash, tabiiy resurslarni barqaror boshqarish, iqlim barqarorligini mustahkamlash va ekotizimlarni tiklash

sohalaridagi hamkorlikni rivojlantirishga qaratilgan.

Tomonlar milliy salohiyatni mustahkamlash, institusional muvofiqlashtirishni takomillashtirish, ilmiy-texnik hamkorlikni rivojlantirish hamda bioxavfsizlik va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasidagi xalqaro standartlarni joriy etishni qo'llab-quvvatlash borasida hamkorlik qilish niyatlarini bildirdilar. Shuningdek, mamlakatlarga global ekologik majburiyatlarni aniq milliy harakatlar va amaliy choralarga aylantirishda ko'maklashuvchi xalqaro hamkorlik va Global ekologik jamg'arma mexanizmlarining o'rni alohida ta'kidlandi.

“ECO EXPO CENTRAL ASIA 2026” — SAMARALI PLATFORMA

3-iyun kuni Samarqandda “Eco Expo Central Asia 2026” xalqaro ekologik ko'rgazmasining rasmiy ochilish marosimi bo'lib o'tdi. Unda dunyoning 100 dan ortiq mamlakatidan ekologiya va atrof-muhit muhofazasi sohasi xodimlari, xalqaro tashkilotlar rahbarlari, diplomatik korpus vakillari, investorlar, ekologik mahsulotlar ishlab chiqaruvchilar, ekoinnovatorlar, mahalliy va xalqaro ekspertlar qatnashdi.

Marosimda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi – Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, BMT Bosh kotibi o'rinbosari – atrof-muhit bo'yicha dasturi (UNEP) ijrochi direktori Inger Andersen hamda Tabiatni muhofaza qilish xalqaro ittifoqi (IUCN) bosh direktori Gretel Agilar so'zga chiqib, O'zbekistonda ikkinchi marta o'tkazilayotgan mazkur ko'rgazmaning ahamiyatiga e'tibor qaratdi.

“

– “Eco Expo Central Asia 2026” xalqaro ekologik ko'rgazmasi nafaqat O'zbekiston, balki Markaziy Osiyo uchun juda muhim ahamiyatga ega tadbir bo'lib, bu mintaqa davlatlari o'rtasida ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish borasida amaliy hamkorlikni mustahkamlash, investisiyaviy jozibador ekologik loyihalarni ishlab chiqish, yangi qo'shma tashabbuslarni yo'lga qo'yish va uzoq muddatli xalqaro hamkorlikni mustahkamlash uchun samarali platforma vazifasini o'tashiga ishonamiz, – dedi Aziz Abduhakimov. – Shu bilan birga ushbu ko'rgazma Markaziy Osiyo va jahon hamjamiyati o'rtasida innovatsiyalar, investisiyalar, bilim va aniq yechimlarni birlashtiruvchi “yashil” texnologik ko'prikn yaratish yo'lidagi muhim katalizatorga aylanadi. Chunki for-umning asosiy g'oyasi iqtisodiyotni eng ilg'or “yashil” texnologiyalarni joriy etish orqali rivojlantirish va ayni paytda atrof-muhitni kelajak avlodlar uchun asrab-avaylashdan iborat.

Aziz Abduhakimov, shuningdek, Samarqand shahrining ekologik diplomatiya, “yashil” moliyalashtirish va barqaror texnologiyalarni ilgari surish bo'yicha xalqaro maydon sifatidagi roli tobora ortib borayotganini ta'kidladi.

“Eco Expo Central Asia” ko'rgazmasi ekologik barqarorlikni mustahkamlash, “yashil” iqtisodiyotni rivojlantirish, innovasion ekologik texnologiyalarni joriy etish hamda barqaror rivojlanish

va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida xalqaro hamkorlikni kengaytirishga qaratilgan.

2025-yilda Toshkent shahrida o'tkazilgan "Eco Expo Central Asia 2025" xalqaro ko'rgazmasi Markaziy Osiyodagi shu miqyosdagi ilk ekologik ko'rgazma bo'lgandi. Unda qariyb 7,5 ming nafar mahalliy va xorijiy ishtirokchilar qatnashgan va forum yakunlari bo'yicha Jahon banki, Osiyo taraqqiyot banki, BMT, YUNESKO, Yevropa Ittifoqi, GIZ va KOICA kabi xalqaro tashkilotlar bilan hamkorlikda amalga oshiriladigan 130 dan ortiq ekologik loyiha va dasturlar bo'yicha kelishuvlar imzolangan edi. Joriy yil esa bu raqamlar yanada salmoqli bo'lishi kutilmoqda. Sababi bu yilgi ko'rgazmada 10 mingga yaqin mahalliy va xorijiy ishtirokchi qatnashmoqda, ekologik mahsulot va xizmatlarni namoyish etuvchi 70 ga yaqin pavilon tashkil etilgan. Bundan tashqari, ekoinnovatorlarning ilg'or ishlanmalarini namoyish etish maqsadida O'zbekiston va Markaziy Osiyo mamlakatlaridan taqdim etilgan startap loyihalar uchun qo'shimcha 20 ta pavilon yaratildi.



O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi hamda "Business Congress Management" (BCM) kompaniyasi hamkorligida tashkil etilgan ko'rgazmada Global yashil o'sish instituti, Osiyo taraqqiyot banki, Yevropa tiklanish va taraqqiyot banki kabi yetakchi xalqaro tashkilotlar ishtirok etdi.

Shuningdek, "Vision Invest" (Saudiya Arabistoni), SUEZ (Fransiya), "Cevia Environment" (Xitoy), KOMOTO (Yaponiya), EPSOY (Finlyandiya), "Siberian Wellness" (Rossiya), "Bell Energy" (BAA) va "Oizom Instruments" (Hindiston) kabi yirik xorijiy kompaniyalar, yurtimizdagi Navoiy kon-metallurgiya kombinati, Olmaliq kon-metallurgiya kombinati, AKFA, Jizzax akkumulyator zavodi hamda "O'z kimyosanoat" AJ o'z mahsulot va xizmatlarini namoyish qildi.

Ko'rgazmada mintaqaviy ekologik loyihalarni shakllantirish masalasiga alohida e'tibor qaratildi. Mamlakatning barcha hududlari iqlim o'zgarishiga moslashish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga qaratilgan aniq loyiha takliflarini tayyorlagan. Ushbu tashabbuslar xalqaro donorlar va investorlar e'tiboriga havola etildi.

Ko'rgazma doirasida "yashil" energetika, chiqindilarni qayta ishlash, suv resurslarini boshqarish, iqlim o'zgarishiga moslashish va barqaror rivojlanish masalalariga bag'ishlangan 50 dan ortiq sayd-iventar, tematik forumlar, taqdimotlar va muloqotlar o'tkazildi.

EKOLOGIK FAOLIYAT E'TIROFI

BMT Yevropa iqtisodiy komissiyasining (UNECE) Ekologik faoliyat samaradorligini baholash dasturi doirasida tayyorlangan O'zbekistonning Ekologik faoliyat samaradorligi bo'yicha to'rtinchi sharhi (Environmental Performance Review – EPR) taqdimoti bo'lib o'tdi.

To'rtinchi sharh 2025-yil noyabr oyida UNECEning Ekologik siyosat qo'mitasi tomonidan rasman tasdiqlangan bo'lib, O'zbekistonning ekologik islohotlar, iqlim siyosati va barqaror rivojlanish sohalaridagi yutuqlarini aks ettiruvchi muhim xalqaro hujjat hisoblanadi.

Tadbirda nutq so'zlagan Ekologiya vaziri o'rinbosari Jusipbek Kazbekov mamlakatda amalga oshirilayotgan ekologik islohotlarning izchilligini hamda "yashil" transformatsiyani ilgari surishda xalqaro hamkorlikning ahamiyatini ta'kidladi.

Tadbirda UNECE Atrof-muhit va o'rmon xo'jaligi bo'limi direktori Paola Deda, Germaniya, Italiya va Shveysariya hukumatlari vakillari hamda sharhni tayyorlashda ishtirok etgan xalqaro ekspertlar ma'ruza qildi.

To'rtinchi sharhning asosiy xulosalari taqdimoti davomida O'zbekistonda ekologik siyosat va islohotlar samaradorligini baholash natijalari e'lon qilindi. Unda mamlakatning ekologik boshqaruv tizimini rivojlantirish borasidagi sezilarli yutuqlari, jumladan, Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi tashkil etilgani, ekologik monitoring tizimlari rivojlantirilgani, "Yashil makon" umummilliy loyihasining amalga oshirilayotgani, qayta tiklanuvchi energetika loyihalarining ilgari surilayotgani hamda bioxilma-xillikni saqlash bo'yicha chora-tadbirlarning kuchaytirilgani e'tirof etildi.



Sharh natijalariga ko'ra, O'zbekiston Ekologik faoliyat samaradorligi bo'yicha uchinchi sharh doirasida berilgan tavsiyalarning 77 foizini to'liq yoki qisman amalga oshirgan yoxud ularni bajarish jarayonida. Yangi sharh 45 ta tavsiyani o'z ichiga oladi va BMTning Barqaror rivojlanish maqsadlari doirasidagi 12 maqsad bo'yicha 41 ta ko'rsatkichni qamrab oladi.

Tadbir davomida mamlakat ekologik siyosatining kelgusi ustuvor yo'nalishlariga alohida e'tibor qaratildi. Jumladan, iqlim bo'yicha harakatlarni kuchaytirish, tabiatga asoslangan yechimlarni joriy etish, ekologik boshqaruv tizimini takomillashtirish hamda 2026 – 2030-yillarda sharh tavsiyalarini amalga oshirish bo'yicha "yo'l xaritasi"ni ishlab chiqish masalalari muhokama qilindi.

Tadbir doirasida O‘zbekistonning Ekologik faoliyat samaradorligi bo‘yicha to‘rtinchi sharhini topshirishning ramziy marosimi ham bo‘lib o‘tdi. Ishtirokchilar xalqaro hamkorlikni yanada mustahkamlash, jamoatchilikning ekologik masalalardan xabardorligini oshirish va mintaqada ekologik barqarorlikni birgalikda ilgari surish muhimligini ta’kidladi.

Mazkur sayd-ivent O‘zbekistonning atrof-muhitni muhofaza qilish sohasidagi yutuqlarini namoyish etish, shuningdek, milliy ekologik va iqlim kun tartibini amalga oshirish bo‘yicha navbatdagi qadamlarni muhokama qilish uchun muhim platforma bo‘lib xizmat qildi.

HAMKORLIKNI RIVOJLANTIRISH MASALALARI – MUHOKAMA MARKAZIDA

Xalqaro ko‘rgazma doirasida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo‘yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi raisi Aziz Abduhakimov ekologiya, barqaror rivojlanish, iqlimga bardoshlilik va “yashil” innovatsiyalar sohalarida hamkorlikni rivojlantirishga bag‘ishlangan qator ikki tomonlama uchrashuvlar o‘tkazdi.

Muhim uchrashuvlardan biri Tabiatni muhofaza qilish xalqaro ittifoqi (IUCN) bosh direktori Gretel Agilar bilan bo‘lib o‘tdi. Tomonlar biologik xilma-xillikni asrash, tabiatga asoslangan yechimlarni (Nature-based Solutions) ilgari surish, muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni boshqarishni takomillashtirish va ekoturizmni rivojlantirish masalalarini muhokama qildi.

Uchrashuvda bioxilma-xillikni asrash bo‘yicha yangilangan Milliy strategiya va harakatlar rejasini (NBSAP) tayyorlash, Markaziy Osiyoning Mintaqaviy Qizil ro‘yxatini yaratish hamda mintaqadagi transchegaraviy muhofaza etiladigan hududlarni rivojlantirish masalalariga alohida e’tibor qaratildi. O‘zbekiston tomoni IUCNning Toshkentdagi mintaqaviy ofisi bilan hamkorlikni faollashtirish va Global ekologik fondning yangi GEF-9 sikli doirasida qo‘shma loyihalar tayyorlashni taklif etdi. Shuningdek, “Green University”ni ekologik ta’lim va ilm-fan bo‘yicha mintaqaviy platforma sifatida rivojlantirish, jumladan, IUCN Ekologik huquq akademiyasi bilan hamkorlik qilish va xalqaro ta’lim amaliyotlarini joriy etish masalalari ham muhokama qilindi.

BMTning Sanoatni rivojlantirish tashkiloti (UNIDO) Bosh direktori o‘rinbosari va Global hamkorlik hamda tashqi aloqalar direksiya boshqaruvchi direktori Fatu Haydar bilan bo‘lib o‘tgan uchrashuvda “yashil” sanoatlashtirish, ekologik toza texnologiyalarni joriy etish va sanoatni modernizatsiya qilish masalalari ko‘rib chiqildi.

“

Aziz Abduhakimov O‘zbekistonda ekologik kun tartibi davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylanganini, Ekologiya vazirligining Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasiga aylantirilgani esa barqaror rivojlanish masalalariga yangicha institusional yondashuvning ifodasi ekanini ta’kidladi.

Muzokaralar davomida ko‘kalamzorlashtirish, bioxilma-xillikni muhofaza qilish, chiqindilarni boshqarish, havo sifatini yaxshilash va ekologik ta’limni rivojlantirish bo‘yicha asosiy milliy tashabbuslar taqdim etildi. Shuningdek, UNIDO bilan eng yaxshi mavjud texnologiyalarni (BAT) joriy etish uchun normativ-huquqiy bazani ishlab chiqish, iqlim innovatsiyalarini qo‘llab-quvvatlash hamda «Global Cleantech Innovation Programme (GCIP)» doirasida startaplarni rivojlantirish masalalari muhokama qilindi.

Tomonlar iqlim tahlili, erta ogohlantirish tizimlari va moslashuv moliyalashtirishini rivojlantirishga qaratilgan “Climate Technology Innovation for Climate Resiliencye in Uzbekistan” loyihasini amalga oshirish istiqbollarini ham ko‘rib chiqdi.

Yana bir muhim uchrashuv «National Geographic Society» tashkilotining ilm-fan va innovatsiyalar bo‘yicha direktori Ian Miller bilan bo‘lib o‘tdi. Suhbat davomida O‘zbekiston va Markaziy Osiyoning tabiiy merosini xalqaro miqyosda targ‘ib qilish, ilmiy tadqiqotlar, ekologik ma’rifat va hujjatli filmlar yaratish sohasidagi hamkorlik masalalari muhokama qilindi. O‘zbekiston tomoni xalqaro ahamiyatga ega tabiiy hududlar, jumladan, YUNESKO Butunjahon merosi ro‘yxatiga kiritilgan G‘arbiy Tyanshan va “Turonning sovuq qishki cho‘llari”, shuningdek, Ramsar konvensiyasi ro‘yxatiga kiritilgan suv-botqoq hududlari haqida ma’lumot berdi. Aziz Abduhakimov Orolbo‘yi mintaqasi, tog‘ va cho‘l ekotizimlariga qo‘shma ilmiy ekspeditsiyalar tashkil etish, shuningdek, Markaziy Osiyoning tabiiy boyliklari haqidagi global xabardorlikni oshirishga qaratilgan hujjatli filmlar, fotoloyihalar va raqamli kontent yaratishni taklif qildi.



Ko‘rgazma doirasida Oman Atrof-muhitni muhofaza qilish boshqarmasi prezidenti Abdulla bin Ali Al-Amri bilan ham uchrashuv bo‘lib o‘tdi. Tomonlar cho‘llanishga qarshi kurash, suv resurslarini boshqarish, chiqindilar bilan ishlash va bioxilma-xillikni asrash sohalaridagi amaliy hamkorlik istiqbollarini muhokama qildi.

O‘zbekiston «Green University» huzuridagi Cho‘llanishga qarshi kurash va cho‘l iqtisodiyotini rivojlantirish mintaqaviy tadqiqot markazi bazasida qurg‘oqchilikka chidamli o‘simliklar hamda qumlarni mustahkamlash texnologiyalari bo‘yicha qo‘shma tadqiqotlar olib borishni taklif etdi.

Bundan tashqari, alohida muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni boshqarish tajribasi almashinuvi, ta’lim dasturlarini tashkil etish va ikki mamlakat oliy ta’lim muassasalari o‘rtasida

akademik almashinuvlarni yo'lga qo'yish tashabbuslari ham ko'rib chiqildi.

O'tkazilgan uchrashuvlar O'zbekistonning ekologik diplomatiya, barqaror rivojlanish, "yashil" iqtisodiyot va iqlim kun tartibi sohalarida xalqaro hamkorlikni rivojlantiruvchi mintaqaviy markaz sifatidagi roli tobora ortib borayotganini yana bir bor tasdiqladi.

YAGONA MINTAQAVIY PLATFORMA YARATISH TAKLIF ETILDI

"O'zbekistonda pestisidlar va xavfli kimyoviy moddalarni boshqarish tizimini mustahkamlash: milliy taraqqiyot, hamkorlik va kelgusi qadamlar" mavzusidagi sayd-ivent xavfli kimyoviy moddalar va pestisidlarni ularning butun hayotiy sikli davomida boshqarish bo'yicha milliy tizimni takomillashtirish masalalariga bag'ishlandi.

Mazkur tadbir O'zbekistonda xavfli kimyoviy moddalar bilan ekologik jihatdan xavfsiz muomala qilish sohasida amalga oshirilayotgan islohotlarni mamlakatning Bazeli, Rotterdami va Stokgolmi konvensiyalari doirasidagi xalqaro majburiyatlariga muvofiq ravishda muhokama qilish uchun yuqori darajadagi platformaga aylandi.

Tadbirida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi – Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Bazeli, Rotterdami va Stokgolmi konvensiyalari ijrochi kotibi Rolf Payet, BMT Taraqqiyot dasturining (UNDP) O'zbekistondagi doimiy vakili Akiko Fujii, shuningdek, BMTning Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO), Yevropa Ittifoqi va boshqa xalqaro hamkor tashkilotlar vakillari ishtirok etdi.

“

– Bugungi kunda Markaziy Osiyo o'zaro ishonch, ilmiy hamkorlik, umumiy mas'uliyat va mintaqaning ekologik xavfsizligi barchamizning umumiy vazifamiz ekanini anglashga asoslangan ekologik hamkorlikning yangi madaniyatini shakllantirmoqda. Biz Markaziy Osiyoda pestisidlar, xavfli kimyoviy moddalar va chiqindilarni boshqarish bo'yicha yagona mintaqaviy platforma yaratishni taklif qilamiz. Bu muvofiqlashtirishni kuchaytirish, bilim almashish va qo'shma loyihalarni amalga oshirish imkonini beradi, – dedi Aziz Abduhakimov.

Tadbir davomida ishtirokchilar xavfli kimyoviy moddalar va pestisidlarni boshqarishga kompleks yondashuvni rivojlantirish masalalarini muhokama qildi. Jumladan, normativ-huquqiy bazani takomillashtirish, institusional salohiyatni mustahkamlash, monitoring va laboratoriya nazorati tizimlarini rivojlantirish, shuningdek, barqaror qishloq xo'jaligi amaliyotlarini joriy etish masalalariga e'tibor qaratildi.

Muddati o'tgan pestisidlarni inventarizatsiya qilish, xavfli chiqindilar bilan muomala qilish, atrof-muhitning barqaror organik ifloslantiruvchi moddalar (POPs va PFAS) bilan ifloslanishining oldini olish hamda o'ta xavfli pestisidlardan foydalanish bilan bog'liq xavflarni kamaytirish masalalari ham muhokama qilindi.



Texnik sessiya doirasida FAO vakillari O'zbekistonda pestisidlarning hayotiy siklini boshqarishning yaxlit tizimini shakllantirish bo'yicha yondashuvlarni taqdim etdi. Ular xavfli kimyoviy moddalar to'planib qolishining oldini olish, chiqindilarni utilitatsiya qilish infratuzilmasini rivojlantirish va qishloq xo'jaligini yuritishning xavfsiz usullarini targ'ib etishga qaratilgan chora-tadbirlar haqida ma'lumot berdi.

Bundan tashqari, UNDP vakillari Stokgolmi konvensiyasi doirasida amalga oshiriladigan yangi loyiha bo'yicha rejalarini taqdim etdi. Mazkur loyiha ifloslangan hududlar muammolarini hal etish va to'plangan ekologik zararni bartaraf etishga qaratilgan.

Muhokamalar yakunida kelgusidagi ishlarning ustuvor yo'nalishlari belgilab olindi.

IHT MAMLAKATLARI ATROF-MUHIT VAZIRLARINING OLTINCHI YIG'ILISHI

3-iyun kuni Samarqandda Iqtisodiy hamkorlik tashkilotiga a'zo mamlakatlar atrof-muhit vazirlarining 6-yig'ilishi bo'lib o'tdi. Tadbirida IHTga a'zo davlatlar delegatsiyalari, IHT kotibiyati rahbariyati va xalqaro hamkor tashkilotlar vakillari ishtirok etdi. Tadbirni ochib bergan O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov ushbu uchrashuvning ahamiyatini alohida ta'kidladi.

“

– Bugun 12 yil ichida birinchi marta IHTga a'zo davlatlarning atrof-muhit vazirlari zamonaviy ekologik muammolarni hal qilish bo'yicha muvofiqlashtirilgan yondashuvlarni ishlab chiqish uchun yig'ildi, – dedi qo'mita raisi.

Mintaqadagi mamlakatlar o'rtasida amaliy hamkorlikni mustahkamlash, ayniqsa, qo'shma ekologik tashabbuslarni ilgari surish, bilim va eng yaxshi amaliyotlarni almashishda tobora muhim ahamiyat kasb etayotganiga e'tiborni qaratdi. Ko'rib chiqish uchun taqdim etilgan hujjatlar — IHTning 2026 – 2030-yillarga mo'ljallangan Atrof-muhitni muhofaza qilish bo'yicha doiraviy dasturi, iqlim va bioxilma-xillik bo'yicha ish

dasturlari va Samarqand deklaratsiyasi — mintaqaviy ekologik sheriklikning yangi bosqichi uchun muhim poydevor bo'lib xizmat qiladi.

Uchrashuv davomida ishtirokchilar IHTga a'zo davlatlarning atrof-muhitni muhofaza qilish, iqlim o'zgarishi, barqaror tabiatni boshqarish va yerlar degradatsiyasining oldini olish sohalaridagi milliy ustuvorliklarini muhokama qilishdi. Cho'llanishga qarshi kurashish, ilmiy-texnik hamkorlikni rivojlantirish, barqaror o'rmon xo'jaligini boshqarish, qum va chang bo'ronlarining oldini olishga alohida e'tibor qaratildi.



Tadbirda so'zga chiqqan O'zbekiston tomoni mintaqaviy ekologik hamkorlikni mustahkamlash bo'yicha asosiy tashabbuslarni taqdim etdi. Prezident Shavkat Mirziyoyev rahbarligida mamlakat o'zaro ishonch, mintaqaviy hamkorlik va umumiy ekologik muammolarni birgalikda hal qilish tamoyillarini izchil ilgari surayotgani ta'kidlandi.

O'zbekistonning yerlarning degradatsiyasi va cho'llanishga qarshi kurashishdagi tashabbuslariga alohida e'tibor qaratildi. Xususan, "Green University" qoshidagi Cho'llanishga qarshi kurash va cho'l iqtisodiyoti ilmiy-tadqiqot instituti faoliyati, shuningdek, O'zbekistonning IHT mamlakatlari bilan ilmiy tadqiqotlar, texnologiyalar almashinuvi va qo'shma sinov loyihalarini amalga oshirishda hamkorlikni kengaytirishga tayyorligi qayd etildi.

Bundan tashqari, ishtirokchilarga IHTga a'zo davlatlar uchun 2026 – 2030-yillarga mo'ljallangan, cho'l hududlarida o'rmonzorlarni barpo etishga qaratilgan transchegaraviy «Yashil dastur»ni ishlab chiqish tashabbusi taqdim etildi. O'zbekiston tomoni IHTning Atrof-muhitga oid hamkorlik bo'yicha yuqori darajadagi platformasi doirasida qum va chang bo'ronlari uchun mintaqaviy erta ogohlantirish tizimini ishlab chiqishni ham taklif qildi.

Uchrashuv yakunida ishtirokchilar IHTning 2026 – 2030-yillarga mo'ljallangan Atrof-muhit bo'yicha hamkorlik doiraviy dasturini va uning tematik ilovalarini, jumladan, iqlim o'zgarishi va bioxilma-xillik bo'yicha ish dasturlarini ma'qulladi. Mintaqaviy ekologik hamkorlik bo'yicha Samarqand deklaratsiyasi qabul qilindi.

MARKAZIY OSIYO VA UNEP: EKOLOGIK HAMKORLIK KENGAYTIRILADI

Global ekologik fondning (GEF) VIII Assambleyasi doirasida Markaziy Osiyo atrof-muhit vazirlari va BMTning Atrof-muhit dasturi (UNEP) ijrochi direktori Inger Andersen o'rtasida uchrashuv bo'lib o'tdi. Uchrashuvda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Qozog'iston ekologiya va tabiiy resurslar vaziri Yerlan Nisanbayev, Tojikiston hukumati huzuridagi Atrof-muhitni muhofaza qilish qo'mitasi raisi Bahodur Sheralizoda hamda Qirg'iziston va Turkmaniston vakillari ishtirok etdi.

Uchrashuvda tomonlar mintaqaviy ekologik hamkorlikning ustuvor yo'nalishlari va UNEP bilan hamkorlikni yanada mustahkamlash masalalarini muhokama qilishdi. Unda so'nggi yillarda Markaziy Osiyoda atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim kun tartibi mintaqaviy davlat rahbarlari darajasida misli ko'rilmagan e'tiborga sazovor bo'lgani ta'kidlandi. Buni 2025-yilgi Samarqand iqlim forumi va Ostonada bo'lib o'tgan Mintaqaviy ekologik sammit tasdiqladi.

Muzokaralarning asosiy mavzularidan biri havo sifatini yaxshilash va Toza havo uchun davlatlararo koalitsiyani rivojlantirish tashabbusi bo'ldi. Ishtirokchilar qum va chang bo'ronlarining Markaziy Osiyo shaharlari aholisi salomatligi va atrof-muhitiga ta'sirini kamaytirishga qaratilgan mintaqaviy loyihani UNEP bilan birgalikda ishlab chiqish masalasini muhokama qilishdi. Ushbu tashabbus oxir-oqibat havo sifatini monitoring qilish va prognozlash tizimlari, atrof-muhit ma'lumotlari almashinuvi va transchegaraviy ifloslanishni kamaytirish choralarini muvofiqlashtirishni o'z ichiga olgan to'laqonli mintaqaviy dasturga aylanishi mumkinligi ta'kidlandi.



Shuningdek, Markaziy Osiyoda atrof-muhit o'zgarishlarining mintaqaviy atlasini yaratish tashabbusiga alohida e'tibor qaratildi. O'zbekiston 2025-yilda UNEP ko'magida ishga tushirilgan Milliy atrof-muhit atlasini ishlab chiqish tajribasini taqdim etdi. Shu asosda mintaqadagi mamlakatlarning ekologik ma'lumotlarini birlashtirgan va Markaziy Osiyodagi ekologik tendensiyalarni har tomonlama baholaydigan yagona mintaqaviy atlas yaratish taklif qilindi.

Uchrashuvda, shu bilan birga, Markaziy Osiyo mamlakatlarining Monreal protokoli doirasidagi o'rnini, qolaversa, mintaqaning BMT tizimi va UNEPdagi institusional vakilligi muhokama qilindi. Tomonlar Markaziy Osiyoning xalqaro ekologik jarayonlardagi rolini kuchaytirish muhimligini va mintaqadagi mamlakatlarning hozirgi ehtiyojlarini to'liqroq qondirish zarurligini ta'kidlagan.

Uchrashuv ishtirokchilari Markaziy Osiyoda barqaror rivojlanish, ekologik barqarorlik va iqlim xavfsizligini ta'minlash maqsadida UNEP bilan hamkorlikni yanada mustahkamlashga qiziqishlarini tasdiqladi.

MUHIM TASHABBUSLAR ILGARI SURILDI

4-iyun kuni "Silk Road Samarkand" majmuasi Kongress markazida Global ekologik jamg'armaning (GEF) VIII Assambleyasi ochilish marosimi o'tkazildi. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning Assambleya ishtirokchilariga tabrigini Prezident Administratsiyasi rahbari Saida Mirziyoyeva o'qib eshittirdi.



Davlatimiz rahbari o'z tabrigida bugungi kunda insoniyat misli ko'rilmagan inqirozlar – iqlim o'zgarishi, biologik xilma-xillikning yo'qolib borishi, atrof-muhit ifloslanishi kabi tahdidlarga duch kelayotganini qayd etib, bu kabi muammolarni hal etishda Global ekologik jamg'armaning alohida o'rin egallab kelayotganini ta'kidlagan.

Shu bilan birga, mamlakatimizda ekologik transformatsiya yangi taraqqiyot modeli sifatida ko'rilyotgani va tizimli loyiha boshqaruviga o'tib, atmosfera havosini muhofaza qilish, bioxilma-xillik, chiqindilarni boshqarish, ko'kalamzorlashtirish, ekologik ta'lim va madaniyatni qamrab olgan beshta milliy loyiha amalga oshirilayotgani alohida qayd etilgan.

Tabrikda Prezidentimiz tomonidan bir qator tashabbuslar ham ilgari surildi. Jumladan, Samarqandni "Markaziy Osiyoning yashil investisiyalar va innovatsiyalar poytaxti" deb e'lon qilish taklif etildi. Kolumbiya universitetining Barqaror rivojlanish markazi bilan hamkorlikda Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o'zgarishini o'rganish universiteti qoshida Ulug'bek nomidagi Barqaror rivojlanish ilmiy-tadqiqot instituti tashkil etilayotgani ma'lum qilindi. Iqlim o'zgarishining salbiy oqibatlariga qarshi samarali yechimlar ishlab chiqish maqsadida Iqlim o'zgarishi va

gidrometeorologiya milliy markazi tashkil etilayotgani bildirildi. Cho'llanishga qarshi kurash instituti negizida Orolbo'yida cho'llanish oqibatlarini yumshatish, "yashil" qalqonlar barpo etish va iqlim moslashuviga qaratilgan "cho'l iqtisodiyoti" tashabbusi ilgari surilib, uni Global ekologik jamg'armaning ustuvor yo'nalishlari bilan hamohang holda xalqaro moliyaviy hamda texnik ko'mak asosida amalga oshirishni taklif etildi.

Bundan tashqari, 2027-yilgi Toshkent investisiya forumi "Barqaror rivojlanish va yashil investisiyalar" mavzusida o'tkazilishi va uning doirasida "Eco Expo Central Asia" xalqaro ko'rgazmasi tashkil etilishi tashabbusi ilgari surildi.

E'tiborli jihati, davlatimiz rahbari tabrigida O'zbekiston Global ekologik jamg'armaning donor mamlakatlari qatoriga qo'shilishga tayyorligi ma'lum qilindi.

Marosimda BMT Bosh kotibi o'rinbosari – atrof-muhit bo'yicha dasturi (UNEP) ijrochi direktori Inger Andersen, BMTning Bazel, Rotterdam va Stokgolm konvensiyalari ijrochi kotibi Rolf Payet, Global ekologik jamg'armaning bosh direktori hamda strategiya va operatsiyalar bo'yicha direktori Klod Gaskon so'zga chiqib, Global ekologik jamg'armaning VIII Assambleyasi yuksak saviyada tashkil etilgani uchun mamlakatimiz rahbariyatiga minnatdorlik bildirdi hamda global ekologik muammolarni hal etishda mazkur xalqaro forumning ahamiyatiga to'xtaldi.



“

– Bundan 35 yil avval, 1991-yilda tashkil etilgan Global ekologik jamg'armaning (GEF) ma'lum bir hudud va davlatlarga emas, balki butun dunyo atrof-muhitiga salbiy ta'sir ko'rsatayotgan muammolarni bartaraf etish, ularning oldini olish va global ekologik tahdidlarga qarshi kurashishni o'z oldiga maqsad qilib qo'ygandi, – dedi BMT Bosh kotibi o'rinbosari – atrof-muhit bo'yicha dasturi (UNEP) ijrochi direktori Inger Andersen. – Va bugun ushbu tashkilot dunyo davlatlarini o'z atrofida birlashtirib, bu maqsadlar yo'lida ish olib bormoqda, ekologik muammolarga samarali yechimlarini taklif etmoqda. Bu yechimlar a'zo davlatlarga atrof-muhitni himoya qilish, ifloslanishga qarshi kurashish va ekologik barqarorlikni ta'minlashda milliy harakatlar rejalarini ishlab chiqish va amalga oshirishga yordam bermoqda.

O'zbekiston 1995-yilda GEFga qo'shilganidan buyon turli milliy va mintaqaviy grantlar orqali muhim natijalarga erishib kelmokda. Bu grantlar noyob landshaftlarni asrash, ozon qatlamiga zarar yetkazuvchi moddalarni bosqichma-bosqich kamaytirish, kam uglerodli transport tizimlarini rivojlantirish uchun tezkor

avtobus yo‘laklarini joriy etish hamda ekologik muammolarni hal etish salohiyatini oshirishga xizmat qildi. Jumladan, Markaziy Osiyo transchegaraviy bioxilma-xillik loyihasi va Orol dengizi havzasi dasturlari orqali davlatlararo ekologik boshqaruv va iqlim barqarorligi mustahkamlandi. Mamlakatimiz GEF ko‘magida oziq-ovqat tizimlari, yer resurslari va ekotizimlarni tiklash dasturlarida ishtirok etmoqda.

Mutaxassislarining ta’kidlashicha, Global ekologik jamg‘armaning VIII Assambleyasi global ekologik maqsadlarga erishish bo‘yicha tezlashtirilgan yo‘l xaritasini belgilaydi. Samarqanddagi forum dasturi doirasida iqlim o‘zgarishi va uning oqibatlariga bardoshlilikni oshirish, bioxilma-xillikni saqlash, yer degradatsiyasi va cho‘llanishga qarshi kurash, suv resurslarini boshqarish hamda atrof-muhit ifloslanishini kamaytirish kabi masalalar muhokama qilinmoqda. Jamg‘armaning 2026 - 2030-yillarga mo‘ljallangan yangi moliyaviy dasturiga (GEF-9) alohida e’tibor qaratilib, tabiat, iqlim va ifloslanishga qarshi kurash masalalarini birlashtiruvchi kompleks yondashuv ishlab chiqiladi.

ENG YAXSHI STARTAP LOYIHALAR TAQDIRLANDI

“Eco Expo Cyentral Asia 2026” xalqaro ekologik ko‘rgazmasining taqdirlash marosimida startap loyihalarning eng yaxshilari e’tirof etildi. Ko‘rgazma doirasida 37 ta startap loyiha taqdim qilindi.

“SAWAB” startap loyihasi 1-o‘ringa munosib ko‘rildi. Ushbu loyiha mualliflari namanganlik Saidamir Agzamov va Boburbek Asqarov oziq-ovqat isrofgarchiligini kamaytirishga innovatsion yondashgani e’tiborga molik.

Qoraqalpog‘iston Respublikasidan Shahida Karlibayeva va Miyratdin Ajiniyazovning “ECOPOTS” startap loyihasi 2-o‘rinni egalladi. Loyihada qo‘y jini chiqindilarini biologik parchalanadigan, o‘simliklar ekiladigan idishlarga aylantirish orqali ekologik barqaror yechim yaratilgan, bu esa plastik ifloslanishni kamaytirishga hissa qo‘shadi.

3-o‘rin Toshkent shahridan Akbarali Turdiyev va uning jamoasi tegishli “SMART FOREST” startap loyihasiga nasib etdi. Loyihada sun‘iy intellekt asosidagi innovatsion ekologik monitoring yechimlari ishlab chiqilgan bo‘lib, bu o‘rmonlarni muhofaza qilish, yong‘inlarni erta aniqlash hamda aqlli qishloq xo‘jaligi texnologiyalarini rivojlantirishga qaratilgan.

Shuningdek, Buxoro viloyatidan Muhridin Yoqubov va Muinjon Naimovning “Eco Mikrogreens” startap loyihasi atrof-muhitga sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatgani hamda ekologik barqarorlikni ta’minlashga qo‘shgan munosib hissasi uchun “Atrof-muhitga eng katta ta’sir ko‘rsatgan loyiha”, Toshkent shahridan Oyatulloh Abdujabborovning “Eco Brick” loyihasi esa innovatsion, texnologiyalarga asoslangan va istiqbolli ekologik yechimni taqdim etgani uchun “Eng innovatsion ekologik yechim” nominatsiyalari bilan taqdirlandi.



**Tadbirda
bag‘ishlangan
videorolikni
tomosha
qilish uchun
skanerlang**

MINTAQAVIY SHARH YUZASIDAN SAMARQAND BAYONOTI

3-iyun kuni «Silk Road Samarkand» ko‘rgazma majmua-sida “Markaziy Osiyo ekologik faoliyati samaradorligining mintaqaviy sharhi: tematik qamrovni tasdiqlash va amaliy bosqichni boshlash” mavzusida o‘tkazilgan tadbir BMTning Yevropa iqtisodiy komissiyasi (UNECE), O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi hamda xalqaro hamkorlar tomonidan tashkil etildi. U ekologiya, iqlim barqarorligi va tabiiy resurslarni barqaror boshqarish sohalarida mintaqaviy hamkorlikni mustahkamlash uchun muhim muloqot maydoni bo‘ldi.



Tadbirda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo‘yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi raisi Aziz Abduhakimov ekologik xavfsizlik va mintaqaning barqaror iqtisodiy o‘rinishini ta’minlash uchun xalqaro hamkorlikni rivojlantirish, yashil texnologiyalarni joriy etish va barqaror moliyalashtirish mexanizmlarini kengaytirish muhimligini ta’kidladi.

Qo‘mita raisi bugungi kunda Markaziy Osiyo o‘zaro ishonch, ilmiy hamkorlik va barqaror kelajak uchun umumiy mas’uliyat tamoyillariga asoslangan yangi ekologik hamkorlik arxitekturasini shakllantirayotganiga e’tiborni qaratdi. Uning fikricha, mintaqada davlatlariga nafaqat siyosiy muloqot, balki yagona tahliliy baza, ekologik monitoring bo‘yicha muvofiqlashtirilgan yondashuvlar, yashil moliyalashtirishni rivojlantirish va qo‘shma iqlim tashabbuslarini amalga oshirish ham zarur.

Tadbirda Qozog‘iston ekologiya va tabiiy resurslar vaziri Yerlan Nisanbayev hamda Tojikiston Hukumati huzuridagi Atrof-muhitni muhofaza qilish qo‘mitasi raisi Bahodur Sheralizoda ham ma’ruza qildi.

UNECEning Atrof-muhit va o‘rmon xo‘jaligi bo‘limi direktori Paola Deda mintaqaviy sharhning ekologik boshqaruvni mustahkamlash, muvofiqlashtirishni takomillashtirish va Markaziy Osiyo mamlakatlari o‘rtasida natijaga yo‘naltirilgan hamkorlikni rivojlantirishdagi amaliy ahamiyatiga urg‘u berdi.

Istirokchilar Markaziy Osiyo davlatlari iqlim o‘zgarishi, suv resurslari taqchilligi, havo ifloslanishi, yerlarning degradatsiyasi, bioxilma-xillikning kamayishi hamda aholi salomatligi uchun xavflarning ortishi kabi umumiy ekologik muammolarga duch

kelayotganini qayd etib, bu masalalar muvofiqlashtirilgan mintaqaviy yechimlar va hamjihat yondashuvlarni talab qilishini ta’kidladi.

Tadbirda Markaziy Osiyo ekologik faoliyati samaradorligi bo’yicha mintaqaviy sharhning asosiy mavzuviy yo’nalishlari: iqlim, havo sifati va jamoat salomatligi, qishloq xo’jaligi, ekotizimlar va energetika barqarorligini ta’minlash uchun suv resurslaridan oqilona foydalanish, bioxilma-xillik va ekotizimlar, chiqindilar va kimyoviy moddalarga oid ma’lumotlar ham taqdim etildi.

Shuningdek, «yashil» moliyalashtirish, ekologik monitoring, standartlarni uyg’unlashtirish, ekologik axborotdan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish, tabiiy ofatlar xavfini kamaytirish va institusional hamkorlikni mustahkamlash kabi sohalararo masalalarga alohida e’tibor qaratildi.

UNECE vakili Angela Sochirka mintaqaviy sharhni amalga oshirishning keyingi bosqichlarini taqdim etdi. Unga ko’ra, loyiha 2026–2028-yillarda amalga oshirilib, tahliliy ishlar, milliy maslahatlashuvlar va mintaqaviy muloqot jarayonlarini qamrab oladi. Yakuniy tavsiyalar 2028-yilda bo’lib o’tadigan “Yevropa uchun atrof-muhit” o’ninchi vazirlar konferensiyasida taqdim etilishi rejalashtirilgan.

Tadbir yakunida Markaziy Osiyo ekologik faoliyati samaradorligi bo’yicha mintaqaviy sharh yuzasidan Samarqand bayonotini imzolash marosimi bo’lib o’tdi. Mazkur hujjat mintaq davlatlarining qo’shma ekologik harakatlar va mintaqaviy tashabbuslarni amaliy jihatdan ro’yobga chiqarishga sodiqligini tasdiqladi.

FUQAROLIK JAMIYATI TASHKILOTLARI FORUMI

Global ekologik fond (GEF)ning 8-Assambleyasi doirasida ekologik NNTlar, xalqaro tashkilotlar, yoshlar va ayollar birlashmalari, mahalliy hamda tub aholi vakillari, shuningdek, davlat tuzilmalari va rivojlanish hamkorlarini birlashtirgan Fuqarolik jamiyati tashkilotlari forumi bo’lib o’tdi.

Forumda O’zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo’yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o’zgarishi milliy qo’mitasi raisi Aziz Abduhakimov O’zbekiston uchun Fuqarolik jamiyati forumi shunchaki qo’shimcha tadbir emas, balki global ekologik jarayonning muhim qismi ekanini ta’kidladi.



Zamonaviy ekologik muammolar — iqlim o’zgarishi, yerlarning degradatsiyasi, suv resurslari tanqisligi, bioxilma-xillikning yo’qolishi, atrof-muhit ifloslanishi va chang-to’zon bo’ronlari — bevosita aholi salomatligi, oziq-ovqat xavfsizligi, bandlik va hududlarning barqarorligiga ta’sir ko’rsatmoqda.

Tadbirda fuqarolik jamiyatining mahalliy ekologik muammolarni aniqlash, ekologik xabardorlikni oshirish va joylarda amaliy yechimlarni amalga oshirishdagi muhim roli alohida qayd etildi. O’zbekiston fuqarolik jamiyati institutlari bilan hamkorlikni izchil mustahkamlab, aholining ekologik axborotdan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirib bormoqda.

2025-yil mart oyida O’zbekistonning atrof-muhitga oid axborotdan foydalanish, qarorlar qabul qilish jarayonida jamoatchilik ishtiroki va ekologik masalalarda adolatga erishish bo’yicha Orxus konvensiyasiga qo’shilgan. Ushbu qadam ekologik boshqaruvda ochiqlik, shaffoflik va jamoatchilik ishtirokining huquqiy asoslarini mustahkamlaydi.

“

Aziz Abduhakimov Markaziy Osiyo mamlakatlari bugungi kunda nodavlat tashkilotlarning faol ishtirokida yangi mintaqaviy ekologik hamkorlik platformalarini shakllantirayotganini ta’kidladi. Shu bilan birga, mintaqadagi ekologik NNTlar institusional salohiyatni yanada kuchaytirish, ma’lumotlarga kirish imkoniyatini kengaytirish, moliyalashtirish va qaror qabul qilish mexanizmlarida ishtirok etish bo’yicha qo’shimcha qo’llab-quvvatlashga muhtoj ekanini qayd etildi.

Shu munosabat bilan O’zbekiston GEF-9 yangi moliyalashtirish davri doirasida fuqarolik jamiyati rolini kuchaytirish tarafdori ekanini bildirib, quyidagi yo’nalishlarni taklif etdi: salohiyatni oshirish dasturlari, bevosita moliyalashtirish mexanizmlari, kichik grantlar, yoshlar va ayollar tashkilotlarini qo’llab-quvvatlash hamda tajriba almashish bo’yicha mintaqaviy platformalar yaratish.

Amaliy tashabbuslar sifatida quyidagilar ilgari surildi:

- ekologik tadqiqotlar va monitoringda NNTlar ishtirokini kengaytirish;
- jamoatchilik ekologik monitoringi platformalarini rivojlantirish;
- ekotizimlarni tiklash, o’rmonlashtirish, chiqindilarni boshqarish va suvni tejash sohalaridagi mahalliy tashabbuslarni qo’llab-quvvatlash;
- Markaziy Osiyo ekologik NNTlarining mintaqaviy tarmog’ini yaratish;
- fuqarolik jamiyati, xususiyl sektor va xalqaro tashkilotlar o’rtasidagi hamkorlikni mustahkamlash.

O’zbekistonda fuqarolik jamiyati allaqachon iqlim o’zgarishiga qarshi kurash, bioxilma-xillikni saqlash, yer degradatsiyasiga qarshi choralar ko’rish va ekologik madaniyatni rivojlantirishda muhim rol o’ynayotgani ta’kidlandi. Forum GEF-9 yangi moliyalashtirish davri uchun fuqarolik jamiyati taklif va tashabbuslarini ishlab chiqish, shuningdek, barqaror rivojlanish va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida xalqaro tashkilotlar, davlat tuzilmalari va jamoat birlashmalari o’rtasidagi hamkorlikni kuchaytirish uchun muhim maydon bo’ldi.

MARKAZIY OSIYONING «YASHIL» INVESTISIYALARI VA IQLIM INNOVATSIYALARI MUHOKAMASI

«Yashil» investisiyalar va innovatsiyalar» mavzusidagi yalpi sessiya barqaror moliyalashtirish, ekologik texnologiyalar va «yashil» iqtisodiyot sohasida xalqaro hamkorlikni rivojlantirish masalalariga bag'ishlandi. Tadbir ekologik investisiyalarni jalb etishning zamonaviy yondashuvlari, innovasion yechimlarni joriy etish hamda iqlim o'zgarishi bilan bog'liq tahdidlar va ekologik xavflar kuchayib borayotgan sharoitda Markaziy Osiyo mamlakatlarida barqaror rivojlanishni ilgari surish masalalarini muhokama qilish maydoniga aylandi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov so'zga chiqib, mintaqaning ekologik xavfsizligi va barqaror iqtisodiy o'sishini ta'minlash uchun xalqaro hamkorlikni rivojlantirish, yashil texnologiyalarni joriy etish va barqaror moliyalashtirish mexanizmlarini kengaytirish muhimligini ta'kidladi.

“

– O'zbekiston uchun «yashil» transformatsiya endi faqat xalqaro iqlim kun tartibining bir qismi emas, balki davlat taraqqiyot strategiyasining muhim elementi hisoblanadi. Bugungi kunda mamlakat iqlim majburiyatlarini shakllantirish bosqichidan ularni amaliyotga tatbiq etish bosqichiga izchil o'tmoqda. Biz investisiyalar, innovatsiyalar va texnologiyalar integratsiyasi iqlim bilan bog'liq tahdidlarni barqaror iqtisodiy o'sish uchun yangi imkoniyatlarga aylantirishga ishonamiz, — dedi A. Abduhakimov.

Yalpi muhokamada Qozog'iston Respublikasi ekologiya va tabiiy resurslar vaziri Yerlan Nisanbayev, Tojikiston Respublikasi Hukumati huzuridagi Atrof-muhitni muhofaza qilish qo'mitasi raisi Bahodur Sheralizoda, Serbiya Respublikasi atrof-muhitni muhofaza qilish vaziri Sara Pavkov hamda «Vision Invest» kompaniyasi prezidenti va bosh ijrochi direktori Omar Al-Midani ishtirok etdi.

Sessiya davomida «yashil» investisiyalar va barqaror moliyalashtirishni rivojlantirish, biznes va sanoatda ESG tamoyillarini joriy etish, qayta tiklanuvchi energetika va ekologik toza transportni rivojlantirish, iqlim innovatsiyalari sohasida xalqaro hamkorlikni kengaytirish istiqbollari muhokama qilindi.

Shuningdek, aylanma iqtisodiyot (circular economy), «clean-tech» yechimlarini joriy etish, chiqindilarni qayta ishlash, suv tejovchi texnologiyalar va barqaror qishloq xo'jaligini rivojlantirish masalalariga alohida e'tibor qaratildi.

Ishtirokchilar ekologik loyihalarni amalga oshirish, iqlimga bardoshlilikni kuchaytirish hamda innovasion yechimlarni Markaziy Osiyo mamlakatlarida keng joriy etish uchun xalqaro moliyaviy resurslarni jalb qilish mexanizmlarini ham ko'rib chiqdi.

Muhokamalar davomida «yashil» texnologiyalarni rivojlantirish, ekologik mas'uliyatli biznesni qo'llab-quvvatlash

va mintaqaviy hamkorlikni mustahkamlash barqaror rivojlanish hamda iqlim o'zgarishi oqibatlariga samarali javob qaytarishning asosiy shartlaridan biri ekani qayd etildi.

Bundan tashqari, degradatsiyaga uchragan landshaftlarni tiklash, cho'llanishga qarshi kurashish, suv va iqlimga bardoshlilikni oshirish, shuningdek, investisiyalarni jalb etish va qo'shma ekologik tashabbuslarni ilgari surish uchun B2B (biznesdan biznesga) va B2G (biznesdan davlatga) platformalarini rivojlantirish masalalari ham muhokama markazida bo'ldi.

Yuqori darajadagi yalpi sessiya xalqaro muloqotni mustahkamlash, mintaqaning investisiyaviy salohiyatini namoyish etish hamda yashil iqtisodiyot va barqaror rivojlanish sohalaridagi innovasion yechimlarni ilgari surish uchun muhim maydon bo'lib xizmat qildi.

KO'RGAZMA YAKUNI VA HAMKORLIKNING YANGI ISTIQBOLLARI

Samarqand shahrida «Eco Expo Cyentral Asia 2026» ekologik ko'rgazmasi o'z ishini yakunladi. Ushbu tadbir O'zbekistonda ekologik barqarorlikni mustahkamlash, ilg'or va innovasion «yashil texnologiyalar»ni joriy etish, shuningdek, ekologik loyihalarni amalga oshirish uchun «yashil» moliyalashtirish va investisiyalarni jalb etishga qaratilgan samarali xalqaro platformani yaratish yo'lidagi muhim tashabbus bo'ldi.

Tadbirda 10 mingga yaqin xorijiy va mahalliy ishtirokchilar qatnashdi. Ular orasida xalqaro tashkilotlar rahbarlari va vakillari, diplomatik korpus a'zolari, shuningdek, yirik xalqaro va mahalliy kompaniyalar vakillari bor. Mazkur xalqaro ko'rgazmaning Samarqandda o'tkazilishi O'zbekiston uchun ekologik barqarorlik, «yashil» iqtisodiyot va iqlim kun tartibi yo'nalishlarida global hamkorlikni kengaytirish bo'yicha noyob imkoniyatlar yaratdi.

Ko'rgazma doirasida O'zbekiston va Markaziy Osiyo davlatlarining eko-innovatorlari tomonidan ishlab chiqilgan startap loyihalar namoyish etildi. Shuningdek, xalqaro investorlar va moliyaviy institutlar bilan aloqalar o'rnatish hamda ushbu tashabbuslarni keyinchalik moliyalashtirish uchun keng imkoniyatlar yaratildi. Ushbu imkoniyatlardan samarali foydalanish maqsadida tadbirni yuqori saviyada tashkil etish bo'yicha qator strategik vazifalar amalga oshirildi.

Ko'rgazmada ekologik mahsulotlar va xizmatlarga bag'ishlangan 116 ta pavillon tashkil etildi. Unda nufuzli xalqaro tashkilot va kompaniyalar, shuningdek, yirik mahalliy korxonalar o'z pavilonlari bilan ishtirok etdi. Bundan tashqari, eko-innovatorlarning yangi innovasion startap loyihalarini namoyish etish uchun qo'shimcha ravishda 37 ta stend faoliyat yuritdi.

Mamlakatning barcha hududlari iqlim o'zgarishiga moslashish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga qaratilgan, o'z hududlarining salohiyatini aks ettiruvchi loyiha paketlarini taqdim etdi. Ushbu tashabbuslar donorlar va investorlar e'tiboriga havola qilindi.

Ko'rgazma davomida xalqaro tashkilotlar va kompaniyalar bilan "yashil" energetika, iqlim o'zgarishiga moslashish, suv resurslarini boshqarish, chiqindilarni qayta ishlash va boshqa ekologik yo'nalishlarda amaliy hamkorlikni kengaytirishga qaratilgan 300 ga yaqin bitim va kelishuvlar imzolandi. Xalqaro ko'rgazma doirasida 50 dan ortiq sayd-iventar, muloqot maydonchalari va tematik tadbirlar tashkil etildi.

Umuman olganda, mazkur tadbirni tashkil etishdagi kompleks va strategik yondashuv O'zbekiston uchun iqlim va ekologiya sohalariga yirik investisiyalarni jalb etish, ilg'or xalqaro tajribani joriy etish hamda mintaqaviy va xalqaro hamkorlikni yangi bosqichga olib chiqish imkoniyatlarini yaratmoqda.

CAWLN MINTAQAVIY DASTURIGA START BERILDI

Global ekologik fond (GEF) VIII Assambleyasi doirasida "Markaziy Osiyo va undan tashqarida yer va suv resurslari sohasida hamkorlikni shakllantirish" mavzusidagi davra suhbatlari suv va yer resurslarini barqaror boshqarish sohasida mintaqaviy hamkorlikni mustahkamlashga bag'ishlandi.

Tadbirida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi – Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Qozog'iston Respublikasi Ekologiya va tabiiy resurslar vaziri Yerlan Nisanbayev, Tojikiston Respublikasi Hukumati huzuridagi Atrof-muhitni muhofaza qilish qo'mitasi raisi Bahodur Sheralizoda, Shveysariyaning Federal atrof-muhitni muhofaza qilish idorasi direktori Katrin Shneyeberger, Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) bosh direktorining birinchi o'rinbosari Godfrey Maguyenzi Global ekologik fond (GEF) bosh direktori va strategiya hamda operatsiyalar bo'yicha direktori Klod Gaskon ishtirok etdi.



Davra suhbatlari davomida ishtirokchilar tabiatga asoslangan yechimlarni joriy etish, barqaror qishloq xo'jaligini rivojlantirish, degradatsiyaga uchragan ekotizimlarni tiklash hamda Markaziy Osiyoda suv xavfsizligini mustahkamlash masalalarini muhokama qildilar.

Tadbirida Aziz Abduhakimov O'zbekiston tabiatga asoslangan yechimlarni uzoq muddatli suv xavfsizligi, iqlim barqarorligi va mintaqaning barqaror rivojlanishining asosi sifatida ko'rishini ta'kidladi. Qayd etilishicha, O'zbekiston suv resurslarining qariyb 80 foizi mamlakat tashqarisida shakllanadi, yerlarning degradatsiyasi, cho'llanish va daryolar oqimining o'zgarishi

esa oziq-ovqat xavfsizligi hamda aholi farovonligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Amudaryo bo'ylab joylashgan to'qay o'rmonlari va suv-botqoq ekotizimlarini tiklash, Orol dengizining qurigan tubini o'rmonlashtirish, degradatsiyaga uchragan yaylovlarni qayta tiklash hamda suvni tejavchi texnologiyalarni keng joriy etish masalalariga alohida e'tibor qaratildi.

“

Aziz Abduhakimov suv, yer, ekotizimlar va iqlim o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni hisobga olgan holda Amudaryo va Sirdaryo havzalarini kompleks boshqarishga o'tish zarurligini ta'kidladi. Shuningdek, mintaqaviy darajada qo'shma monitoringni kuchaytirish, ma'lumotlar almashinuvi va ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish muhimligi qayd etildi.

Yerlarning degradatsiyasi va cho'llanishga qarshi kurash doirasida O'zbekistonning sho'r va qurg'oqchilikka chidamli o'simliklardan foydalangan holda galofit bog'larini yaratish tashabbusi taqdim etildi. Ushbu loyiha, avvalo, Orolbo'yi hududida ekotizimlarni tiklash va iqlimga chidamlilikni oshirishga qaratilgan.

Shuningdek, yaqinda tasdiqlangan va Global ekologik fond tomonidan moliyalashtirilayotgan "Markaziy Osiyoda suv va yerning o'zaro bog'liqligi" (CAWLN) dasturini amalga oshirish masalalariga ham alohida e'tibor berildi. Dastur ekotizimlarni tiklash, suv xavfsizligini mustahkamlash va tabiiy resurslarni integratsiyalashgan hamda ilmiy asoslangan yondashuvlar asosida barqaror boshqarishni rivojlantirishga qaratilgan.

XALQARO ANJUMAN YAKUNLARI SARHISOBI

Joriy yilning 30-mayidan 6-iyunigacha Samarqand zamonamizning eng muhim ekologik muammolarini muhokama qilish uchun global maydonga aylandi. Bu yerda Global ekologik fond (GEF)ning VIII Assambleyasi va GEF Kengashining 71-yig'ilishi bo'lib o'tdi. Assambleya tarixda ilk bor Markaziy Osiyoda tashkil etilib, 186 mamlakat vakillari, xalqaro tashkilotlar, moliyaviy institutlar, ilmiy doiralar, biznes, fuqarolik jamiyati, yoshlar va mahalliy xalqlar vakillarini birlashtirdi.

Forumning O'zbekistonda o'tkazilishi mamlakat va butun Markaziy Osiyo mintaqasining global ekologik hamda iqlim kun tartibini ilgari surishdagi roli tobora ortib borayotganining e'tirofi bo'ldi. Assambleya kun tartibida O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning forumning ochilish marosimida ilgari surgan tashabbuslari alohida o'rin egalladi. Xususan, davlatimiz rahbari Samarqandga "Markaziy Osiyoning yashil investisiyalar va innovatsiyalar poytaxti" maqomini berish tashabbusi bilan chiqdi. Ushbu platforma yashil moliyalashtirishni jalb etish, ekologik texnologiyalarni targ'ib qilish, ilmiy hamkorlikni rivojlantirish va barqaror rivojlanish sohasidagi ilg'or yechimlarni joriy etishga xizmat qiladi. Tashabbus Samarqandning mintaqadagi ekologik diplomatiya va yashil transformatsiyaning muhim markazlaridan biri sifatidagi mavqeini yanada mustahkamlashga qaratilgan.

Yana bir muhim bayonot O'zbekistonning Global ekologik fond donor mamlakatiga aylanishi haqidagi qaror bo'ldi. Xalqaro hamjamiyat bu qadamni mamlakatning nafaqat xalqaro qo'llab-quvvatlash mexanizmlaridan foydalanishga, balki global ekologik muammolarni hal etishga o'z hissasini qo'shishga tayyor ekanining dalili sifatida qabul qildi.

Tadbir yakunlarini sarhisob qilar ekan, GEF VIII Assambleyasi raisi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov Assambleya global ekologik kun tartibini ilgari surish, xalqaro hamkorlikni mustahkamlash va davlatlar hamda tashkilotlar o'rtasida ishonchni kuchaytirishga xizmat qilganini ta'kidladi.

“

– Qadimiy Samarqandda o'tgan kunlar davomida biz global ekologik kun tartibini ilgari surishga, hamkorlik va o'zaro ishonchni mustahkamlashga muvaffaq bo'ldik. Assambleya doirasida to'qqizta yuqori darajadagi davra suhbat, ellikdan ortiq qo'shimcha tadbirlar, o'nlab ikki tomonlama uchrashuvlar va ekspert muhokamalari o'tkazildi. GEF Kengashi GEF-9 dasturiy yo'nalishlari, yangilangan STAR tizimi, GEF ish dasturi va yangi moliyaviy sikldagi integratsiyalashgan dasturlarni amalga oshirish mexanizmlari bo'yicha muhim qarorlarni qabul qildi, — dedi A.Abduhakimov.

GEF-8 mablag'larining deyarli to'liq o'zlashtirilgani va yangi dasturiy qarorlarning tasdiqlanishi “Tabiat – Iqlim – Ifloslanish” integratsiyalashgan yondashuviga asoslangan GEF-9 dasturini ishga tushirish uchun mustahkam poydevor yaratadi. Shuningdek, mahalliy hamjamiyatlar va tub aholi vakillarini qo'llab-quvvatlash hamda ularning ishtirokini kengaytirish zarurligi alohida qayd etildi. Shu maqsadda GEF-9 mablag'larining kamida 20 foizini tub xalqlar va mahalliy hamjamiyatlarga yo'naltirish rejalashtirilmoqda.

Assambleya doirasida umumiy qiymati 80 million dollardan ortiq bo'lgan milliy va mintaqaviy ekologik loyihalarni amalga oshirish bo'yicha kelishuvlarga erishildi. Bundan tashqari, Markaziy Osiyo mamlakatlari yirik yirtqich mushuksimon hayvonlar va ularning ekotizimlarini muhofaza qilish bo'yicha mintaqaviy dastur ishlab chiqish hamda uni GEF-9 doirasida ilgari surish haqida kelishib oldilar.

Forumning muhim natijalaridan biri sifatida Markaziy Osiyoda suv va yer resurslarini barqaror boshqarishga qaratilgan “Cyentral Asia Water and Land Nexus” (CAWLN) mintaqaviy dasturiga rasman start berildi. Dastur g'oyasi ilk bor GEFning Vankuverdagi avvalgi Assambleyasida ilgari surilgan edi. Samarqandda esa u samarali xalqaro hamkorlik va izchil davomiylikning amaliy namunasi sifatida hayotga tatbiq etildi.

Forum yakunlarini sarhisob qilar ekan, GEFning bosh direktori hamda strategiya va operatsiyalar bo'yicha direktori Klod Gaskon Assambleyaning eng katta yutug'i xalqaro hamkorlikni mustahkamlash va global ekologik muammolarga birgalikda yechim topish bo'lganini ta'kidladi. Uning so'zlariga ko'ra, aynan davlatlar, xalqaro tashkilotlar, biznes va fuqarolik jamiyati sa'y-harakatlarini birlashtirish keng ko'lamli o'zgarishlar hamda barqaror kelajak uchun zarur sharoitlarni yaratadi.

Assambleya muhokamalarining markazida ekologik moliyalashtirishni safarbar etish, xususi sektor ishtirokini kengaytirish, innovation moliyaviy vositalarni joriy etish va tabiatni muhofaza qilishga yo'naltirilgan investisiyalar samaradorligini oshirish masalalari turdi.

Shuningdek, yaqin yillarda global ekologik siyosatning ustuvor yo'nalishlarini belgilab beradigan yangi moliyaviy davr — GEF-9 dasturiga tayyorgarlik masalalariga alohida e'tibor qaratildi.

Ishtirokchilar ekologik maqsadlarga erishish tizimli islohotlar va davlatlar, xalqaro tashkilotlar, biznes hamda jamiyat o'rtasidagi yaqin hamkorliksiz mumkin emasligini ta'kidladilar.

GEFning Ilmiy-texnik maslahat guruhi raisi Rozina Birbaum jahon iqtisodiyotining yarmidan ko'pi bevosita tabiiy kapitalga bog'liqligini, biroq tabiiy ekotizimlarga yo'naltirilayotgan investisiyalar hanuz yetarli emasligini qayd etdi. Xalqaro moliya institutlari va xususi sektor vakillari global kapitalni ekologik loyihalarga faolroq jalb etishga hamda atrof-muhit degradatsiyasini iqtisodiy barqarorlikka ta'sir qiluvchi asosiy omillardan biri sifatida ko'rib chiqishga chaqirdilar.

Assambleya doirasida fuqarolik jamiyati, yoshlar, ayollar, tub xalqlar va mahalliy hamjamiyatlarning roliga ham katta e'tibor qaratildi. Ishtirokchilar ekologik siyosatni samarali amalga oshirish keng jamoatchilik ishtirokisiz mumkin emasligini bir necha bor ta'kidladi. Shu munosabat bilan “Butun jamiyat yondashuvi” (Whole-of-Society Approach) tamoyili GEF-9 dasturining asosiy elementlaridan biri sifatida e'tirof etildi.

Assambleya bilan bir vaqtda Samarqandda “Eco Expo Cyentral Asia 2026” xalqaro ko'rgazmasi ham bo'lib o'tdi. Tadbir dunyoning 150 dan ortiq mamlakatidan qariyb 10 ming ishtirokchini birlashtirdi. Ko'rgazmada 120 dan ortiq pavilyon, ekologik startaplar, innovation texnologiyalar hamda barqaror rivojlanish va yashil iqtisodiyot sohasidagi investisiyaviy loyihalar namoyish etildi.

Ko'rgazma yakunlariga ko'ra, umumiy qiymati qariyb 520 million dollar bo'lgan 300 ga yaqin yashil loyiha va tashabbuslarni amalga oshirish bo'yicha kelishuvlarga erishildi. Shu munosabat bilan Aziz Abduhakimov xalqaro hamkorlarni 2027-yilda Toshkent xalqaro investisiya forumi doirasida o'tkaziladigan va barqaror rivojlanish hamda yashil investisiyalarga bag'ishlanadigan “Eco Expo Cyentral Asia 2027” ko'rgazmasida ishtirok etishga taklif qildi.

Xalqaro media-monitoringning dastlabki ma'lumotlariga ko'ra, GEFning VIII Assambleyasi dunyoning 70 dan ortiq mamlakatidagi ommaviy axborot vositalarida 15 tilda qariyb 500 marta tilga olingan. Bu esa forumga bo'lgan yuqori xalqaro qiziqish va O'zbekistonning ekologik diplomatiyadagi roli tobora ortib borayotganidan dalolat beradi.

Samarqandda bo'lib o'tgan GEFning VIII Assambleyasi nafaqat yilning eng yirik xalqaro ekologik maydoniga aylandi, balki 2030-yilgacha bo'lgan global barqaror rivojlanish maqsadlariga erishish yo'lidagi hal qiluvchi davrga tayyorgarlikning muhim bosqichi ham bo'ldi. Qabul qilingan qarorlar, ishga tushirilgan dasturlar va shakllantirilgan hamkorliklar yaqin yillarda xalqaro ekologik hamkorlikning asosiy yo'nalishlarini belgilab beradi hamda yanada barqaror va ekologik xavfsiz kelajakka o'tishga xizmat qiladi.



O'ZBEKISTON PREZIDENTI MARKAZIY OSIYODA IQLIM VA EKOLOGIYA MUAMMOLARINI HAL QILISH BO'YICHA YANGI TASHABBUSLARNI ILGARI SURDI

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev 22-aprel kuni Ostona shahrida bo'lib o'tgan Mintaqaviy ekologik sammitning ochilish marosimida ishtirok etdi.

Tadbirda Qozog'iston Prezidenti Qasim-Jomart Toqayev, Qirg'iziston Prezidenti Sadir Japarov, Tojikiston Prezidenti Emomali Rahmon, Turkmaniston Prezidenti Serdar Berdimuhamedov, Mo'g'uliston Prezidenti Uxnaagiyn Xurelsux, Armaniston Prezidenti Vaagn Xachaturyan, Gruziya Prezidenti Mixail Kavelashvili va Ozarbayjon Bosh vaziri Ali Asadov hamda xalqaro va mintaqaviy tashkilotlar rahbarlari ham qatnashdi.

Davlatimiz rahbari o'z nutqida Qozog'iston Respublikasi Prezidenti Qasim-Jomart Toqayevni sammitning muvaffaqiyatli tashkil etilgani bilan samimiy tabriklab, uning ekologik xavf-xatarlarning o'zaro bog'liqligi va ularni birgalikda hal qilish zarurligini o'zida mujassam etgan "Barqaror kelajak uchun umumiy nioh" degan bosh g'oyasini to'liq qo'llab-quvvatlashini bildirdi.

Prezidentimiz mazkur uchrashuv o'tgan yili Samarqand iqlim forumida boshlangan muloqotning mantiqiy davomi ekanini ta'kidlab, Markaziy Osiyo davlatlarining ekologik diplomatiyasi tizimli va izchil tus olib, sifat jihatidan yangi bosqichga ko'tarilayotganidan mamnunligini ta'kidladi.

O'zbekiston yetakchisi qayd etganidek, bugungi kunda ekologik muammolarni global iqlim o'zgarishlaridan ayri holda ko'rib chiqib bo'lmaydi.

“

– Global isish sur'atlarining tezlashishi davom etmoqda, Markaziy Osiyo mintaqasida esa harorat ikki barobar tezroq ko'tarilmoqda. Mintaqa muzliklarining qariyb uchdan bir qismi yo'qoldi, yog'ingarchilik tartibining beqarorligi kuzatilmoqda, suv resurslari tanqisligi ortib bormoqda. Yer maydonlarining 80 million gektari allaqachon degradatsiyaga uchradi, – dedi davlatimiz rahbari.

Global ekologik birdamlik zaiflashayotganidan chuqur xavotir bildirildi. Rivojlanayotgan mamlakatlar iqlim o'zgarishi bilan bog'liq moliyalashtirish, ilg'or texnologiyalar va innovatsiyalardan o'z vaqtida va adolatli foydalanish imkoniyati bilan ta'minlanishi muhimligi ta'kidlandi.

Markaziy Osiyo davlatlari atrof-muhitni muhofaza qilish masalalarini mintaqaviy hamkorlikning eng muhim ustuvor yo'nalishi darajasiga ko'tarishga muvaffaq bo'lgani mamnuniyat bilan qayd etildi.

Buni “yashil” kun tartibini ilgari surish, iqlim o‘zgarishiga moslashish va atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha bir qator muhim, strategik ahamiyatga ega mintaqaviy dasturlarning qabul qilingani ham tasdiqlamoqda.

Davlatimiz rahbari O‘zbekistonda ekologik barqarorlikni ta‘minlash bo‘yicha ko‘rilayotgan tizimli chora-tadbirlarga alohida to‘xtalib o‘tdi.

“

– “Yashil makon” loyihasi doirasida qariyb 1 milliard tup daraxt va buta ekildi. Orol dengizining qurigan tubida 2 million hektardan ortiq maydonda o‘rmonzorlar barpo etilib, yangi “yashil belbog”lar yaratilmoqda. Bizning tashabbusimiz bilan BMT Bosh Assambleyasining “O‘rmonlashtirish va o‘rmonlarni tiklash bo‘yicha harakatlar o‘n yilligi” rezolyutsiyasi qabul qilindi, – dedi O‘zbekiston yetakchisi.

Bundan tashqari, suvni tejash borasidagi keng ko‘lamli sa‘y-harakatlar natijasida yiliga 10 milliard kub metr suv iqtisod qilinmoqda. Mamlakatimizning generatsiya quvvatlarida “yashil” energetika ulushi allaqachon 30 foizga yetdi, 2030-yilning oxiriga borib esa 50 foizdan oshadi.

Parij bitimi bo‘yicha zararli chiqindilarni 35 foizga kamaytirish majburiyati muddatidan oldin bajarilib, 2035-yilgacha ularni ikki barobar qisqartirish bo‘yicha yangi marra belgilandi.

Chiqindilardan energiya ishlab chiqarish bo‘yicha loyihalar faol amalga oshirilmoqda. Joriy yilda chiqindilarni yoqish bo‘yicha ikkita yangi zavod ishga tushiriladi, yana 9 tasi esa kelgusi ikki yil davomida faoliyatini boshlaydi. Ularning ishga tushirilishi har yili 5,5 million tonna chiqindini utilizatsiya qilish, 2,2 milliard kilovatt-soat elektr energiyasi ishlab chiqarish, shuningdek, chiqindilar hajmini 1 million tonnadan ortiqqa qisqartirish imkonini beradi.

Davlatimiz rahbari o‘z nutqida Markaziy Osiyodagi iqlim va ekologiya muammolarini hal qilish bo‘yicha bir qator aniq tashabbuslarni ilgari surdi.

Atmosfera havosining sifati yomonlashayotgan sharoitda “Markaziy Osiyoning toza havosi” davlatlararo konsorsiumini ta‘sis etish taklifi bildirildi. Konsorsium sanoatni modernizatsiya qilib, havoga chiqarilayotgan zararli moddalar uchun tozalash tizimlarini joriy etadigan “yashil” moliyalashtirishning qo‘shma operatoriga aylanishi mumkin.

Prezidentimiz Toshkentdagi Yashil universitet huzurida faoliyat yuritayotgan Cho‘llanishga qarshi kurashish, qurg‘oqchilikning oldini olish hamda qum va chang bo‘ronlari haqida barvaqt ogohlantirish markaziga mintaqaviy maqom berish muhimligini ta‘kidladi. Markaz bazasida ilmiy salohiyatni birlashtirish yerlarning degradatsiyasi hamda tuz va changli



bo‘ronlarni monitoring qilish bo‘yicha kuchli tizimni yaratish imkonini berishi ta‘kidlandi.

Texnologik o‘tish jarayonlarini tezlashtirish uchun imtiyozli bojxona tartiblari va ekomahsulotlar uchun sertifikatlarni o‘zaro tan olishni nazarda tutuvchi “Markaziy Osiyo yashil savdo yo‘lagi”ni shakllantirish tashabbusi ilgari surildi.

Markaziy Osiyo iqlim loyihalarining yagona investitsiya portfelini yaratish dolzarb masala ekanligi qayd etildi. Bu mintaqani rivojlantirish bo‘yicha yaxlit strategiya bilan harakat qilish imkonini yaratib, sheriklarda uni amalga oshirishga bo‘lgan qiziqishni kuchaytiradi.

Markaziy Osiyo atrof-muhitidagi o‘zgarishlarning yagona mintaqaviy atlasini yaratilishi mintaqadagi cho‘llanish, tuproq degradatsiyasi jarayonlari va suv resurslari holati dinamikasini yaqqol ifoda etadigan fundamental ilmiy-tahliliy bazaga aylanishi mumkin.



Biologik xilma-xillikni saqlash uchun “Markaziy Osiyo Qizil kitobi”ni ishlab chiqish, bu jarayonda Xalqaro tabiatni muhofaza qilish ittifoqining Toshkentdagi mintaqaviy ofisini muvofiqlashtiruvchi sifatida belgilash taklif qilindi.

Yoshlar orasida iqlim kun tartibi va ekologik madaniyatni ilgari surish uchun 2027-yilda O‘zbekistonda Butunjahon yoshlar iqlim forumini o‘tkazishga tayyorlik bildirildi.

Davlatimiz rahbari so‘zining yakunida tadbir ishtirokchilarini shu yil Samarqandda bo‘lib o‘tadigan Global ekologik fondning sakkizinchi assambleyasi va Suvni tejash bo‘yicha butunjahon forumida ishtirok etishga taklif etdi.

O'ZBEKISTON PREZIDENTI OROLNI QUTQARISH XALQARO JAMG'ARMASIGA RAISLIKNING USTUVOR YO'NALISHLARINI BELGILAB BERDI

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev 22-aprel kuni Orolni qutqarish xalqaro jamg'armasi (OOXJ) ta'sischi davlatlari rahbarlari kengashining navbatdagi yig'ilishida ishtirok etdi.

Qozog'iston Prezidenti Qasim-Jomart Toqayev raisligida o'tgan tadbirda Qirg'iziston Prezidenti Sadir Japarov, Tojikiston Prezidenti Emomali Rahmon, Turkmaniston Prezidenti Serdar Berdimuhamedov va OOXJning Ijroiya qo'mitasi raisi Asxat Orazbay ham qatnashdi.

Kun tartibiga muvofiq, Qozog'istonning 2023 - 2026-yillarda OOXJga raisligining natijalari sarhisob qilinib, Orol dengizi havzasida ekologiya, suv resurslarini boshqarish va ijtimoiy-iqtisodiy holatni yaxshilashning dolzarb masalalari yuzasidan fikr almashildi.

O'zbekiston Prezidenti o'z nutqida Orolni qutqarish xalqaro jamg'armasi noyob mintaqaviy tuzilma sifatida faoliyat yuritib kelayotganini, Markaziy Osiyoda suv taqchilligining kuchayishiga sabab bo'layotgan iqlim o'zgarishlari va suv iste'moli ko'payib borayotgan sharoitda uning roli va ahamiyati yanada ortayotganini ta'kidladi.

“

– EKSPERTLARNING BAHOLARIGA KO'RA, 2040-YILGA BORIB, OROL DENGIZI HAVZASIDA SUV RESURLARI TAQCHILLIGI DEYARLI IKKI BAROBAR – YILIGA 20 MILLIARD KUB METRGACHA OSHISHI MUMKIN. BU ICHIMLIK SUVI TA'MINOTI, EKOLOGIYA, AGRAR SEKTOR, ENERGETIKA VA IJTIMOY BARQARORLIK UCHUN QO'SHIMCHA XAVF-XATARLARNI YUZAGA KELTIRADI, – DEDI SHAVKAT MIRZIYOYEV.

Shunday bir paytda mintqa mamlakatlari suv resurslaridan foydalanish samaradorligi bo'yicha eng quyi o'rinlarni egallab turibdi. Qishloq xo'jaligida bir dollar miqdoridagi qo'shilgan qiymatni yaratish uchun mamlakatlarimiz deyarli uch kub metr suv sarf etmoqda, dunyoda esa bu ko'rsatkich o'rtacha ikki barobar kam.

Davlatimiz rahbari O'zbekistonda suvdan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha ko'rilayotgan chora-tadbirlarga batafsil to'xtalib o'tdi. Qisqa muddatda O'zbekistondagi



barcha sug'oriladigan yerlarning 60 foizida suvni tejaydigan texnologiyalar joriy etildi, irrigatsiya tarmoqlarini betonlash 40 foizga yetkazildi. Nasos stansiyalarini modernizatsiya qilish hisobiga suv xo'jaligida energiya iste'moli qariyb 30 foizga qisqartirildi.

Olti yuz mingdan ortiq suvdan foydalanuvchilar va 4 million gektardan ziyod sug'oriladigan yerlarni qamrab oladigan yagona raqamli ma'lumotlar bazasi shakllantirilmogda.

Mazkur loyihalar amalga oshirilishi tufayli har yili 10 milliard kub metrdan ortiq suv resurslarini tejash ta'minlanmogda. 2030-yilga borib esa bu ko'rsatkich 15 milliard kub metrni tashkil etadi.

Ushbu chora-tadbirlarning barchasi kompleks va izchil xarakterga ega bo'lib, o'tgan yili qabul qilingan Suv kodeksida o'z ifodasini topgan.

Mamlakatimiz yetakchisi O'zbekiston jamg'armani mintaqaviy integratsiyaning muhim drayverlaridan biriga aylantirishga erishishni maqsad qilganini bildirdi. Shu munosabat bilan O'zbekistonning kelgusi yildan boshlanadigan OQXJga raisligi davridagi ustuvor yo'nalishlarga to'xtalib o'tdi.

Avvalo, jamg'armaning faoliyatini rivojlantirish va modernizatsiya qilish, uning tuzilmasi va shartnomaviy-huquqiy bazasini takomillashtirish zarurligi qayd etildi. Jamg'arma organlarining vakolatlarini kengaytirish, ularning maqomi va mas'uliyatini oshirish bo'yicha takliflar qo'llab-quvvatlandi.

Qirg'izistonning Orolni qutqarish xalqaro jamg'armasi faoliyatidagi to'laqonli ishtiroki qayta tiklanishiga umid bildirildi. Bu jamg'armaning yanada mutanosib va uzoq muddatli qarorlar qabul qilishiga xizmat qilishi ta'kidlandi.

O'zbekiston yetakchisi OQXJ kun tartibini Markaziy Osiyo davlatlari rahbarlarining Maslahat uchrashuvlari qarorlari bilan uyg'unlashtirishga chaqirdi. Maslahat uchrashuvlari davomida oliy darajada kelishilgan barqaror rivojlanishning ustuvor yo'nalishlari jamg'armaning tarmoq mexanizmlari orqali ham amaliyotga tatbiq etilishi mumkinligi ta'kidlandi.

Jamg'arma dastur va loyihalari samaradorligini oshirish muhimligi qayd etildi. Shu munosabat bilan Orol dengizi havzasi bo'yicha to'rtinchi dastur ijrosi monitoringiga samaradorlikning muhim ko'rsatkichlarini kiritish taklif qilindi. Bu ijobiy o'zgarishlarni kuzatish, muammoli jihatlarni aniqlash hamda xalqaro hamkorlardan qo'shimcha mablag'lar va texnik ko'mak jalb etishga yordam beradi.

Ustuvor dasturlar uchun mavjud ta'sirchan moliyalashtirish vositalaridan foydalanish zarurligi ta'kidlandi. Xususan, BMtning Orolbo'yi mintaqasi uchun Inson xavfsizligi bo'yicha ko'psheeriklik trast fondining mandati va geografik qamrovini butun Orol dengizi havzasiga kengaytirish imkoniyatini ko'rib chiqish taklifi bildirildi.

“

– BU BARCHA DAVLATLARIMIZ HUDUDI-DA HAYOTIY MUHIM EKOLOGIK VA IJTIMOIY-IQTISODIY LOYIHALARNI AMALGA OSHIRISH UCHUN MAQSADLI INVESTITSİYALARNI YO'NALTIRISH IMKONINI BERADI, – DEDI SHAVKAT MIRZIYOYEV.

OQXJ va boshqa mintaqaviy tuzilmalar o'rtasida faol hamkorlikni yo'lga qo'yish masalasining dolzarbligiga urg'u berildi. Jamg'arma suv-energetika masalalari, muzliklar va tog' ekotizimlarini saqlash, iqlim o'zgarishiga moslashish, cho'llanishga qarshi kurashish bo'yicha samarali mintaqaviy platformalar bilan amaliy hamkorlikni yo'lga qo'yishi zarur. Bunga misol sifatida jamg'armaga Toshkentdagi Yashil universitet qoshidagi Cho'llanishga qarshi kurashish markazi bilan hamkorlikda maqsadli loyihalarni amalga oshirish taklif etildi.

O'zbekiston Prezidenti xalqlarimizning suvga hayot manbai sifatida ehtiyotkorlik bilan munosabatda bo'lish borasidagi ko'p asrlik an'analarini qayta tiklash zaruratiga alohida e'tibor qaratdi.

“

– KO'RINIB TURIBDIKI, AGAR JAMIYATNING SUVGABO'LGAN MUNOSABATI O'ZGARMASA, HECH QANDAY MUHANDISLIK YECHIMLARI KUTILGAN SAMARANI BERMAYDI. UZLUKSIZ TA'LIM TIZIMI ORQALI – MAKTABGACHA TA'LIM DARAJASIDAN TO MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHGACHA – SUVDAN OQILONA FOYDALANISHNI HAR BIR KISHINING KUNDALIK ODATIGA, UMUMIY MADANIY KODIMIZGA AYLANITIRISHGA INTILISHIMIZ LOZIM, – DEDI DAVLATIMIZ RAHBARI.

Shuningdek, asosiy qismi fermerlar va sanoatchilarni suvni tejovchi zamonaviy texnologiyalardan foydalanishga amaliy jihatdan o'rgatadigan “Kelajak suvi” mintaqaviy dasturini ishga tushirish taklif etildi.

O'zbekiston yetakchisi Afg'oniston bilan konstruktiv hamkorlikni mustahkamlash va uni iqlim, ekologiya, qishloq va suv xo'jaligi masalalari bo'yicha mintaqaviy hamkorlikka jalb etish muhimligini ta'kidladi. Bugungi kunda Afg'onistonda qirg'oqlarni mustahkamlash va melioratsiya ishlarini olib borish uchun xalqaro donorlarning moliyaviy mablag'larini jalb etish dolzarbdur.

Istiqbolda Orol havzasidagi barcha mamlakatlar, shu jumladan, Afg'onistonning huquq va majburiyatlarini hisobga olgan holda suv resurslarini taqsimlash bo'yicha mintaqaviy shartnomaviy-huquqiy bazani shakllantirish zarur.

Davlatimiz rahbari so'zining yakunida 2026 - 2036-yillarni “Markaziy Osiyoda suvdan oqilona foydalanish bo'yicha amaliy harakatlar o'n yilligi” deb e'lon qilish va mintaqa mamlakatlarida Suv haftaliklarini muntazam o'tkazib borishga qaratilgan tashabbuslar amalga oshirilishining qo'llab-quvvatlanishiga umid bildirildi.

O'zbekiston Prezidenti qo'shni mamlakatlar yetakchilarini shu yilning sentabr oyida Samarqandda bo'lib o'tadigan Suvni tejash bo'yicha butunjahon forumida ishtirok etishga yana bir bor taklif etdi.

OQXJ yig'ilishida Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston va Turkmaniston rahbarlari ham so'zga chiqdilar.

Tadbir yakunida yetakchilar Ostona bayonotini, Qozog'iston raisligining borishi to'g'risida, 26-martni Xalqaro Orol dengizi, Amudaryo hamda Sirdaryo kuni deb e'lon qilish to'g'risida hamda O'zbekiston yetakchisini 2027 - 2029-yillarda jamg'arma prezidenti etib saylash to'g'risidagi qarorlarni imzoladilar.



EKOLOGLAR VA FAOLLARNING ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHDAGI HISSASI E'TIROF ETILDI

Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasida 5-iyun — Butunjahon atrof-muhit kuniga bag'ishlangan "Tabiat himoyachisi" ko'krak nishonini topshirish marosimi bo'lib o'tdi.



Tadbirda
bag'ishlangan
videorolikni
tomosha
qilish uchun
skanerlang

A.Abduhakimov Butunjahon atrof-muhit kuni nafaqat bayram, balki har bir insonning kelajak avlodlar oldidagi katta mas'uliyati ekanini qayd etdi.



— Tabiatni himoya qilish faqat davlat organlari yoki alohida mutaxassislarining vazifasi emas. Bu har bir fuqaro uchun hayot tarziga aylanishi kerak bo'lgan umuminsoniy qadriyatdir. Bugun atrof-muhitni qanchalik asrasak, kelajak avlodlarga shunchalik sog'lom va farovon hayot qoldiramiz. Shu bois barchani ekologik tashabbuslarda faol ishtirok etishga, tabiatga ehtiyotkorona munosabatda bo'lishga hamda mamlakatimizning "yashil" rivojlanish maqsadlarini amalga oshirishga munosib hissa qo'shishga chaqiramiz, — dedi qo'mita raisi.



Mukofotlarni O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov topshirdi. Ko'krak nishoni bilan qo'mitaning mas'ul xodimlari, tizim tashkilotlari va hududiy bo'linmalar vakillari, hamkor tashkilotlar, ommaviy axborot vositalari vakillari hamda ekoaktivistlar taqdirlandi.

Marosimni ochib bergan A.Abduhakimov keyingi yillarda O'zbekiston Respublikasi Prezidenti rahbarligida ekologik xavfsizlik va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylanganini ta'kidladi. Qo'mita raisi o'z nutqida bugungi kunda O'zbekiston ekologik kun tartibidagi dolzarb masalalarni hal etishda xalqaro hamkorlikka alohida ahamiyat qaratayotganini qayd etdi.

Shuningdek, O'zbekistonda mintaqaviy va xalqaro ekologik hamkorlikni rivojlantirish bo'yicha keng ko'lamli ishlar olib borilayotgani ta'kidlandi. Xususan, 31-maydan 6-iyungacha Samarqandda Global ekologik fondning VIII Assambleyasi hamda "Eco Expo Cyentral Asia 2026" xalqaro ko'rgazmasi muvaffaqiyatli o'tkazildi. Ushbu tadbirlar O'zbekistonning ekologik texnologiyalar, investisiyalar va ilg'or xalqaro tajriba almashinuvi uchun muhim maydon sifatidagi roli ortib borayotganini namoyon etdi.

Tadbir davomida "Tabiat himoyachisi" ko'krak nishoni bilan Ekologiya qo'mitasi, uning tizim tashkilotlari va hududiy bo'linmalarining 62 nafar faol xodimi, shuningdek, hamkor tuzilmalar, ilmiy hamjamiyat, madaniyat, yoshlar va jamoat tashkilotlari vakillari taqdirlandi. Mukofotlanganlar orasida vazirlik va idoralar, Zamin xalqaro jamoat fondi, Xalqaro suv resurslarini boshqarish instituti (IWMI), O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Botanika instituti, O'zbekiston Yoshlar teatri, "Yosh ekologlar" harakati kengashi vakillari, shuningdek, ekofaollar va OAV vakillari bor.

Umuman olganda, joriy yilda respublika bo'ylab atrof-muhitni muhofaza qilish, ekologik madaniyatni rivojlantirish va barqaror rivojlanish tamoyillarini ilgari surishga katta hissa qo'shgan 169 nafar fuqaro "Tabiat himoyachisi" ko'krak nishoni bilan taqdirlandi.

5-7-iyun kunlari Istanbul shahrida "Antaliyaga yo'l: iqlim harakati sifatida nol chiqindi" (The Road to Antalya: Zero Waste as Climate Action) mavzusidagi xalqaro «Zero Waste Forum 2026» doirasida "Sanoatning ekologik modernizatsiyasi: "Nol chiqindi" konsepsiyasi va sirkulyar iqtisodiyot istiqbollari" mavzusidagi yuqori darajadagi vazirlar sessiyasi bo'lib o'tdi. Unda O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi delegatsiyasi ishtirok etdi.



O'zbekiston tomoni iqlim kun tartibi va COP31 tayyorgarligi doirasida bir qator tashabbuslarni ham ilgari surdi. Jumladan, chiqindilarni oddiy utilitatsiya qilish amaliyotidan resurslardan samarali foydalanish tizimiga o'tish, ekologik boshqaruvda raqamlashtirish va sun'iy intellektdan foydalanishni rivojlantirish taklif etildi. Materiallarning hayotiy siklini monitoring qilish va chiqindilarni qayta ishlash hajmlarini real vaqt rejimida kuzatib borish imkonini beruvchi yagona mintaqaviy raqamli platformani yaratish muhimligi qayd etildi.

Nutq davomida xalqaro ekologik hamkorlik masalasiga alohida e'tibor qaratildi. Samarqandda bo'lib o'tgan GEF VIII Assambleyasi hamda «Eco Expo Central Asia 2026» xalqaro ko'rgazmasi O'zbekistonning ko'p tomonlama ekologik diplomatiya va "yashil" iqtisodiyot tamoyillariga sodiqligini tasdiqlashi ta'kidlandi.

Forum doirasida O'zbekiston delegatsiyasi xalqaro hamkorlar bilan qator ikki tomonlama uchrashuvlar o'tkazdi. Jumladan, UN-Habitat, UNCTAD, BMT texnologiyalar banki, shuningdek, Germaniya va Turkiya vakillari bilan muzokaralar olib borildi. Uchrashuvlarda barqaror urbanizatsiya, chiqindilarni boshqarish, "yashil" texnologiyalarni rivojlantirish, ekologik ta'lim va COP31 uchun qo'shma tashabbuslarni tayyorlash masalalari muhokama qilindi.

«ZERO WASTE FORUM 2026» DOIRASIDA HAMKORLIK MUSTAHKAMLANMOQDA

«Zero Waste» xalqaro forumi 100 dan ortiq davlat vakillarini, jumladan, 30 ga yaqin xorijiy mamlakatlar vazirliklari rahbarlarini, shuningdek, BMT tuzilmalari, BMT Aholi punktlari bo'yicha dasturi (UN-Habitat), BMTning savdo va taraqqiyot bo'yicha konferensiyasi (UNCTAD), ilmiy muassasalar va xususiy sektor vakillarini birlashtirdi.

Vazirlar sessiyasida O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi vakillari "Nol chiqindi" tamoyili bugungi kunda shunchaki ekologik tashabbus emas, balki barqaror rivojlanish va texnologik suverenitetning yangi modeli sifatida shakllanayotganini ta'kidladi. Chiqindilar atrof-muhit ifloslanishining asosiy omillaridan biri bo'lib, iqlim o'zgarishi, bioxilma-xillikning kamayishi va global ekologik vaziyatning yomonlashuviga bevosita ta'sir ko'rsatishi qayd etildi.

Shuningdek, O'zbekistonda chiqindilar bilan ishlash sohasi amalga oshirilayotgan ekologik islohotlarning ustuvor yo'nalishlaridan biri etib belgilanganligi ta'kidlandi. Mamlakatda sirkulyar iqtisodiyot tamoyillari izchil joriy etilmoqda, chiqindilarni boshqarish infratuzilmasi modernizatsiya qilinmoqda hamda chiqindilardan energiya ishlab chiqarish loyihalari amalga oshirilmoqda. Xususan, joriy yilda ikkita chiqindini yoqish zavodini ishga tushirish, keyingi yillarda esa yana to'qqizta shunday obyektni foydalanishga topshirish rejalashtirilgan. Bu yilga 5,5 million tonnagacha chiqindini qayta ishlash va issiqxona gazlari chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

UN-Habitat ijrochi direktori Anaklaudiya Rossbax bilan bo'lib o'tgan uchrashuvda O'zbekiston tomoni mamlakatda amalga oshirilayotgan ekologik islohotlar va Orolbo'yi inqirozi oqibatlarini yumshatish bo'yicha chora-tadbirlarni taqdim etdi. Mintaqaning barqaror rivojlanishi, Orol dengizining qurigan tubida o'rmonzorlar barpo etish va «Green University» loyihasini rivojlantirish masalalariga alohida e'tibor qaratildi. Shuningdek, O'zbekistonda UN-Habitatning mintaqaviy vakolatxonasini ochish istiqbollari muhokama qilindi. Uchrashuv yakunida 2027-yilda Samarqandda xalqaro «World Cleanup Day» aksiyasini o'tkazish bo'yicha amaliy ishlarni boshlashga kelishib olindi.

UNCTAD bosh kotibi Rebeka Grinspan bilan uchrashuvda esa O'zbekistonning ekologiya va chiqindilarni boshqarish sohasidagi xalqaro tashabbuslari yuqori baholandi. Tomonlar UNCTAD shafeligida O'zbekistonda chiqindilarni boshqarish bo'yicha xalqaro forum tashkil etish masalasida hamkorlik qilishga kelishib oldilar.

Germaniya, BMTning Texnologiyalar banki hamda Turkiya tomoni vakillari bilan o'tkazilgan muzokaralarda uglerod izini kamaytirish, transport sohasini ekologiyalashtirish, "yashil" texnologiyalar transferi, shuningdek, ayollar va yoshlarni ekologik kun tartibiga keng jalb etish bo'yicha qo'shma tashabbuslar muhokama qilindi.

Uchrashuvlar yakunida amaliy hamkorlikni kengaytirish hamda qo'shma ekologik loyihalarni amalga oshirish yuzasidan kelishuvlarga erishildi.

O'ZBEKISTON BONNDA IQLIM MAJBURIYATLARINI AMALGA OSHIRISHDAGI YUTUQLARINI FMCP3 SESSIIYASIDA TAQDIM ETDI

13-iyun kuni Milliy iqlim markazi direktori Farrux Sattarov boshchiligidagi O'zbekiston Respublikasi delegatsiyasi Germaniyaning Bonn shahrida bo'lib o'tgan Taraqqiyotni ko'p tomonlama ko'rib chiqish bo'yicha ishchi guruhning uchinchi sessiyasi (FMCP3) da ishtirok etdi.

Ma'lumot uchun, FMCP3 BMTning Iqlim o'zgarishi bo'yicha Hadli Konvensiyasi doirasidagi Yordamchi organlarning 64-sessiyasi (SB 64) doirasida o'tkazildi. Ushbu sessiya Parij kelishuvining asosiy mexanizmlaridan biri bo'lib, mamlakatlar o'rtasida milliy iqlim majburiyatlarini bajarish bo'yicha ochiq axborot almashinuvi orqali shaffoflikni oshirish va o'zaro ishonchni mustahkamlashga xizmat qiladi. Jarayon ilg'or tajribalarni ommalashtirish va iqlim o'zgarishiga qarshi kurashishda xalqaro hamkorlikni rivojlantirishga ko'maklashadi.

Yig'ilish davomida O'zbekiston delegatsiyasi milliy iqlim majburiyatlarini bajarish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish, energiya samaradorligini oshirish hamda iqtisodiyotning iqlim xavflariga chidamliligini mustahkamlash borasida amalga oshirilayotgan islohot va tashabbuslar natijalarini taqdim etdi.



“

Sessiyada so'zga chiqqan Farrux Sattarov O'zbekiston shaffoflikni samarali iqlim siyosatining ajralmas qismi deb bilishini va Parij kelishuvining Kengaytirilgan shaffoflik tizimi doirasidagi majburiyatlariga sodiq qolayotganini ta'kidladi. U iqlim o'zgarishi Markaziy Osiyo mamlakatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatayotgani, suv resurslari tanqisligi, yerlarning degradatsiyasi va muzliklarning erishi kabi muammolarni yanada kuchaytirayotganini qayd etdi.

”

Shuningdek, yangilangan Milliy miqyosda belgilangan hissa (NDC) dasturiga alohida e'tibor qaratildi. Unga ko'ra, O'zbekiston 2035-yilgacha 2010-yil darajasiga nisbatan YAIM birligiga to'g'ri keladigan issiqxona gazlari tashlamalarini 50 foizga kamaytirish majburiyatini olgan. Iqtisodiyotning uglerod sig'imini 35 foizga kamaytirish bo'yicha avvalgi maqsad muddatidan oldin bajarilgani, hozirda esa yanada yuqori natijalarga erishish uchun qo'shimcha choralar amalga oshirilayotgani ta'kidlandi.

Bundan tashqari, quyosh va shamol energetikasi sohasidagi yirik loyihalar tufayli mamlakatning o'rnatilgan elektr ishlab chiqarish quvvatlarida “yashil” energiya ulushi qariyb 30 foizga yetgani, 2030-yilga borib esa bu ko'rsatkich 50 foizdan oshishi prognoz qilinayotgani qayd etildi.

Iqlim o'zgarishiga moslashish yo'nalishida O'zbekiston suv resurslaridan oqilona foydalanish bo'yicha chora-tadbirlarni davom ettirmoqda. Suvni tejoychi texnologiyalarning keng joriy etilishi natijasida har yili qariyb 10 milliard kub metr suv tejalamoqda.

Qolaversa, mamlakat milliy iqlim boshqaruvi tizimini izchil takomillashtirmoqda, issiqxona gazlari inventarizatsiyasi tizimini mustahkamlamoqda, ma'lumotlarni yig'ish mexanizmlarini rivojlantirmoqda hamda iqlim hisobotlarini tayyorlash salohiyatini oshirmoqda.

O'zbekiston bundan buyon ham global iqlim jarayonlarida faol ishtirok etish, xalqaro hamkorlikni mustahkamlash, iqlim moliyalashtirishini jalb qilish va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish orqali Parij kelishuvi maqsadlariga erishish hamda iqlim o'zgarishiga chidamlilikni oshirish yo'lida izchil faoliyat olib borishni rejalashtirmoqda.

27-MAY KUNI MARKAZIY OSIYO ATROF-MUHIT VA IQLIM O'ZGARISHINI O'RGANISH UNIVERSITETINING (GREEN UNIVERSITY) MASOFAVIY TA'LIMGA IXTISOSLASHGAN RAQAMLI BO'LINMASI BO'LGAN DIGITAL-FILIALI TAQDIMOTI BO'LIB O'TDI.

TADBIRDA EKOLOGIYA VA IQLIM O'ZGARISHI MILLIY QO'MITASI HUZURIDAGI "GREEN UNIVERSITY" REKTORI BAXTIYOR PULATOV, IQLIM O'ZGARISHI MILLIY MARKAZI VAKILLARI, "NEODIGITAL COMPANY" TEXNIK DIREKTORI SHOHJAHON HAKIMOV, LOYIHA RAHBARI SAULA MUQADAMOVA, SHUNINGDEK, HR VA PR MASALALARI BO'YICHA MASLAHATCHI DANATA DAVRONOVA ISHTIROK ETDI.



Ekologik ta'lim sohasidagi ilk Digital-filial konsepsiyasi

Taqdimot davomida ekologiya, iqlim o'zgarishi va barqaror rivojlanish yo'nalishlari bo'yicha ingliz tilida ta'lim beruvchi, to'liq akkreditatsiyadan o'tgan onlayn universitet modeli namoyish etildi.

Shuningdek, loyiha nafaqat O'zbekistonga, balki Markaziy Osiyo davlatlariga, istiqbolda esa xalqaro auditoriyaga ham mo'ljallangani ta'kidlandi.



Taqdim etilgan konsepsiyaga ko'ra, Digital-filial quyidagilarni nazarda tutadi: "Green University" bazasida masofaviy ta'lim jarayonini tashkil etish; raqamli ta'lim platformasidan foydalanish; proktoring va talabalarni qo'llab-quvvatlash tizimini joriy etish; davlat namunasidagi "Green University" diplomlarini beruvchi dasturlarni yo'lga qo'yish; O'zbekiston hududlari hamda Markaziy Osiyo mamlakatlaridagi talabalar uchun ekologik ta'lim imkoniyatlarini kengaytirish.



Tadbirida raqamli platformani "UzCloud" server infratuzilmasida joylashtirish, ta'lim muhitini esa "Moodle LMS" tizimi asosida yuritish rejalashtirilayotganligi alohida ta'kidlandi.

Taqdimot davomida raqamli universitet arxitekturasini, loyihaning moliyaviy modeli, ishga tushirish va operatsion boshqaruv bosqichlari, shuningdek, talabalarni tyutorlik asosida qo'llab-quvvatlash konsepsiyasi ham namoyish etildi. Bundan tashqari, loyiha universitet kutubxonalari, ilmiy jurnallari va ilmiy-tadqiqot platformalarini raqamlashtirishni ham nazarda tutadi.

Loyiha zamonaviy masofaviy ta'lim tizimini rivojlantirish, ekologik ta'lim dasturlari ommabopligini oshirish hamda "Green University"ning ekologiya va iqlim tadqiqotlari yo'nalishidagi ixtisoslashgan ta'lim markazi sifatidagi xalqaro mavqeini mustahkamlashga qaratilgan.

Loyihani to'liq ishga tushirish uchun to'rt oy muddat belgilangan bo'lib, uni amalga oshirishning birinchi yilida 2 ming nafargacha talaba va tinglovchini jalb etish rejalashtirilgan.

XIToyNING CHO'LLANISHGA QARSHI KURASH SOHASIDAGI ILG'OR TAJRIBASI O'RGANILMOQDA

18-may kuni Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi huzuridagi "Green University"ga qarashli Markaziy Osiyo ekologiya va atrof-muhit tadqiqotlari markazida "HSK: Xitoyda ta'lim" mavzusidagi III O'zbekiston forumi ochilish marosimi bo'lib o'tdi.

Unda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi — Ekologiya qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Xitoy Xalq Respublikasining O'zbekiston Respublikasidagi Elchixonasi vakili Sun Changdun, Xitoy Ta'lim vazirligi huzuridagi Xitoy va xorijiy tillar almashinuvi va hamkorlik markazi, "Chinese Testing International" bosh direktor o'rinbosari Lyu Syaolun, Xitoy oliy ta'lim muassasalari vakili, Lanchjou universiteti vakili Li Chunlin, "Green University" rektori, professor Baxtiyor Pulatov, XXR va mahalliy universitetlar professorlari, talabalar ishtirok etdi.



Tadbirda nutq so'zlagan Aziz Abduhakimov Xitoy bilan ta'lim, ilm-fan, innovatsiyalar va barqaror rivojlanish sohasidagi hamkorlik tobora mustahkamlanib borayotganligini ta'kidladi.

“

— Green University"ga Xitoyning 26 ta yetakchi universiteti vakillarining tashrif buyurishi ikki mamlakat o'rtasidagi akademik hamkorlik va o'zaro ishonch tobora mustahkamlanib borayotganining yorqin ifodasidir, — dedi qo'mita raisi. — Mazkur forum uzoq muddatli institutsional hamkorlikni mustahkamlash, akademik almashinuvni kengaytirish hamda atrof-muhitni muhofaza qilish, iqlim barqarorligi, "yashil" texnologiyalar, cho'llanishga qarshi kurash va barqaror rivojlanish kabi muhim yo'nalishlarda qo'shma ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish uchun muhim platforma bo'lib xizmat qiladi.

”

Forum davomida ishtirokchilar Xitoy universitetlarining ta'lim dasturlari, bakalavriat, magistratura va doktorantura yo'nalishlari, grant va stipendiya imkoniyatlari, HSK imtihoni hamda hujjat topshirish tartibi bo'yicha bevosita ma'lumot olish imkoniyatiga ega bo'ldi. Shuningdek, forum doirasida Xitoy universitetlari vakillari bilan uchrashuvlar, ta'lim dasturlari taqdimotlari hamda O'zbekiston va Xitoy oliy ta'lim muassasalari o'rtasida hamkorlik imkoniyatlari muhokama qilindi.

Bundan tashqari, forumning mantiqiy davomi sifatida "Markaziy Osiyoda cho'llanishga qarshi kurash texnologiyalari" mavzusida xalqaro o'quv seminari ham bo'lib o'tdi. Seminar Xitoy fanlar akademiyasi tarkibidagi Shinjon ekologiya va

geografiya instituti, "Shimoli-g'arbiy ekologiya, atrof-muhit va resurslar instituti" hamda XXR Ta'lim vazirligi huzuridagi Til bo'yicha ta'lim va hamkorlik markazi bilan hamkorlikda tashkil etildi. Asosiy maqsad "Xitoy — Markaziy Osiyo umumiy kelajak hamjamiyati" tashabbusini amaliy mazmun bilan boyitish hamda davlat rahbarlari darajasida erishilgan kelishuvlarni amalga oshirishga hissa qo'shishdir.

Shuningdek, seminardan Xitoyning cho'llanishga qarshi kurash sohasidagi ilg'or tajribasini o'rganish maqsad qilindi. Unda cho'llanishning oldini olish, suvni tejavchi qishloq xo'jaligi, sho'rlangan yerlarni rekultivatsiya qilish, ekologik tiklash va yer resurslaridan samarali foydalanish bo'yicha ilg'or texnologiyalar, mahsulotlar va amaliy yechimlar taqdim etildi. Qolaversa, ilmiy-texnikaviy va sanoat kooperatsiyasi bo'yicha mintaqaviy platformani shakllantirish hamda "Xitoy texnologiyalari + Markaziy Osiyo amaliyoti" modelini mahalliyashtirish rag'batlantirildi.

Seminarda 60 dan ortiq xitoylik olim va mutaxassislar "Green University" hamda uning tizim tashkilotlarning qariyb 60 nafar mutaxassislari bilan birgalikda ilmiy almashinuv, amaliy treninglar va dala hamkorligida ishtirok etdi. Kun tartibiga Jizzaxda joylashgan galofit bog'i hamda Toshkent viloyatiga tashriflar amalga oshirilish kiritildi. Natijada Cho'llanishga qarshi kurashish va cho'l iqtisodiyotini rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti mintaqada cho'llanishga qarshi kurash bo'yicha doimiy o'quv va malaka oshirish markazi sifatida rivojlantiriladi.

Seminar Xitoy — Markaziy Osiyo hamkorligi doirasida cho'llanishga qarshi kurashni mintaqaviy hamkorlikning ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida rivojlantirish, ekologik barqaror taraqqiyotni ta'minlash va resurslarni tejashga asoslangan "yashil" iqtisodiyot tamoyillarini keng joriy etishga xizmat qiladi.



O'ZBEKISTON AQSHDA O'RMONLARNI TIKLASH BO'YICHA TASHABBUSLARINI TAQDIM ETDI

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo'yicha maslahatchisi — Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi raisi Aziz Abduhakimov boshchiligidagi delegatsiya AQSHning Nyu-York shahrida bo'lib o'tgan BMT O'rmonlar bo'yicha forumining 21-sessiyasida qatnashdi. Forumda, shuningdek, O'zbekiston Respublikasining BMTdagi doimiy vakili Ulug'bek Lapasov ham ishtirok etdi.

Forum ishida BMTga a'zo davlatlar delegatsiyalari, vazirlar, sohaga oid agentliklar va xalqaro tashkilotlar rahbarlari, shuningdek, ekologik konvensiyalarning ijrochi direktorlari qatnashdi. Tadbir davomida global o'rmon siyosatining ustuvor yo'nalishlari, jumladan, BMTning O'rmonlar bo'yicha strategik rejasini amalga oshirish, "Global o'rmonlar hisoboti – 2026"ni tayyorlash, shu bilan birga, o'rmon sektorini iqlim va suv kun tartibiga integratsiya qilish masalalari muhokama qilindi.

Forumning ochilish marosimida so'zga chiqqan Aziz Abduhakimov cho'llanish va iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda o'rmonlarning muhim o'rin tutishini ta'kidlab, Orol dengizi fojiasiga alohida to'xtaldi. Unga ko'ra, dengizning qurigan hududi Orolqum cho'liga aylangan.

Shuningdek, O'zbekiston Prezidenti Shavkat Mirziyoyev tashabbusi bilan amalga oshirilayotgan "Yashil makon" umummilliy loyihasi doirasida so'nggi besh yil davomida mamlakatda 1 milliarddan ortiq daraxt ekilgani, ko'kalamzorlashtirish darajasi esa 8 foizdan 14 foizga oshgani qayd etildi. Mazkur ko'rsatkichni 2030-yilga borib 30 foizga yetkazish rejalashtirilgan.

Forumda O'zbekiston va Kongo Respublikasi tomonidan ilgari surilgan 2027 – 2036-yillarni BMT shafeligida "O'rmon barpo etish va o'rmonlarni tiklash bo'yicha harakatlar o'n yilligi" deb e'lon qilish tashabbusiga alohida e'tibor qaratildi.

Amaliy chora-tadbirlar sifatida o'rmon barpo etish bo'yicha Global yo'l xaritasini ishlab chiqish, cho'llanishga qarshi kurashda xalqaro hamkorlikni kengaytirish, qurg'oqchilikka chidamli daraxt va o'simlik turlarini targ'ib qilish, shuningdek, chang va qum bo'ronlari haqida erta ogohlantirish tizimlarini yaratish taklif etildi.

Bundan tashqari, Markaziy Osiyo davlatlarining 2035-yilgacha 1,5 million gektar maydonda transchegaraviy o'rmonlar barpo etishni nazarda tutuvchi "Yashil qalqon" mintaqaviy tashabbusi ham taqdim etildi.

Forum doirasida O'zbekiston tashabbusi bilan BMTning Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) bilan hamkorlikda maxsus sayd-ivent ham tashkil etildi. Tadbir o'rmonlarni tiklash, suv xavfsizligini ta'minlash va iqlim barqarorligini oshirish uchun tabiatga asoslangan yechimlarni ilgari surishga bag'ishlandi.



Sayd-ivent davomida xalqaro hamkorlarga O'zbekistonda ko'kalamzorlashtirish, o'rmon melioratsiyasi va degradatsiyaga uchragan yerlarni tiklash yo'nalishida amalga oshirilayotgan islohotlarning amaliy natijalari taqdim etildi. Xususan, "Yashil makon" loyihasining keng ko'lamda amalga oshirilishi, Orol dengizining qurigan tubida o'rmonzorlar barpo etilishi, shuningdek, iqlim o'zgarishiga moslashishning zamonaviy mexanizmlarini joriy etish masalalariga alohida e'tibor qaratildi.



Ta'kidlanganidek, O'zbekiston Respublikasi Prezidenti tashabbusi bilan amalga oshirilayotgan "Yashil makon", "Biomeros", "Toza havo", "Chiqindidan xoli hudud" va "Ekologik madaniyat" milliy dasturlari degradatsiyaga uchragan yerlarni tiklash, cho'llanishga qarshi kurashish, shaharlarda ko'kalamzorlashtirishni rivojlantirish, bioxilma-xillikni asrash hamda mamlakatning iqlim barqarorligini mustahkamlashga xizmat qilmoqda.



NUKUSDA EKOLOGIK FESTIVAL O'TKAZILDI

Nukus shahridagi markaziy bog'da 26-may kuni "Bizni birlashtirgan sayg'oq" yoshlar ekologik festivali bo'lib o'tdi. Tadbir "Sayg'oq kuni" dasturi turkumiga yakun yasadi hamda Xalqaro bioxilma-xillik kuniga bag'ishlandi.

Festival Qoraqalpog'iston Respublikasi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi, Qoraqalpog'istonning qo'riqlanadigan tabiiy hududlari xodimlari, "Sayg'oqni saqlash alyansi" xalqaro tashkiloti, "Ekomaktab" NNT volontyorlari hamda O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Zoologiya instituti ekspertlari ko'magida tashkil etildi.

Ma'lumot uchun, joriy yilda ekologik tashabbus o'zining yubiley sanasini nishonlamoqda — bundan roppa-rosa 20 yil avval "Sayg'oq kuni" ilk bor Ustyurt maktablarida Zoologiya instituti olimlari tashabbuskor guruhi, "Ekomaktab" NNT hamda "Sayg'oqlarni muhofaza qilish ittifoqi" xalqaro tashkiloti ko'magida o'tkazilgandi. O'tgan ikki o'n yil davomida ushbu bayram nafaqat Qoraqalpog'istonda, balki sayg'oq yashaydigan boshqa hududlarda — Qozog'iston, Qalmog'iston va Mo'g'ulistonda ham mashhur bo'lib ketdi.

An'anaga ko'ra, "Sayg'oq kuni" doirasida maktablarda ochiq ekologik darslar, tabiatni muhofaza qilish aksiyalari, "Sayg'oq kubogi" uchun sport musobaqalari — marafonlar, velosiped poygalari, futbol, voleybol va basketbol bellashuvlari, shuningdek, qiziqarli ekologik kvestlar tashkil etiladi. Har bir aholi punktida yoshlarning tashabbuslari va qiziqishlarini inobatga olgan holda o'ziga xos tadbirlar dasturi shakllantiriladi.

Tadbirda Nukus, Mo'ynoq shaharlari hamda Qoraqalpog'iston Respublikasining Qo'ng'iro't tumanidagi Jasliq, Qoraqalpog'iston va Qirg'iz qishloqlaridagi maktab o'quvchilari ishtirok etdi. Mazkur hududlarda faoliyat yuritayotgan "Sayg'oq do'stlari" bolalar va yoshlar ekologik klublari a'zolari ham festivalda qatnashdi. Ushbu klublarning o'qituvchi va murabbiylari ekologik yetakchilar sifatida bolalar hamda yoshlarni tabiatni muhofaza qilish aksiyalari, mahallalarni obodonlashtirish va mahalliy flora hamda faunani asrash ishlariga ruhlantirib kelmoqda. Amaliy tashabbuslar orqali yosh avlodda ekologik madaniyat va atrof-muhitga mas'uliyatli munosabat shakllanmoqda.

Mazkur tadbirlar sayg'oqlar yashash hududlariga yaqin joylashgan aholi punktlari aholisi, bolalar va yoshlar o'rtasida ekologik targ'ibot hamda tabiatni muhofaza qilish faoliyatini rivojlantirishga qaratilgan. Sayg'oq O'zbekiston Respublikasi Qizil kitobi va Xalqaro tabiatni muhofaza qilish ittifoqining Qizil ro'yxatiga kiritilgan yo'qolib borayotgan noyob tur hisoblanadi.

"ONA ZAMIN" SPEKTAKLI PREMYERASI

22-may kuni O'zbekiston davlat yosh tomoshabinlar teatrida Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi bilan hamkorlikda "Ona zamin" spektakli premerasi bo'lib o'tdi.

Tadbirda Ekologiya qo'mitasi rais maslahatchisi Alisher Salomov mamlakatimizda ekologik madaniyatni oshirishga alohida e'tibor qaratilayotganini ta'kidladi. «Ona zamin» spektakli ham yosh avlodning ekologik ongini yuksaltirish, eko-madaniyati va mas'uliyatini oshirishga hissa qo'shishini qayd etdi.

“ — *"Ona zamin" — bolalarga mo'ljallangan ekologiya mavzusidagi ilk spektakl. Uning bosh g'oyasi — inson va tabiat. Ya'ni odamzotning salbiy faoliyati oqibatida tabiat inqirozga yuz tutishini va, aksincha, har bir qilayotgan ishimizda borliqni asrashni o'ylasak, ertaga shu zaminda o'zimiz sog'lom yashashimiz, farzandlarimiz o'ynab-quvnap ulg'ayishi mumkinligini singdirishdir,* — dedi A. Salomov.

Yozuvchi Madina Mo'minova asari asosida tayyorlangan spektaklda insoniyat va tabiat o'rtasidagi munosabat ta'sirchan ifodalangan. Unda tomoshabinlar Ona zamin nomidan tabiatga ehtiyotkor munosabatda bo'lishga chaqiriladi.

“ — *Hamma narsaning javobi bor. Biz bugun suvni isrof qilsak, daraxtlarni sindirsak, qushlarga ozor bersak, ertaga buning javobi og'ir bo'ladi. Yoshlarga bu tushunchani singdirish, tabiat ne'matlaridan tejamkorlik bilan foydalanishni singdirishni maqsad qilganmiz. Agar spektaklni ko'rgan bolajonlarda tabiatga mehr uyg'onsa, isrofgarchilikka yo'l qo'ymasa, maqsadimizga erishgan bo'lamiz,* — dedi O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan artist Farida Umarova.

Spektakl raqs, monolog, qo'shiq va turli sahna epizodlari orqali yosh tomoshabinlarni tabiatni asrash, uning qadriga yetish va ekologik mas'uliyat haqida chuqur mushohada yuritishga chorlaydi. Sahna asarida zamonaviy, vizual yechimlardan keng foydalanilgan. Shuningdek, maxsus effektlar orqali tabiatning ifloslangan va qayta tiklangan holati aks ettirilgan.

Aktyorlar zamonaviy xoreografiya elementlari yordamida sanoat rivoji, chiqindixonalar, daraxtlar kesilishi, suvning ifloslanishi, o'simlik va hayvonot dunyosi nobud bo'lishining salbiy oqibatlarini sahna harakatlari orqali namoyon etganlar.



“ARTepa” galereyasida noodatiy ko‘rgazma

21-may kuni Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi huzuridagi “Green University”ning “ARTepa” galereyasida shveysariyalik rassom Peter Ershmanning “Qo‘g‘irchoqlar” (“Marionettes”) nomli ko‘rgazmasi ochilish marosimi bo‘lib o‘tdi.

Tadbirida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya masalalari bo‘yicha maslahatchisi — Ekologiya qo‘mitasi raisi Aziz Abduhakimov, Birlashgan Arab Amirliklarining O‘zbekistondagi Favqulodda va Muxtor elchisi Said Matar al-Qamziy, Shveysariya elchixonasining mintaqaviy maslahatchisi Denis Pisoni, xorijiy diplomatik korpus vakillari, BMT Oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi tashkiloti (FAO), Global yashil o‘shish instituti, Jahon banki, xalqaro institutlar vakillari, yosh eko-faollar va ommaviy axborot vositalari xodimlari ishtirok etdi.

Ko‘rgazmani ochib bergan Aziz Abduhakimov rassom oddiy takrorlanuvchi harakatlar va sahnalar orqali zamonaviy hayot insonlarga, jamiyatga va atrof-muhitga qanday ta‘sir ko‘rsatayotgani haqida chuqurroq o‘ylab ko‘rishga undashini ta‘kidladi.

— “Qo‘g‘irchoqlar” timsoli insonlar ba‘zan bir xil qolipda, kundalik odatlar girdobida yashab, o‘z xatti-harakatlari va tanlovlari jamiyat hamda atrof-muhitga qanday ta‘sir qilayotganini sezmay qolishini ifodalaydi, — dedi qo‘mita raisi. — Shu bilan birga, ko‘rgazma mas‘uliyat va ongli yondashuv haqida muhim g‘oyani ham ilgari suradi. U insonning fikrlashi va xulq-atvoridagi hatto kichik o‘zgarishlar ham jamiyat, atrof-muhit va tabiat bilan uyg‘un munosabatlarda ijobiy o‘zgarishlarga olib kelishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Ma‘lumot uchun, Peter Ershmann yigirma yildan ortiq vaqt davomida videoinstallatsiya yo‘nalishida ijod qilib kelmoqda. U raqamli «tableaux vivants» — o‘ziga xos “jonli suratlar”ni yaratadi. Ularda qahramonlar bir xil harakat va odatiy ishlarni qayta-qayta takrorlaydi. Bu doimiy harakatlar zamonaviy hayotning kundalik marosimlarini eslatib, insonga ta‘sir qiluvchi tizimlar — texnologiyalar, ijtimoiy me‘yorlar, iqtisodiy jarayonlar va ekologik o‘zgarishlarning metaforasiga aylanadi.

Ko‘rgazma sekinlashtirilgan ritm va yashirin ichki ziddiyatlarga ega bo‘lgan bir qator makonlar sifatida namoyon bo‘ladi. Unda qahramonlar go‘yo erkinlik va bo‘ysunish oralig‘ida mavjuddek ko‘rinadi. Qo‘g‘irchoqlar obrazi ekspozitsiyaning asosiy metaforasiga aylanadi — u insonni uning kundalik hayotini bir vaqtning o‘zida shakllantiruvchi va chekllovchi tizimlar ichidagi timsol sifatida aks ettiradi.



Tadbirda
bag‘ishlangan
videorolikni
tomosha
qilish uchun
skanerlang



Ekologiya XABARNOMASI

№2 / 2026

EKSPOZITSIYA

Shveysariyalik rassomning ko‘rgazmasi O‘zbekistonda ilk bor tashkil etildi. Mazkur ko‘rgazma tomoshabinni atrof-muhitga zarar keltiradigan bir xil xatolarni takrorlamaslikka, tabiatni asrash borasida mas‘uliyatli bo‘lishga chaqiradi.

— Bugungi kunda yangi texnologiyalar, dunyoning qanday o‘zgarishi va tabiatga ta‘siri haqida ko‘plab savollar mavjud. Rassom sifatida shuni angladimki, asarlarimning o‘zi emas, balki insonlar uchrashib, suhbat quradigan muhit ko‘proq ahamiyatga ega. Biz “Green University” galereyasidamiz. Shu sababli mening istagim — tabiat, suv, o‘rmonlar, o‘simliklar va atrofimizdagi barcha narsalar haqida aynan shu yerda suhbatlashishdir. Chunki tasvirlarim haqiqiy dunyo bilan bog‘liq. Ular kompyuter tomonidan yaratilgan sun‘iy obrazlar emas, balki real hayotdan olingan tasvirlardir. Bugungi kunda dunyo o‘zgarib bormoqda va oldimizda juda muhim qarorlar turibdi. Menimcha, “ARTepa” aynan shu mavzularni namoyich etish uchun mukammal maskandir, — dedi rassom.

Peter Ershmann ko‘rgazma nega aynan “Qo‘g‘irchoqlar” deb nomlanganiga izoh berdi:

— So‘nggi 25 yil davomida yaratgan videolarimni qayta ko‘rib chiqqanimda, aynan shu mavzu vaqti-vaqti bilan takrorlanib kelganini angladim. 25 yildan beri har yili shu g‘oya yana qaytib keladi. Atrofdagi dunyoni kuzatar ekanman va kameradan foydalanganimda, insonlar va tabiat o‘rtasidagi bog‘liqliklarni ko‘raman. Go‘yo ular tashqaridan keladigan qandaydir kuchsiz hech narsa qila olmaydigandek tuyuladi. Qo‘g‘irchoqlar ham aynan mana shu yashirin kuchlarni ifodalaydi. Asosiy mavzu ham shu.

BAA elchisi Said Matar al-Qamziy ushbu ko‘rgazma O‘zbekiston yoshlari uchun san‘atning yangicha turi haqida o‘ylashga ilhom beradigan katta innovasion turtki ekanligini qayd etdi.

— Peter Ershmanning asarlari san‘atning yangicha ko‘rinishi bo‘lib, inson va tabiat uyg‘unligini juda ta‘sirchan hamda innovasion usulda namoyon etadi. Asarlarda elektron texnologiyalar va zamonaviy texnikaning inson hayotiga ta‘siri ham chuqur aks ettirilgan, — dedi u.

Astronomiya parkida joylashgan galereyadagi ko‘rgazma 31-iyulgacha davom etdi.

ILMIY MAQOLALAR

SEASONAL EVALUATION OF A CYCLONE-BASED PM_{2.5} SAMPLING SYSTEM UNDER DRY CONTINENTAL CONDITIONS: A CASE STUDY OF TASHKENT

Rakhmonaliyeva Dilnoza Rakhmonaliyevna, PhD student,
Alimov Zikrilla Bobomuratovich, Doctor of Technical Science, Senior Researcher,
Musirmonov Jamoliddin Jalgashevich, DSc Candidate,
 Research Institute of Environment and Nature Protection Technologies under the
 Central Asian University of Environmental and Climate Change Studies (Green University)

Abstract. This study evaluates the seasonal effects on the particle collection performance of a cyclone-based PM_{2.5} sampling system under arid and semi-arid climatic conditions, using Tashkent city as a representative case study. The system, developed at Keio University, consisted of a PM_{2.5} real impactor, cyclone separator, and downstream backup filter, and was operated from March 2025 to April 2026. Reference PM_{2.5} data were obtained from a Horiba air quality monitoring station located approximately 1.4 km from the sampling site. The results showed clear seasonal variability, with the lowest PM_{2.5} levels in summer and the highest concentrations in autumn. Differences between Horiba, cyclone, and backup filter measurements were mainly associated with differences in particle size distribution, airflow stability, and meteorological conditions. Overall, the cyclone-based system demonstrated stable operation and reliable aerosol collection for further gravimetric, chemical, and toxicological analyses.

Keywords: PM_{2.5}, semi-ambient conditions, cyclone sampling, cyclone-based sampling system, particle collection efficiency, seasonal variability, meteorological influence.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda Toshkent shahri misolida qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil iqlim sharoitida siklon asosidagi PM_{2.5} namuna olish tizimining zarrachalarni yig'ish samaradorligiga mavsumiy o'zgaruvchanlikning ta'siri baholandi. Keio universitetida ishlab chiqilgan ushbu tizim PM_{2.5} real impaktori, siklon separatori va siklondan keyin o'rnatilgan backup filtdan iborat bo'lib, bu tizim yordamida 2025-yil mart oyidan 2026-yil aprel oyigacha bo'lgan davrda namunalar yig'ildi. Taqqoslash uchun PM_{2.5} bo'yicha ma'lumotlar namuna olish joyidan taxminan 1,4 km masofada joylashgan Horiba havo sifati monitoring stansiyasidan olindi. Natijalar PM_{2.5} konsentratsiyasida aniq mavsumiy o'zgaruvchanlik mavjudligini ko'rsatdi, jumladan, eng past PM_{2.5} darajalari yozda, eng yuqori konsentratsiyalar esa kuzda kuzatildi. Horiba, siklon va zaxira filtr o'lchovlari orasidagi farqlar asosan zarrachalar hajmining taqsimlanishi, havo oqimining barqarorligi va meteorologik sharoitlardagi farqlar bilan bog'liq edi. Umuman olganda, siklon asosidagi tizim keyingi gravimetrik, kimyoviy va toksikologik tahlillar uchun barqaror ishlash hamda ishonchli aerosol yig'ish imkoniyatini namoyon etdi.

Kalit so'zlar: PM_{2.5}, yarim ochiq muhit sharoiti, siklonli namuna olish, siklon asosidagi namuna olish tizimi, zarrachalarni yig'ish samaradorligi, mavsumiy o'zgaruvchanlik, meteorologik ta'sir.

Аннотация. В данном исследовании оценивалось влияние сезонной изменчивости на эффективность улавливания частиц системой отбора проб PM_{2.5} на основе циклона в условиях аридного и семиаридного климата, при этом город Ташкент был выбран в качестве репрезентативного примера. Система, разработанная в Университете Кейо, состояла из реального импактора PM_{2.5}, циклонного сепаратора и установленного после циклона резервного фильтра и эксплуатировалась с марта 2025 года по апрель 2026 года. Референтные данные по PM_{2.5} были получены со станции мониторинга качества воздуха Horiba, расположенной примерно в 1,4 км от места отбора проб. Результаты показали выраженную сезонную изменчивость: самые низкие уровни PM_{2.5} наблюдались летом, а самые высокие концентрации, осенью. Различия между измерениями с помощью фильтров Horiba, циклона и резервного фильтра были в основном связаны с различиями в распределении частиц по размерам, стабильности воздушного потока и метеорологических условиях. В целом, циклонная система продемонстрировала стабильную работу и надёжный сбор аэрозолей для последующих гравиметрических, химических и токсикологических анализов.

Ключевые слова: PM_{2.5}, полуоткрытые условия, циклонный отбор проб, система отбора проб на основе циклона, эффективность улавливания частиц, сезонная изменчивость, метеорологическое влияние.

1. Introduction

Fine particulate matter (PM_{2.5}), defined as airborne particles with an aerodynamic diameter smaller than 2.5 µm, is considered one of the major environmental and public health challenges in urban atmospheric studies. Due to their small size, PM_{2.5} particles

can remain suspended in the atmosphere for extended periods and penetrate deeply into the human respiratory system. Long-term exposure to elevated PM_{2.5} concentrations has been associated with respiratory diseases, cardiovascular disorders, impaired lung function, and increased mortality risk [1,2].

Rapid urbanization, industrial emissions, vehicular activity, construction processes, and natural dust transport significantly contribute to increasing $PM_{2.5}$ concentrations in many urban regions. In semi-arid and continental climates, particulate accumulation is additionally intensified by dust resuspension and unstable meteorological conditions. Seasonal atmospheric stagnation and limited dispersion may further enhance aerosol accumulation in densely populated areas [3,4].

Accurate $PM_{2.5}$ collection and characterization are essential for environmental monitoring and aerosol research. Conventional filtration-based sampling methods are widely used for particulate collection because of its high collection efficiency. However, filter-based sampling often requires mechanical or chemical extraction of particles deposited on the filter substrate, a process that can result in the loss of certain PM constituents and potentially modify the intrinsic toxicity of the collected particles. In addition, the chemical composition of filter-collected samples may be affected by sampling artifacts arising from gas adsorption, particle-gas interactions, chemical transformations, volatilization of semi-volatile compounds, and other ambient atmospheric processes [5,6].

To avoid the issues related to filter sampling, researchers have investigated cyclone devices to collect PM samples globally [7-10]. Cyclone separators provide an effective aerodynamic approach for particle size-selective separation prior to filtration. Tangential airflow inside the cyclone chamber generates rotational vortex motion and centrifugal forces that separate particles according to their aerodynamic diameter and inertia. Larger particles are moved toward the cyclone wall by centrifugal force and collected in the lower chamber, while smaller particles (i.e., particles with aerodynamic diameters smaller than cut-off diameter D_{p50} of cyclone) remain entrained in the inner vortex and pass to the downstream filter installed after the cyclone [7,8].

Recent studies on cyclone-assisted aerosol sampling systems have demonstrated improved particle classification efficiency, and enhanced stability of fine particulate collection during continuous operation. Advances in cyclone geometry optimization and airflow regulation have additionally improved aerodynamic separation performance and operational reliability of cyclone-based aerosol systems [9-11].

This study aimed to evaluate the influence of seasonal variability on the $PM_{2.5}$ collection performance of a cyclone under urban semi-ambient operating conditions. Experimental $PM_{2.5}$ sampling was conducted using a cyclone-based sampling system developed at Keio University, Japan. The efficiency of the cyclone-based sampling system was assessed by comparing the collected $PM_{2.5}$ mass concentrations with reference data obtained from a high-accuracy meteorological and air quality monitoring station. The main novelty of this study is the integration of cyclone-based $PM_{2.5}$ sampling with long-term aerosol monitoring under controlled semi-ambient laboratory conditions, enabling the evaluation of seasonal variations in cyclone collection performance.

2. Methodology

2.1 The cyclone separation theory and evaluation methods

The cyclone separator operates on the principle of aerodynamic particle classification generated by rotational airflow inside the

cyclone chamber (Fig.1). During operation, particle-laden air enters the cyclone tangentially through the inlet section, producing a strong swirling vortex structure. This flow field typically consists of an outer downward spiral vortex and an inner upward vortex directed toward the outlet [7,12].

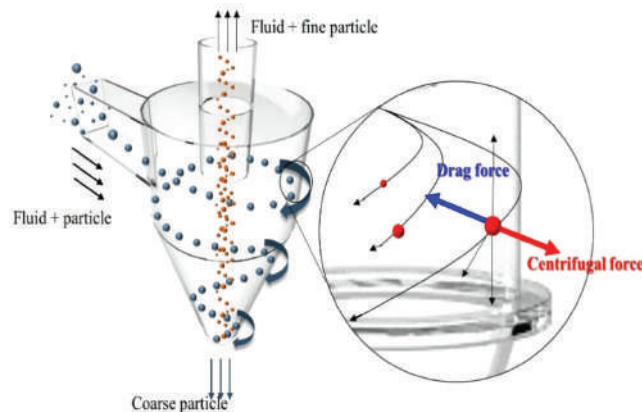


Fig. 1. Particle motion and aerodynamic separation mechanism inside the cyclone separator.

Particles with larger aerodynamic diameters and higher inertia are transported toward the cyclone wall under the influence of centrifugal forces and are subsequently deposited in the lower collection chamber. In contrast, smaller particles with lower inertia are able to follow the upward vortex stream and penetrate through the cyclone outlet, where they are collected on a backup filter installed downstream of the cyclone [8,13].

The separation performance of a cyclone is strongly affected by airflow stability, vortex intensity, particle residence time, and cyclone geometry [14]. An optimized cylindrical-conical configuration improves aerodynamic stability and promotes the downward migration of coarse particles, while the tangential inlet geometry reduces direct particle short-circuiting toward the outlet section [15-17]. Previous Computational Fluid Dynamics (CFD) studies have also demonstrated that optimized cyclone geometries can enhance particle classification efficiency and reduce internal flow disturbances [8,18].

The experimental cyclone-assisted sampling configuration was assembled under controlled laboratory conditions to evaluate $PM_{2.5}$ sampling performance and airflow behavior [11]. A vacuum pump was used to maintain a continuous airflow through the system, while a flow regulation unit was applied to minimize operational fluctuations during long-duration sampling experiments [19-21].

The cyclone separator, consisting of a cylindrical upper body and a conical lower section, served as the main aerodynamic particle classification unit [9]. The tangential inlet was designed to generate a stable vortex and improve centrifugal separation efficiency [10]. In the sampling configuration, coarse particles larger than $2.5 \mu m$ were initially removed by a real impactor, whereas fine particles with aerodynamic diameters smaller than $2.5 \mu m$ were directed into the cyclone and subsequently collected on the backup filter installed downstream of the cyclone [5,6]. This configuration was designed to ensure stable vortex formation, effective coarse particle pre-separation, reduced backup filter overloading, and continuous $PM_{2.5}$ collection during

long-duration laboratory operation [11].

After each experiment, the exposed filters were carefully removed from the sampling system and preserved under controlled laboratory conditions for subsequent gravimetric and physicochemical analyses.

Particle size distribution measurement for cyclone-based sampling devices, expressed through the particle penetration equation [22], is an important parameter for evaluating the sampling performance of the cyclone and assessing the potential health risks associated with particulate matter exposure [23,24]. This is particularly relevant because many health-relevant aerosol components, including transition metals, heavy metals, water-soluble fractions, and insoluble fractions, are predominantly concentrated in the fine particle size range of typical atmospheric aerosols [25].

An increase in the sampling flow rate generally decreases particle penetration through the cyclone by strengthening centrifugal separation [26]. However, excessively high flow rates may increase turbulence intensity inside the cyclone, which can cause the loss or re-entrainment of small and low-inertia particles [27]. Therefore, particle penetration measurement is essential for determining cyclone cut-off characteristics, evaluating $PM_{2.5}$ classification efficiency, and optimizing the operational flow conditions of cyclone-assisted sampling systems.

2.2. Study area and sampling location

$PM_{2.5}$ sampling experiments were conducted in Tashkent city, Uzbekistan, from March 2025 to April 2026. The monitoring site was located on the 3rd-floor balcony of the Uzbek-Japan Innovation Center of Youth under semi-ambient outdoor conditions. The sampling location was selected to represent urban atmospheric environments influenced by traffic activity, urban dust transport, and surrounding anthropogenic emissions.

Tashkent is the largest and most densely populated city in Uzbekistan with a continental semi-arid climate characterized by hot summers, cold winters, relatively low precipitation, and seasonal atmospheric stagnation conditions. The monitoring site was situated near urban traffic zones and residential areas where atmospheric particulate accumulation is influenced by vehicle emissions, construction activities, dust resuspension, and domestic heating sources. Natural gas is widely used for transportation and residential heating in Tashkent, while coal and wood combustion may additionally contribute to seasonal aerosol accumulation during cold periods.

2.3. Collection Samples of $PM_{2.5}$

$PM_{2.5}$ samples were collected using the cyclone-based sampling system developed at Keio University, Japan [11]. The experimental sampling configuration enabled simultaneous collection of fine particulate matter on a downstream backup filter and inside the lower cyclone collection chamber. Fine $PM_{2.5}$ particles passing through the cyclone vortex were collected on a quartz fiber filter with a diameter of 90 mm, while larger and denser particulate fractions separated by centrifugal forces accumulated inside the container installed at the bottom section of the cyclone separator [10,11].

Sampling experiments were conducted from March 2025 to April 2026 on the 3rd-floor balcony of the Uzbek-Japan Innovation Center of Youth in Tashkent under semi-ambient

atmospheric conditions. The cyclone airflow rate was maintained between 78 L/min and 85 L/min throughout the experimental investigation in order to ensure stable vortex formation and continuous aerodynamic particle separation during long-duration operation.

The developed cyclone-assisted sampling system provided effective pre-separation of coarse particles, reduced excessive filter loading, and enabled continuous accumulation of suspended $PM_{2.5}$ aerosol fractions suitable for subsequent gravimetric and physicochemical analysis. Collected powder samples accumulated inside the glass collection chamber exhibited concentrated dark particulate characteristics indicating successful collection of atmospheric fine aerosol components.

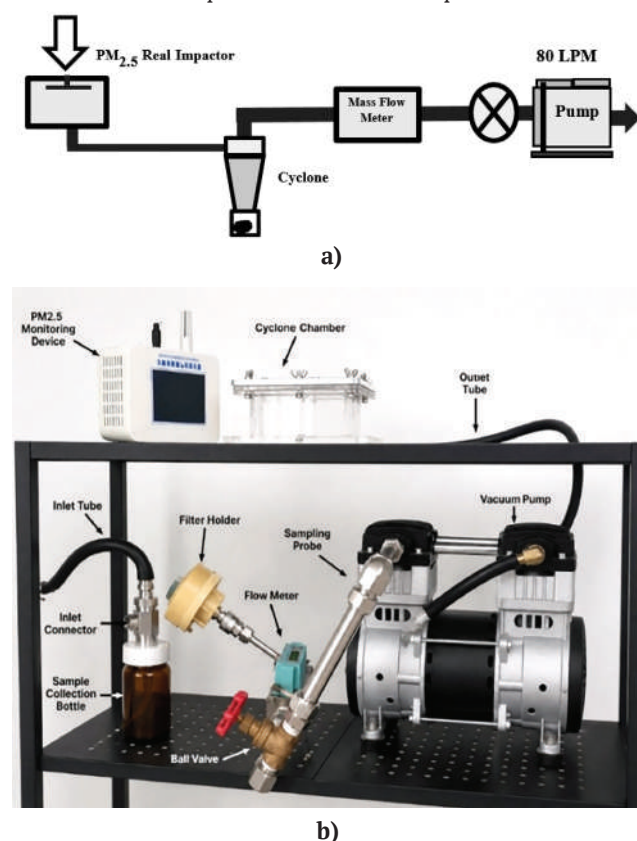


Fig. 2. Schematic drawing (a) and picture (b) of cyclone-based $PM_{2.5}$ sampling system.

Collected $PM_{2.5}$ samples and deposited particulate materials were preserved under controlled laboratory conditions for subsequent laboratory analysis. Temporal variations in $PM_{2.5}$ concentrations and aerosol accumulation behavior were further assessed using continuous atmospheric monitoring data obtained from a high-accuracy Horiba air quality monitoring system installed approximately 1.4 km away from the sampling location.

2.4 Meteorological Data Measurement

Ambient $PM_{2.5}$ concentration data were additionally obtained from a high-precision atmospheric air quality monitoring system manufactured by Horiba. The monitoring station was installed in the Almazar district of Tashkent. The distance between the Horiba atmospheric monitoring station and the experimental $PM_{2.5}$ sampling site was approximately 1.4 km at coordinates 41.350605° N, 69.224970° E. The Horiba $PM_{2.5}$ dataset was

used as supplementary reference information to characterize the ambient fine particulate matter concentration in the surrounding urban area during the sampling period and to support the interpretation of the experimentally collected $PM_{2.5}$ samples and compare the efficiency of the $PM_{2.5}$ Real Impactor.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 $PM_{2.5}$ Sample Collection

$PM_{2.5}$ samples were collected using the opinalable cyclone-based sampling system developed at Keio University, Japan [11]. The experimental setup consisted of a $PM_{2.5}$ real impactor, a cyclone separator, and a backup filter arranged downstream of the cyclone to capture fine particulate matter.

$PM_{2.5}$ samples were collected over periods of 20–35 days per set, depending on atmospheric particulate concentrations, at the 3rd-floor balcony of the Uzbek-Japan Innovation Center of Youth in Tashkent during March 2025 and April 2026.

The collected samples exhibited distinct visual characteristics. The $PM_{2.5}$ real impactor showed residual particulate deposition after sampling (Fig. 3a), while the backup filter installed after the cyclone captured suspended very small particles penetrate cyclone (Fig. 3b). The powder sample collected between 50 mg 150 mg for each sampling period using the cyclone appeared as a concentrated, powder particulate mass, demonstrating successful accumulation of fine aerosol fractions suitable for subsequent gravimetric and chemical analysis (Fig. 3c).

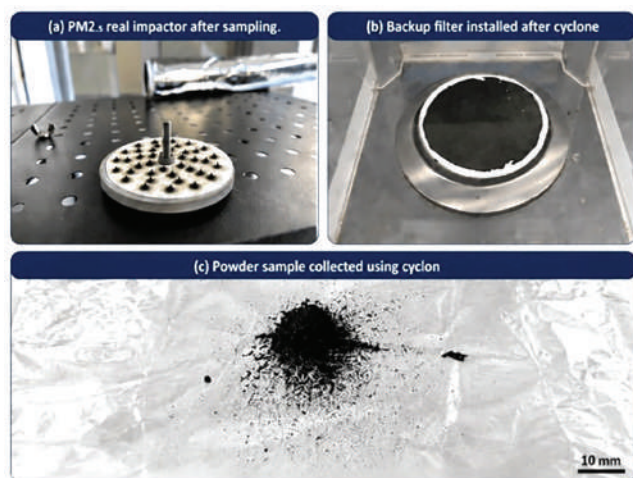


Fig. 3. $PM_{2.5}$ sample collection and deposition observed during laboratory experiments: (a) $PM_{2.5}$ real impactor after sampling; (b) Backup filter installed after cyclone; (c) Powder sample collected using cyclone.

3.2 Temporal and Seasonal Variation of $PM_{2.5}$ Concentration

Seasonal variation of $PM_{2.5}$ concentration was evaluated from March 2025 to April 2026 in order to assess the performance of the cyclone-assisted $PM_{2.5}$ sampling system. $PM_{2.5}$ concentrations were measured using data obtained from the HORIBA monitoring station, cyclone, backup filter (BF), and combined BF+Cyclone measurements. In this study, $PM_{2.5}$ concentration measured using the HORIBA monitoring station were considered the primary reference values for evaluating the cyclone-assisted sampling system because the HORIBA instrument was equipped with high-precision sensors, provided stable long-term monitoring performance under different seasonal conditions, and was located

in close proximity to the experimental sampling site.

During the spring season, $PM_{2.5}$ concentration measured HORIBA measurements showed noticeable differences compared with concentrations obtained from the cyclone and BF+Cyclone systems. Cyclone and BF+Cyclone measurements demonstrated relatively elevated concentration values during this period, suggesting that the cyclone-assisted system may have additionally collected particles larger than the $PM_{2.5}$ aerodynamic fraction. In contrast, BF measurements alone remained comparatively low. This behavior indicates that a portion of fine particles may have been retained within the internal cyclone chamber, or that the concentration of ultrafine particles reaching the backup filter was limited due to relatively lower fine aerosol loading in the ambient atmosphere.

During the summer season, $PM_{2.5}$ concentrations remained relatively low across all measurement systems. HORIBA data indicated lower atmospheric $PM_{2.5}$ concentrations compared with spring and autumn periods. Cyclone and BF+Cyclone measurements also remained at relatively low levels and showed closer agreement with the reference HORIBA values. Reduced $PM_{2.5}$ accumulation during summer was likely associated with enhanced atmospheric mixing, stronger wind circulation, increased vertical dispersion, and the absence of seasonal heating sources. The very low BF concentrations observed during this period further suggest that only limited fine particulate mass passed through the cyclone system and reached the backup filter stage.

Autumn showed the highest $PM_{2.5}$ concentrations compared with the other seasons throughout the sampling period. Particularly during late October and early November, HORIBA concentrations exceeded $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cyclone and BF+Cyclone concentrations also increased during this interval. However, their values remained significantly lower than the HORIBA measurements. This discrepancy suggests that the cyclone-assisted sampling system may not have completely captured the total atmospheric $PM_{2.5}$ mass under elevated aerosol loading conditions. Additionally, environmental factors such as atmospheric humidity, particle size distribution, aerodynamic particle behavior, and airflow stability likely influenced the separation and collection efficiency of the cyclone and backup filter system. BF concentrations also remained relatively low during autumn, indicating that a substantial portion of particulate matter may have accumulated within the cyclone chamber or upstream sections of the sampling system rather than on the backup filter.

During the winter season, HORIBA $PM_{2.5}$ concentrations remained lower than the extreme autumn peak values but still exhibited considerably elevated atmospheric particulate levels. In several sampling periods, particularly during February 2026, BF+Cyclone concentrations approached the HORIBA measurements, while BF concentrations also increased noticeably. These observations suggest that fine particulate fractions may have been captured more efficiently by the backup filter system during winter atmospheric conditions. Low temperature, atmospheric inversion, reduced boundary layer height, and increased domestic heating emissions likely contributed to enhanced $PM_{2.5}$ accumulation during winter.

However, incomplete agreement between cyclone-assisted measurements and HORIBA values may additionally be associated with atmospheric humidity, hygroscopic particle growth, and airflow instability within the sampling system.

Overall, the monitoring results demonstrated that the cyclone-assisted sampling system successfully reflected the general seasonal variability of atmospheric $PM_{2.5}$ concentration. Increased aerosol accumulation observed during autumn and winter periods was consistently reflected in both cyclone and BF+Cyclone measurements. Nevertheless, the observed differences relative to HORIBA measurements indicate that cyclone separation efficiency, particle deposition behavior, fine particle transport to the backup filter, and meteorological influences all affected the overall sampling performance of the system. The obtained results confirm that the cyclone-assisted $PM_{2.5}$ sampling configuration can be effectively applied for seasonal aerosol monitoring and atmospheric particulate accumulation studies under urban environmental conditions.

Several major factors may have influenced the collection efficiency of the cyclone and backup filter (BF) system. First, the performance of the cyclone separator strongly depends on the aerodynamic diameter, density, and inertial properties of suspended particles [5–8]. Relatively larger or higher-inertia particles tend to collide with the cyclone wall and accumulate within the collection chamber, whereas finer particles remain suspended within the vortex core and continue toward the downstream backup filter [7,8,12–17].

Second, airflow velocity and flow stability play a critical role in aerodynamic particle separation [12–18,27]. If the tangential airflow and vortex structure inside the cyclone are not sufficiently stable, the separation efficiency may decrease significantly [13–17]. Even small fluctuations in airflow conditions can alter the fraction of particles deposited on the cyclone wall or transported through the system toward the backup filter [16–18,27].

Third, atmospheric humidity and temperature may considerably affect sampling performance [3,5,6]. Under conditions of elevated relative humidity, $PM_{2.5}$ particles may undergo hygroscopic growth, increased adhesion behavior, or enhanced deposition onto cyclone surfaces [3,5,6]. These processes can reduce the particulate mass reaching the backup filter and may additionally influence cyclone collection efficiency under different seasonal atmospheric conditions [3,20,21].

Fourth, the HORIBA real-time atmospheric monitoring station continuously measures ambient $PM_{2.5}$ concentrations, whereas BF and cyclone measurements are based on particulate mass accumulated over a defined sampling period [5,6,21]. Therefore, discrepancies between HORIBA measurements and cyclone-assisted sampling results are not solely associated with collection efficiency, but also reflect differences in measurement principles, temporal integration, sampling duration, and varying meteorological conditions during the monitoring campaign [3,5,6,21]. Several interrupted intervals visible in Fig. 4 were associated with temporary technical interruptions during the monitoring campaign, including calibration procedures, airflow stabilization adjustments, maintenance operations, filter replacement processes, and temporary shutdowns of the cyclone-assisted sampling system. Despite these interruptions, the monitoring results remained sufficiently stable for evaluating temporal $PM_{2.5}$ variability and seasonal aerosol accumulation behavior throughout the investigation period [3,20].

The obtained results demonstrated clear seasonal variability of atmospheric $PM_{2.5}$ concentration under urban environmental conditions. Elevated $PM_{2.5}$ accumulation was primarily observed during autumn and winter periods characterized by intensified aerosol loading and weaker atmospheric dispersion, whereas lower concentrations occurred during warmer periods associated with improved atmospheric circulation and enhanced aerosol dispersion behavior.

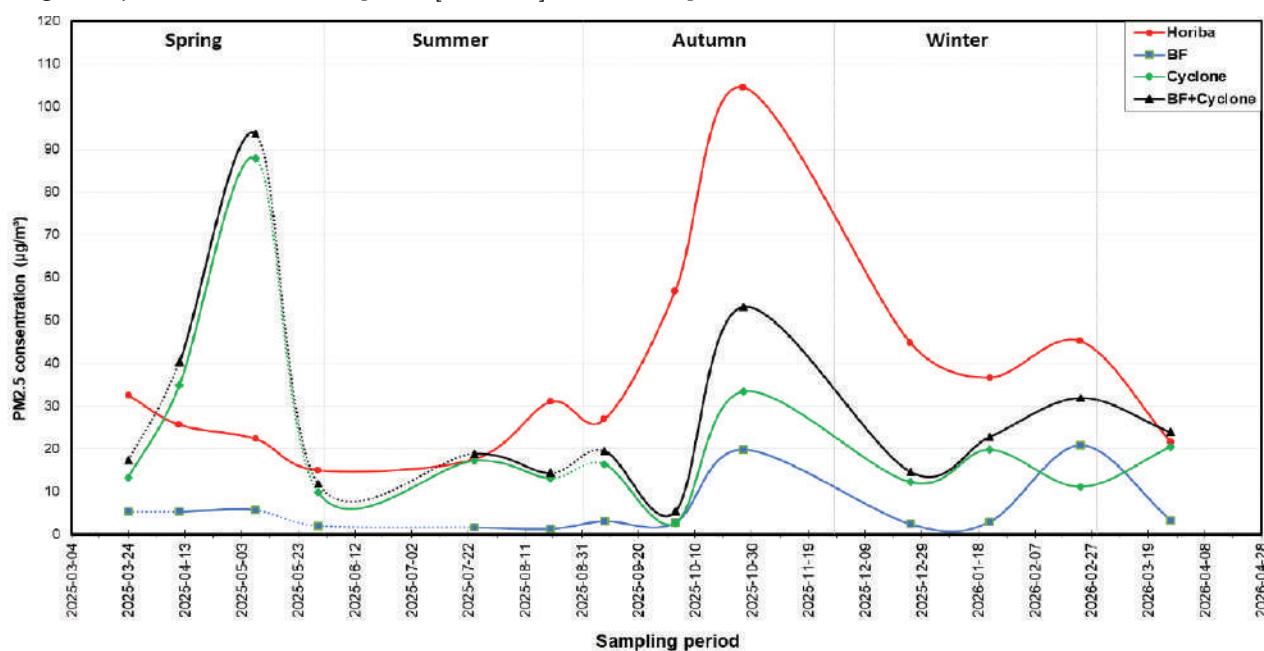


Fig. 4. Temporal variation of $PM_{2.5}$ concentration obtained from Horiba monitoring data, backup filter measurements, cyclone separator sampling, and combined BF+Cyc experimental analysis during the monitoring period.

3.3 Influence of Meteorological Conditions and System Performance

Meteorological conditions significantly affected $PM_{2.5}$ accumulation, aerosol dispersion, and airborne particle movement during the experimental investigation. Variations in temperature, relative humidity, wind velocity, atmospheric stability, and precipitation directly influenced particulate concentration behavior throughout the monitoring campaign [3,5,20]. Additionally, atmospheric turbulence and airflow characteristics play an important role in particle transport and separation behavior, influencing aerosol dynamics under varying environmental conditions. [4,27].

Elevated $PM_{2.5}$ concentrations were generally associated with weak atmospheric circulation, limited dispersion conditions, and intensified dust resuspension during dry environmental periods [3,4]. Lower particulate concentrations observed during several monitoring intervals were related to improved atmospheric ventilation, enhanced turbulent mixing, and precipitation-driven aerosol removal processes [5,20]. Increased atmospheric moisture additionally influenced aerosol behavior through hygroscopic particle growth, thereby modifying particle size and deposition characteristics [5,6].

Despite varying environmental conditions, the developed cyclone-assisted configuration maintained stable operational performance and reliable $PM_{2.5}$ collection behavior throughout prolonged experiments [7,8,22]. The tangential airflow entering the cyclone chamber generated a stable rotational vortex structure that promoted effective aerodynamic separation according to particle size and inertia [12,16]. Larger particles accumulated inside the lower collection chamber, while finer $PM_{2.5}$ particles remained suspended within the inner vortex and continued toward the downstream filtration stage [13,14].

The cyclone pre-separation stage reduced excessive dust loading on the filter surface and improved deposition uniformity during continuous operation [8,9,21]. Stable airflow conditions additionally contributed to repeatable aerosol accumulation behavior and improved sample preservation by minimizing coarse particle contamination during monitoring processes [6,11].

The obtained observations confirmed that the developed cyclone-based $PM_{2.5}$ system demonstrated stable operational performance, effective aerodynamic particle separation, and reliable long-duration aerosol monitoring capability under laboratory and semi-ambient environmental conditions.

4. Conclusion

This study evaluated the seasonal $PM_{2.5}$ collection performance of a cyclone-based sampling system under urban semi-ambient laboratory conditions in Tashkent, Uzbekistan. The experimental system, consisting of a $PM_{2.5}$ real impactor,

cyclone separator, and downstream backup filter, was operated over a long-term monitoring period from March 2025 to April 2026. The obtained results demonstrated that the cyclone-assisted configuration was capable of collecting fine particulate matter continuously and provided sufficient particulate mass for subsequent gravimetric and physicochemical analysis. The collected powder samples accumulated in the cyclone chamber confirmed the effective aerodynamic separation and concentration of atmospheric aerosol particles.

Seasonal variations in $PM_{2.5}$ concentration were clearly observed during the monitoring campaign. Lower $PM_{2.5}$ levels were generally recorded during the summer period, likely due to stronger atmospheric mixing, enhanced vertical dispersion, and reduced contribution from seasonal heating sources. In contrast, autumn showed the highest $PM_{2.5}$ concentrations during the entire sampling period, with elevated aerosol loading also observed during winter. These seasonal patterns were reflected in the cyclone and BF+Cyclone measurements, indicating that the cyclone-assisted system was able to capture the general temporal variability of atmospheric $PM_{2.5}$ under urban environmental conditions. The study used HORIBA monitoring data as reference information because the station provided stable long-term $PM_{2.5}$ observations and was located approximately 1.4 km from the experimental sampling site.

The comparison between HORIBA, cyclone, backup filter, and combined BF+Cyclone measurements showed that differences among the methods were influenced not only by collection efficiency, but also by measurement principles, temporal integration, sampling duration, particle size distribution, airflow stability, and meteorological conditions. The results suggest that cyclone performance was affected by aerodynamic particle properties, vortex stability, humidity, temperature, and seasonal atmospheric dispersion conditions. In particular, hygroscopic growth and enhanced particle adhesion under humid conditions may have influenced particle deposition on cyclone surfaces and reduced the particulate mass reaching the backup filter.

The cyclone-based $PM_{2.5}$ sampling system demonstrated stable operational performance, effective aerodynamic particle separation, and reliable long-duration aerosol monitoring capability. The system can be considered a useful approach for seasonal $PM_{2.5}$ sampling and aerosol accumulation studies, especially when the collection of particulate matter for further chemical, toxicological, or physicochemical analysis is required. Future studies should include detailed calibration of cyclone cut-off performance, particle-size-resolved collection efficiency, and chemical comparison of cyclone-collected particles and backup filter samples under different meteorological conditions.

REFERENCES

1. 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), 709–742. <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>
2. Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., Holguin, F., Hong, Y., Luepker, R. V., Mittleman, M. A., Peters, A., Siscovick, D., Smith, S. C., Whitsel, L., & Kaufman, J. D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease. *Circulation*, 121(21), 2331–2378. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d8bec1>
3. Tai, A. P. K., Mickley, L. J., & Jacob, D. J. (2010). Correlations between fine particulate matter ($PM_{2.5}$) and meteorological variables in the United States. *Atmospheric Environment*, 44(32), 3976–3984. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.060>

4. Shao, Y., Wyrwoll, K. H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G. H., Mikami, M., Tanaka, T. Y., Wang, X., & Yoon, S. (2011). Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science. *Aeolian Research*, 2(4), 181–204. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.02.001>
5. Hinds, W. C. (1999). *Aerosol technology: Properties, behavior, and measurement of airborne particles* (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118591973>
6. Baron, P. A., & Willeke, K. (2001). *Aerosol measurement: Principles, techniques, and applications* (2nd ed.). Wiley.
7. Kenny, L. C., Gussman, R. A., & Meyer, M. B. (2000). Development of a sharp-cut cyclone for ambient aerosol monitoring applications. *Aerosol Science and Technology*, 32(4), 338–358. <https://doi.org/10.1080/027868200303669>
8. Tsai, C. J., Huang, C. H., Chen, S. C., & Ho, C. E. (2004). Performance of PM_{2.5} cyclone samplers. *Journal of Aerosol Science*, 35(4), 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2003.10.004>
9. Okuda, T., Isobe, R., Nagai, Y., Okahisa, S., Funato, K., & Inoue, K. (2015). Development of a high-volume PM_{2.5} particle sampler using impactor and cyclone techniques. *Aerosol and Air Quality Research*, 15(3), 759–767. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2014.09.0194>
10. Alimov, Z. B., Youn, H., Iwata, A., Nakano, K., Okamoto, T., Sasaki, A., Katori, T., & Okuda, T. (2022). Comparison of the chemical characteristics and toxicity of PM_{2.5} collected using different sizes of cyclones. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 16(3), 2022062.
11. Nishita-Hara, C., Nakano, K., Iwata, A., Bin Mohd Nor, M. A., Mori, T., Youn, H., & Okuda, T. (2024). Development of an openable small cyclone for atmospheric particulate matter sampling for toxicological experiments. *Aerosol Science and Technology*, 58(6), 681–693. <https://doi.org/10.1080/02786826.2024.2328638>
12. Chu, K. W., Wang, B., Xu, D. L., Chen, Y. X., & Yu, A. B. (2009). CFD-DEM simulation of the gas-solid flow in a cyclone separator. *Chemical Engineering Science*, 64(10), 2236–2249. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2009.01.024>
13. Gao, S., Li, B., & Wang, H. (2017). CFD analysis of cyclone separator performance and particle trajectories. *Chemical Engineering Research and Design*, 121, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.02.015>
14. I, B., Zheng, C., & Zhou, H. (2014). Numerical simulation of gas-particle flow in cyclone separators. *Powder Technology*, 258, 333–344. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.03.035>
15. Sun, G., Zhang, L., & Chen, J. (2019). Numerical simulation of turbulent flow behavior in cyclone separators. *Powder Technology*, 345, 402–412. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.01.027>
16. Zhao, B., Su, Y., & Zhang, J. (2006). Simulation of gas flow pattern and separation efficiency in cyclone separators. *Chemical Engineering Journal*, 123(1–2), 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2006.07.005>
17. Avci, A., & Karagoz, I. (2003). Effects of flow and geometrical parameters on the collection efficiency in cyclone separators. *Journal of Aerosol Science*, 34(7), 937–955. [https://doi.org/10.1016/S0021-8502\(03\)00054-3](https://doi.org/10.1016/S0021-8502(03)00054-3)
18. Chuah, T. G., Gimbun, J., & Choong, T. S. Y. (2006). A CFD study of the effect of cone dimensions on cyclone hydrodynamics and performance. *Powder Technology*, 162(2), 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2005.12.007>
19. Kim, S., Jaques, P. A., Chang, M. C., Froines, J. R., & Sioutas, C. (2021). PM_{2.5} collected using cyclonic separation causes stronger biological responses than filtration-based sampling. *Environmental Research*, 191, 110490. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110490>
20. Heal, M. R., Kumar, P., & Harrison, R. M. (2012). Particles, air quality, policy and health. *Chemical Society Reviews*, 41(19), 6606–6630. <https://doi.org/10.1039/C2CS35076A>
21. Chen, B. T., Yeh, H. C., & Cheng, Y. S. (2004). Evaluation of aerosol samplers for PM_{2.5} collection efficiency. *Atmospheric Environment*, 38(14), 2069–2078. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.01.009>
22. Youn, J. S., Han, S., Yi, J. S., Kang, D. I., Jang, K. W., Jung, Y. W., Park, Y. K., & Jeon, K. J. (2021). Development of PM₁₀ and PM_{2.5} cyclones for small sampling ports at stationary sources: Numerical and experimental study. *Environmental Research*, 193, 110507. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110507>
23. McCreanor, J., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Stewart-Evans, J., Malliarou, E., Jarup, L., Harrington, R., Svartengren, M., Han, I. K., Ohman-Strickland, P., Chung, K. F., & Zhang, J. (2007). Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *The New England Journal of Medicine*, 357(23), 2348–2358. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa071535>
24. Grahame, T. J., & Schlesinger, R. B. (2010). Cardiovascular health and particulate vehicular emissions: A critical evaluation of the evidence. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 3(1), 3–27. <https://doi.org/10.1007/s11869-009-0047-x>
25. De Kok, T. M., Driecce, H. A., Hogervorst, J. G., & Briedé, J. J. (2006). Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: A review of recent studies. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 613(2–3), 103–122. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2006.07.001>
26. Youn, J. S., Han, S., Yi, J. S., Kang, D. I., Jang, K. W., Jung, Y. W., Park, Y. K., & Jeon, K. J. (2021). Development of PM₁₀ and PM_{2.5} cyclones for small sampling ports at stationary sources: Numerical and experimental study. *Environmental Research*, 193, 110507. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110507>
27. Li, X., Jianhua, Y., Yuchun, C., Mingjiang, N., & Kefa, C. (2003). Numerical simulation of the effects of turbulence intensity and boundary layer on separation efficiency in a cyclone separator. *Chemical Engineering Journal*, 95(1), 235–240. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(03\)00109-8](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(03)00109-8)

SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF CO EMISSIONS IN TASHKENT CITY IN SUMMER

Sharipov Shavkat Mukhamajanovich,

Doctor of Geographical Sciences (DSc), Professor.

e-mail: sh.sharipov@nuu.uz

Zaripov Shakhboz Bozorboy o'g'li,

PhD student.

e-mail: shaxbozzaripov6@gmail.com.

Ismatova Nilufar Ravshan kizi,

Doctor of Philosophy (PhD) in Geographical Sciences.

e-mail: ismatovanilufar31@gmail.com.

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,

Faculty of Geography and Geoinformation Systems.

Abstract. This research examines long-term changes in the concentrations of major air pollutant-carbon monoxide (CO) - in Tashkent city over a 30-year period from 1994 to 2023 in summer. The study aims to evaluate quantitative trends of this pollutant, develop spatial distribution maps, and determine the main sources of atmospheric pollution. The analysis is based on data obtained from 12 air quality monitoring stations managed by the Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan. Geographic Information System (GIS) techniques was applied for spatial assessment, with the Inverse Distance Weighting (IDW) method implemented in ArcGIS Pro. Seasonal distribution maps for pollutant was generated at five-year intervals. In addition, trend analysis was carried out using graphical representation and descriptive statistical methods. The findings reveal that CO concentrations was highest during the period from 1994 to 2003, followed by a marked decrease beginning in 2008. Overall, the study contributes valuable scientific evidence to support air quality management and environmental protection efforts in Tashkent.

Key words: Tashkent city, air pollution, carbon monoxide (CO), GIS analysis, IDW interpolation, environmental monitoring, statistical analysis.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Toshkent shahrida yoz mavsumida 1994 – 2023-yillar oralig'ida uglerod oksidi (CO) konsentratsiyasining uzoq muddatli dinamikasi tahlil qilingan. Tadqiqotning maqsadi CO ning vaqt bo'yicha o'zgarish tendensiyalarini miqdoriy baholash, uning fazoviy taqsimlanish xususiyatlarini aniqlash hamda atmosfera ifloslanishining asosiy manbalarini aniqlashdan iborat. Tadqiqot uchun O'zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati markazi fondidan 12 ta atmosfera havosini monitoring qilish stansiyalari bo'yicha olingan ma'lumotlar bazasi shakllantirildi. Fazoviy tahlil Geografik axborot tizimlari (GIS) asosida amalga oshirilib, ArcGIS Pro muhitida Inverse Distance Weighting (IDW) interpolatsiya usuli qo'llanildi. CO konsentratsiyasining mavsumiy fazoviy taqsimlanish xaritalari 5 yillik intervallar kesimida ishlab chiqildi. Trend tahlili grafik vizualizatsiya hamda tavsifiy statistik usullar asosida bajarildi. Natijalar CO konsentratsiyasining 1994 – 2003-yillar oralig'ida yuqori darajada bo'lganligini, 2008-yildan boshlab esa barqaror pasayish tendensiyasi kuzatilganligini ko'rsatdi. Olingan natijalar shahar hududida atmosfera havosi sifatini baholash, uning monitoring tizimini takomillashtirish hamda ekologik boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: Toshkent shahri, havo ifloslanishi, uglerod monooksidi, GAT tahlili, IDW usuli, atrof-muhit monitoring, statistic tahlil.

Аннотация. В данном исследовании рассматриваются долгосрочные изменения концентрации одного из основных загрязнителей атмосферного воздуха — оксида углерода (CO) — в Ташкент в летний период за 30-летний интервал с 1994 по 2023 годы. Целью работы является количественная оценка временных тенденций изменения данного загрязнителя, построение карт его пространственного распределения, а также выявление основных источников загрязнения атмосферы. Анализ основан на данных 12 станций мониторинга качества атмосферного воздуха, находящихся в ведении Гидрометеорологической службы Республики Узбекистан. Для пространственной оценки применялись методы геоинформационных систем (ГИС), при этом интерполяция выполнялась методом обратных взвешенных расстояний (IDW) в программной среде ArcGIS Pro. Карты сезонного распределения загрязнителя были построены с интервалом в пять лет. Кроме того, анализ тенденций проводился с использованием графических методов и описательной статистики. Результаты исследования показали, что максимальные значения концентрации CO наблюдались в период 1994–2003 гг., после чего, начиная с 2008 года, отмечается выраженная тенденция к снижению. В целом полученные результаты представляют собой значимый научный вклад в обоснование мер по управлению качеством атмосферного воздуха и охране окружающей среды в городе Ташкенте.

Ключевые слова: город Ташкент, загрязнение воздуха, оксид углерода (CO), ГИС-анализ, интерполяция IDW, экологический мониторинг, статистический анализ.

1. INTRODUCTION

In recent decades, air pollution in urban environments has emerged as a critical environmental challenge. Rapid

urbanization, the growing number of motor vehicles, industrial expansion, and increasing energy demand have led to the excessive release of atmospheric pollutants, including CO₂,

CO, SO₂, NO_x, O₃, PM_{2.5}, and PM₁₀ (Han et al., 2011; Bollen & Brick, 2014; Cheng et al., 2016). These emissions not only contribute to global climate change and the formation of acid rain (Wang & Wang, 1995; Wang et al., 2001; Christoph et al., 2015; Zhou et al., 2022), but also influence atmospheric photochemical processes through the interaction of primary and secondary pollutants (Kuttler and Strassburger, 1999; Derwent et al., 2003; Masiol et al., 2014). Moreover, exposure to these pollutants poses serious risks to human health, as demonstrated by numerous epidemiological and environmental studies (Salam et al., 2005; Bell, 2006; Pepe et al., 2011; Li et al., 2016, 2017; Nili et al., 2016; Puts et al., 2020; Gao et al., 2021; Bhat et al., 2021; Parrella et al., 2023; Xu et al., 2023; Fajar, 2025). Consequently, reducing atmospheric pollutant concentrations has become a priority at both national and international levels and is recognized as a key environmental objective under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (Street, 2000; Nam et al., 2013; Yang & Teng, 2018; Li & Xu, 2020).

Globally, air pollution remains one of the most pressing environmental problems, with widespread implications for public health and ecosystem stability (Novan, 2017; Diao et al., 2020; Mohammad, 2025). Tashkent-the political, economic, and cultural center of the Republic of Uzbekistan and the country's most highly urbanized city-has experienced substantial population growth and economic development in recent years. This rapid expansion of the energy, transport, and industrial sectors has resulted in increased emissions of harmful atmospheric substances, including CO, NO₂, SO₂, CO₂, particulate matter (PM), and aerosols. In addition, Tashkent's geographical setting on a foothill plain, combined with its sharply continental climate, low annual precipitation, and prevailing wind conditions, promotes the prolonged accumulation of pollutants in the atmosphere rather than their natural dispersion. These factors limit both horizontal and vertical air movement, intensify temperature inversion events and photochemical reactions, and ultimately exacerbate air pollution levels. Therefore, continuous air quality monitoring, long-term analysis of pollutant concentration trends, and assessment of their spatial distribution in Tashkent are of considerable scientific and practical importance.

In recent years, numerous international studies have focused on monitoring key atmospheric pollutants such as SO₂, NO_x, CO, CO₂, PM_{2.5}, and PM, as well as on analyzing their spatial and temporal distribution using Geographic Information System (GIS) techniques (Chen et al., 2015). For example, Li et al. (2018) investigated and mapped major air pollutants in China during 2015–2016 while incorporating meteorological factors into their analysis. Sun et al. (2018) examined the long-term dynamics of harmful gas emissions across Chinese cities over a 64-year period, reporting declining trends in SO₂ and NO_x concentrations alongside an increase in volatile organic compounds (VOCs). Similarly, Yoo et al. (2015) analyzed long-term air pollution trends in South Korea in relation to land use patterns. In Mexico City, Luis et al. (2015) applied GIS-based methods, including the Inverse Distance Weighting (IDW) approach, to assess the dispersion of atmospheric pollutants (see

also Jung, 2019). Jumaah et al. (2019) evaluated air quality in Kuala Lumpur using IDW and Ordinary Least Squares (OLS) models, highlighting the effectiveness of these methods in capturing pollution dynamics. In Iran, Masroor et al. (2020) employed both Kriging and IDW techniques to estimate PM_{2.5} concentrations in Tehran. In the United Kingdom, Duggan (2024) demonstrated that not only fuel type but also vehicle age significantly influences CO emissions from the transport sector. Overall, numerous studies (e.g., Somvanshi et al., 2019; Han et al., 2011; Alkabbani et al., 2022) confirm that the integration of GIS technologies with statistical methods provides a robust framework for accurately characterizing the spatial distribution, temporal variability, and underlying processes of atmospheric pollution.

The main aim of this study is to examine the temporal dynamics of the major gas contributing to air pollution in Tashkent city-carbon monoxide (CO) over the period from 1994 to 2023 in summer. Based on the analysis results, seasonal distribution maps will be developed, and the key sources influencing ambient concentrations of CO will be identified. For this purpose, data covering the 30-year study period were obtained from the archival records of the Hydrometeorological Service Agency under the Ministry of Ecology, Environmental Protection, and Climate Change of the Republic of Uzbekistan, the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics, as well as relevant scientific literature.

In urban areas, the primary sources of carbon monoxide emissions are associated with oxygen-deficient (incomplete) combustion processes, particularly from motor vehicles, industrial activities, residential heating systems, coal-, oil-, and gas-fired power plants, industrial boilers, and waste incineration facilities (Oke, 2025). Based on these emission sources, the factors affecting variations in CO concentrations were further analyzed.

2. MATERIALS AND METHODS

This research analyzes the spatial and temporal variability of carbon monoxide (CO) concentrations in the atmosphere of Tashkent city over a 30-year period spanning from 1994 to 2023. The methodological framework of the study consists of several key stages, including data acquisition, initial data processing, spatial analysis using Geographic Information System (GIS) tools, the generation of distribution maps through the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation technique, and statistical analysis. Furthermore, supplementary statistical information required for the study was sourced from the National Statistical Committee of Uzbekistan (State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics, 2025).

2.1. Study area

Tashkent is the capital of the Republic of Uzbekistan and functions as the country's main political and cultural hub. The city is located on an extensive piedmont plain at the foothills of the Western Tien Shan Mountains. Covering an area of approximately 410 km², Tashkent is administratively divided into 12 districts. As of January 1, 2025, the city's permanent population was estimated at about 3,112,800 inhabitants.

2.2. Data collection and description of air pollutant emissions

To assess the air pollution status in Tashkent city, data on the amounts of carbon monoxide (CO) emitted into the atmosphere from 1994 to 2023 were obtained from the archives of the Hydrometeorological Service Agency under the Ministry of Ecology, Environmental Protection, and Climate Change of the Republic of Uzbekistan. These data were collected from 12 monitoring stations located in various parts of the city for each month of every year within the study period. Using the monthly data, seasonal averages were calculated. For example, to determine the average value for the summer season, the mean concentration for June, July and August was computed for each monitoring station.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Seasonal variations of carbon monoxide (CO) in urban air from 1994 to 2023 in summer

As illustrated in Figure 1 and 2, the amount of carbon monoxide (CO) emitted into the urban atmosphere has generally decreased in summer between 1994 and 2023. The highest seasonal CO concentrations for the entire study period were recorded in 1994. During that year, the average CO level in winter exceeded $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. By 2003, the wintertime CO concentration had declined to approximately $1800\text{--}1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and further decreased to around $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ by 2008. However, during the subsequent five-year period, CO levels again rose above $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A declining trend resumed after 2013. In the most recent five-year period (post-2018), CO concentrations began to rise

once more. By 2023, the average CO level in most parts of the city ranged from 1600 to $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, with eastern areas reaching up to $2600 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In summer, 1994 also exhibited the highest CO values among all studied years. On average, summer CO concentrations were higher than those in winter, spring, or autumn. In 1994, levels across most of the city exceeded $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. This decreased by 2008, when summer concentrations averaged between 2200 and $2300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A consistent downward trend was observed after 2013. The highest summer CO levels during the study period were recorded between 1998 and 2003. By 2023, average summer concentrations in the northern, western, and southern parts of the city ranged from 1600 to $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Based on the analysis of maps and diagrams, it can be concluded that the concentrations of all emitted pollutants sharply increased during the period from 1994 to 2003. Over the studied period, the level of CO generally showed a decreasing trend. Air pollutants originate from both natural and anthropogenic sources. Natural sources of air pollution include volcanic activity, wildfires, dust storms, oceans, and others. Anthropogenic sources comprise industry, municipal services, transportation, and others (Richard, 1994; Richard, 2016; Zhao, 2021). Urban air pollution is predominantly influenced by anthropogenic factors, and Tashkent city is no exception. As the largest metropolis in our region, Tashkent has experienced in recent years industrial growth, an increase in the number of vehicles, and intensified construction activities, all of which negatively impact the ecological situation, particularly air quality.

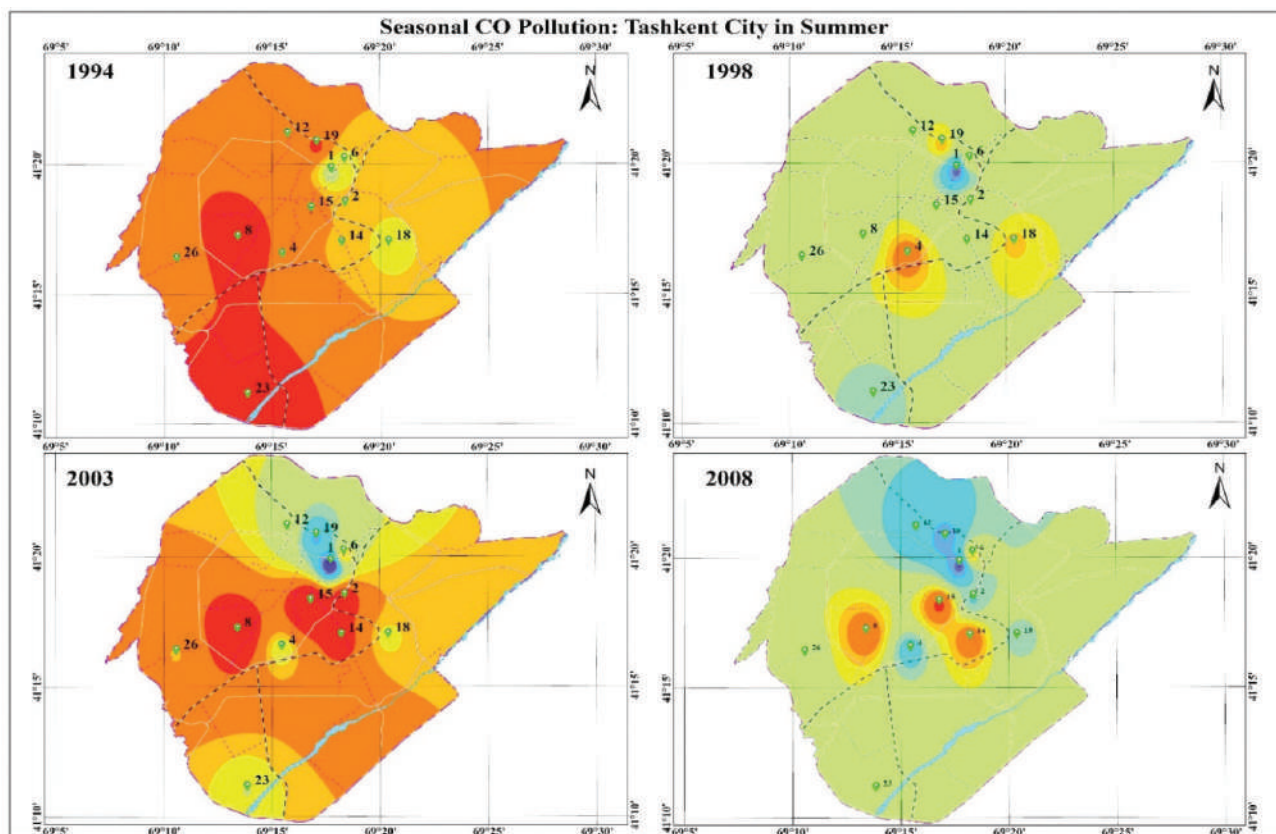


Fig.1. Seasonal variation in CO emissions into the air in Tashkent city during summer between 1994 and 2008

Source: own study

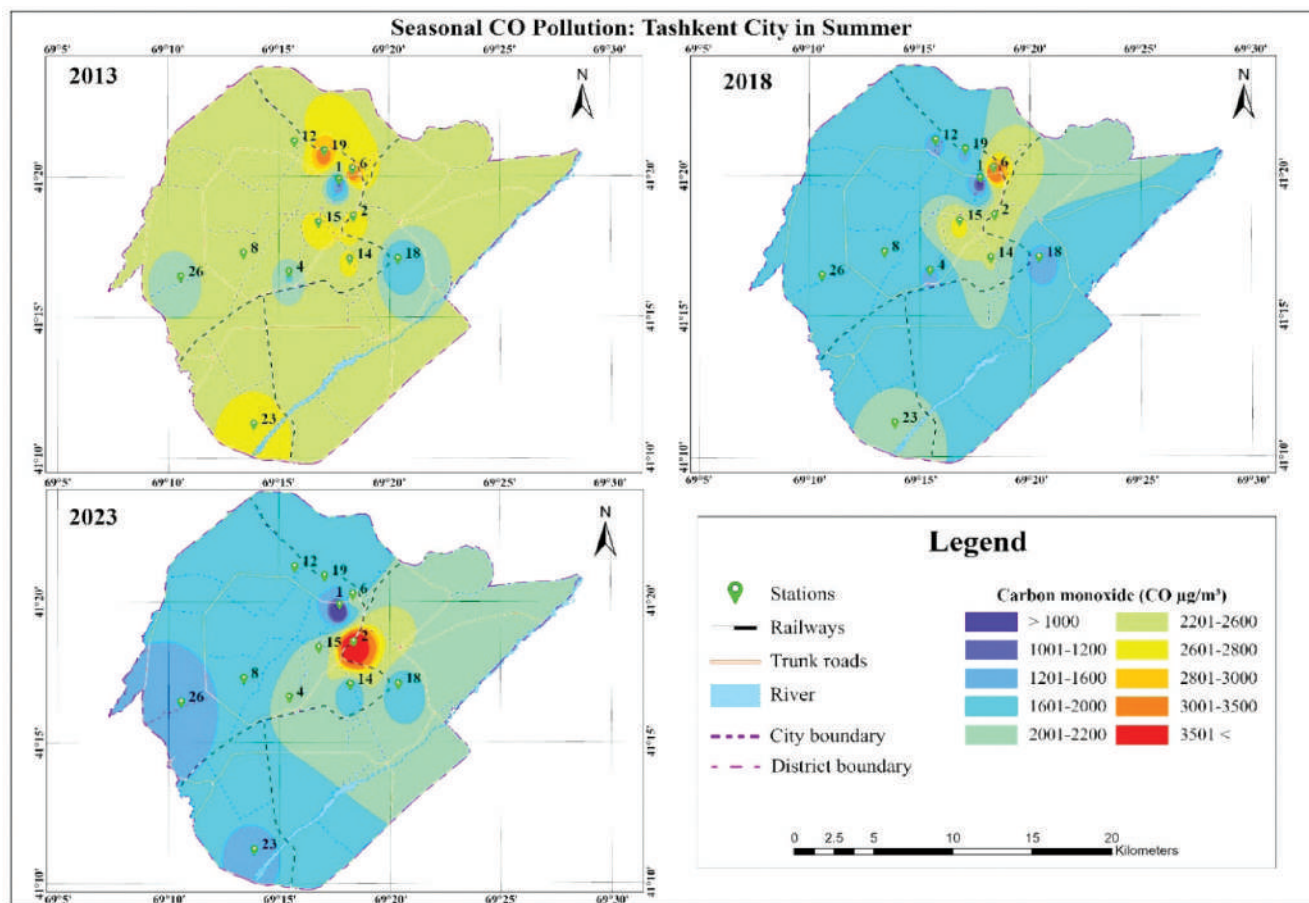


Fig.2. Seasonal variation in CO emissions into the air in Tashkent city during summer between 2013 and 2023
Source: own study.

The rapid urbanization process, population growth, and expansion of industrial and other sectors in Tashkent city have also led to an increase in the number of vehicles. Consequently, numerous ecological issues related to transportation have emerged, among which air pollution has become particularly pressing. Incomplete combustion of fuel in automobile engines results in the emission of (1) nitrogen oxides (NO_x); (2) sulfur dioxide (SO_2); (3) carbon dioxide (CO_2); (4) fine particulate matter ($\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10}); and (5) unburned hydrocarbons (CH). These emissions contribute to deteriorating human health, acid rain, smog formation, and global warming, among other problems.

As of January 1, 2023, the number of privately owned passenger cars in Tashkent amounted to approximately 638,800. On average, around 1,1 million vehicles operate daily in the city, including 850,000 registered in Tashkent and 250,000 entering from surrounding regions. The increase in the number of private vehicles contributes to the worsening of environmental conditions, an increase in road traffic accidents, and a reduction in traffic speed to 9-11 km/h during peak congestion hours (Ziyayev, Vohidov, 2022).

Analysis of maps illustrating the seasonal dynamics of CO emissions reveals that during the period from 1994 to 2008-particularly in the summer-the levels of CO released into the atmosphere were significantly higher compared to recent years. This indicates a decline in CO emissions over the study

period when compared to the early 1990s. However, in recent years, there has been a relative increase in CO levels during the winter season. Although the total number of vehicles has increased, the overall volume of CO emissions has declined due to several contributing factors: (1) Technological modernization of vehicles – including the adoption of new, environmentally friendly, and more efficient engines, as well as the widespread implementation of catalytic converters and other exhaust purification systems; (2) Fleet renewal and improvement of public transport systems; (3) Regulatory changes and improved monitoring of emissions from vehicles and industrial facilities, along with the relocation of major polluting industries from city centers to peripheral areas; (4) Transition to cleaner fuel sources in energy production; (5) Improvement in fuel quality used by the transport sector.

4. CONCLUSION

This study analyzed the seasonal dynamics of carbon monoxide (CO) and sulfur dioxide (SO_2) emissions in the air of Tashkent city over the period from 1994 to 2023. The results indicate that although the amounts of these gases released into the atmosphere have decreased compared to 1994, a recent upward trend has been observed. During the study period, the highest emission levels for all three pollutants were recorded in 2003. Seasonal analysis revealed that CO concentrations peaked during the summer, while SO_2 levels were highest in winter and lowest in summer and autumn. This pattern is primarily

attributed to the increased use of fuel oil and other heating fuels during the cold season. The analysis demonstrated that industrial activity, construction, and the transport sector in Tashkent play significant roles in the emission of air pollutants. Changes in the share of fuel oil usage at the Tashkent Thermal Power Plant (TPP) directly affected the volume of pollutant gases emitted into the city's atmosphere. In recent years, the most polluting industrial enterprises in the city center have been relocated to the outskirts. Additionally, the proportion of industries related to coke and petroleum refining, rubber and plastic products, chemical manufacturing, and fabricated metal products has decreased, whereas the share of metallurgical production has increased. Furthermore, there has been a sharp increase in construction activities in the city, accompanied by a reduction in green spaces. The number of vehicles and the types of fuel they use have also significantly influenced the amount of pollutant gases emitted into the air.

Proposals and recommendations for preventing air pollution

in Tashkent City: (1) modernization and optimization of industrial enterprises' locations; (2) it is necessary to implement innovative technologies that reduce pollution in metallurgy and other industrial sectors; (3) improvement of fuel quality in TPP; (4) at thermal power plants like TashTPP, the use of fuel oil should be reduced, and the transition to natural gas and other environmentally clean fuels should be encouraged; (5) improvement of the transport system of Tashkent and fuel quality; (6) increase the number of public transport vehicles and introduce modern, low-emission electric and gas vehicles; (7) to reduce the number of private cars, optimize parking and road infrastructure, and expand pedestrian and bicycle lanes; (8) pay special attention to preserving and increasing green spaces, and expand green areas in new construction projects (9) in multi-storey building construction, maintain wind flow and increase wind speed by considering aerodynamic calculations; (10) raise public awareness about air quality and environmental issues through educational campaigns.

REFERENCES

1. Azizov Q., Beketov A. (2024). Traffic flow characteristics and their impact on air pollution in urban streets: a case study of Tashkent. *Engineer International scientific journal*, ISSUE 4, 2024 Vol. 2 ISSN 3030-3893.
2. Alkabbani H., Ramadan A., Zhu Q., Elkamel A. (2022). An improved air quality index machine learning-based forecasting with multivariate data imputation approach. *Atmosphere*, 13(7), 1144. <https://doi.org/10.3390/atmos13071144>.
3. Bhat T., Jiawen G., Farzaneh H. (2021). Air Pollution Health Risk Assessment (AP-HRA), principles. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1935. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041935>.
4. Bell L. (2006) The use of ambient air quality modeling to estimate individual and population exposure for human health research: A case study of ozone in the Northern Georgia Region of the United States. *Environ. Int.*, 32, 586–593.
5. Bollen J., Brink C. (2014). Air pollution policy in Europe: quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies. *Energy Econ.* 46, 202–215.
6. Cheng F., Zheng J., Wei C., Mu Q., Zheng B., Wang B., Gao M., Zhang Q., He .B. (2016). Reactive nitrogen chemistry in aerosol water as a source of sulfate during haze events in China. *Sci. Adv.* 2.
7. Chen D., Xu T., Li Y., Zhou Y., Lang J., Liu X., Shi H. (2015). A hybrid approach to forecast air quality during high-PM concentration pollution period. *Aerosol Air Qual. Res.* 15, 1325–1337.
8. Christoph S., David McC., Keywan R., Jan M., Elmar K., Detlef V., Jessica J., Carmenza R., Edgar H., Massimo T., Sevastianos M., Oliver L., Joyashree R., Yacob M., Navroz D., Johannes B., Diana V., Ottmar E. (2015). Integrating global Climate Change mitigation goals with other sustainability objectives: a synthesis. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 40, 363–394.
9. Diao Y., Zuo Q., Ma J. (2020). Urbanization, water use level and their coupled coordination in the Yellow River Basin. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*.
10. Dobesch H., Dumolard P., Dyras I. (2013). Spatial interpolation for climate data: the use of GIS in climatology and meteorology. 2nd ed. New York: Wiley. <https://books.google.iq/books?isbn=1118614992>.
11. Derwent R., Jenkin M., Saunders S., Pilling M., Simmonds P., Passant N., Dollard G., Dumitrean P., Kent A. (2003). Photochemical ozone formation in north west Europe and its control, *Atmos. Environ.*, 37, 1983–1991.
12. Duggan S. (2024). Carbon monoxide exposure inside UK road vehicles: a pilot study. *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109070>.
13. Eslami A, Ghasemi SM. (2018). Determination of the best interpolation method in estimating the concentration of environmental air pollutants in Tehran city in 2015. *J Air Pollut Health.* 3(4):187–198. doi:10.18502/japh.v3i4.402.
14. Fajar W., Nusrat E., Rabiya N., Waqas A., Muhammad K., Laila Sh., Aqil T., Hira A., Qamar Z. (2025). Geo-spatial distribution of air pollutants in urban area and its potential health risk analysis solutions. *Urban Climate*. Volume 61. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102380>.
15. Gao H., Sun L., Wu H., Chen J., Cheng Y., Zhang Y. (2021). The predictive value of neutrophil-lymphocyte ratio at presentation for delayed neurological sequelae in carbon monoxide poisoning. *Inhal. Toxicol.* 33 (4), 121–127. <http://dx.doi.org/10.1080/008958378.2021.1887410>.
16. Han S., Bian H., Feng Y., Liu A., Li X., Zeng F., Zhang X. (2011). Analysis of the relationship between O₃, NO and NO₂ in Tianjin, China, *Aerosol Air Qual. Res.*, 11, 128–139.
17. Jumaah H., Mohammed H., Bahareh K., Mojaddadi R., Sarah J. (2019). Air quality index prediction using IDW geostatistical technique and OLS-based GIS technique in Kuala Lumpur, Malaysia. *Geomatics, Natural hazards and Risk*. 10:1, 2185–2199,

DOI: 10.1080/19475705.2019.1683084.

18. Jung M., Yuxiong D., Vincent G., Changqing L., Zhiwei W. (2019). Spatiotemporal prediction of PM_{2.5} Concentrations at different time granularities using IDW-BLSTM. *IEEE Access Journal* 7.

19. Kuttler W., Strassburger A. (1999). Air quality measurements in urban green areas—a case study, *Atmos. Environ.*, 33, 4101–4108.

20. Khan J., Kakosimos K., Raaschou-Nielsen O., Brandt J., Jensen SS., Ellermann T, et al. (2019). Development and performance evaluation of new AirGIS—a GIS based air pollution and human exposure modelling system. *Atmospheric environment*. 198:102-21.

21. Li R., Cui L., Li J., Zhao A., Fu H., Wu Y., Zhang L., Kong L., Chen J. (2017). Spatial and temporal variation of particulate matter and gaseous pollutants in China during 2014–2016. *Atmos. Environ.* 161, 235–246.

22. Li R., Zhenzhen W., Lulu C., Hongbo F., Liwu Z., Lingdong Konga., Weidong Ch., Jianmin Ch., (2018). Air pollution characteristics in China during 2015–2016: Spatiotemporal variations and key meteorological factors.. *Science of the Total Environment journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv*.

23. Li X., Xu H (2020). The energy-conservation and emission-reduction paths of industrial sectors: evidence from Chinas 35 industrial sectors. *Energy Econ.* 86, 104628.

24. Luis O., Zhenzhen Z., Brisa S., Kai Z., Daniel B., Leonora R., Álvaro O., Felipe V., Marie S. (2015). An assessment of air pollutant exposure methods in Mexico City, Mexico. *Journal of the Air & Waste Management Association*. <https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1020974>.

25. Lloyd CD. (2010). Local models for spatial analysis. 2nd ed. Boca Raton (FL): CRC Press.

26. Masroor K., Fanaei F., Yousefi S., Raeesi M., Abbaslou H., Shahsavani A., Hadei M. (2020). Spatial modelling of PM_{2.5} concentrations in Tehran using Kriging and inverse distance weighting (IDW) methods. *Journal of Air Pollution and Health*. 5(2): 89-96.

27. Mohammad A., Abraham M., Ramadan A. (2025). Fate and spaciation of NO_x in an arid climatic region : factors assesment . *Environ Monit Asses*. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14077-4> .

28. Masiol M., Agostinelli C., Formenton G., Tarabotti E., Pavoni B. (2014). Thirteen years of air pollution hourly monitoring in a large city: Potential sources, trends, cycles and effects of car-free days, *Sci. Total Eviron.*, 494/495, 84–96.

29. Novan K. (2017). Overlapping environmental policies and the impact on pollution. *J. Assoc. Environ. Resour. Econ.* 4, S153–S199.

30. Nam M., Waugh J., Paltsev S., Reilly M., Karplus J. (2013). Carbon co-benefits of tighter SO₂ and NO_x regulations in China. *Glob. Environ. Change* 23, 1648–1661.

31. Nili G., Rafael C., Estela D., Haim B., Manor Sh., Dorit T., Boris P. (2016). Different effects of long-term exposures to SO₂ and NO₂ air pollutants on asthma severity in young adults. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. Volume 79. Issue 8. <https://doi.org/10.1080/15287394.2016.1153548>.

32. Oke T., Mills G., Christen A., Voogt J. (2025). *Urban Climates*. Cambridge university press . Las Vegas. p. 298-302.

33. Pepe G., Castelli M., Nazerian P., Vanni S., Del M., Gambassi F., Botti P., Missanelli A., S G. (2011). Delayed neuropsychological sequelae after carbonmonoxide poisoning: predictive risk factors in the Emergency Department. Aretrospective study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 19 (16),<http://dx.doi.org/10.1186/1757-7241-19-16>.

34. Puts A., Ryan M., Oeltzschner G., Horska A., Edden E., Mahone M. (2020). Reduced striatal GABA in unmedicated children with ADHD at 7T. *Psychiatry Res.Neuroimaging* 301,<http://dx.doi.org/10.1016/j.psychresns.2020.111082>.

35. Parrella N., Hill A., Dipnall L., Loke Y., Enticott P., Ford T. (2023). Inhibitorydysfunction and social processing difficulties in autism: A comprehensive narrativerreview. *J. Psychiatr. Res.* 169, 113-125.<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpsychires.2023.11.014>.

36. Ruziev A., Yusupjonov O., Földváry L., Okhunov Z., Rakhimov Sh., Rakhmonov Sh., Yakubov G. (2024). Development stages of the geodetic network in Tashkent city. *E3S Web of Conferences Volume 590 6th Annual International Scientific Conference on Geoinformatics - GI 2024: “Sustainable Geospatial Solutions for a Changing World”*.

37. Richard F. (2016). *Urban ecology: Science of cities*. Harvard University, USA. p. 143.

38. Richard W., Donald F., Turner D., Arthur S. (1994). *Fundamentals of air pollution.*, Academic Press., USA. p.16,72.

39. Ramdan A. (2021). Detailed analysis of power generation and water desalination sector emissions-part 1: Criteria pollutants and BTEX. *International journal of Environmental Science and Technology*, 19(11), 763–774. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-03076-2>.

40. Salam T., Millstein J., Li F., Lurmann W., Margolis G., Gilliland D. (2005). Birth outcomes and prenatal exposure to ozone, carbon monoxide, and particulate matter: Results from the Children’s Health Study. *Environ. Health Perspect.* 113, 1638.

41. Somvanshi S., Vashisht A., Chandra U., Kaushik G. (2019). Delhi air pollution modeling using remote sensing technique. In: Hussain C, editor. *Handbook of environmental materials management*. Cham: Springer; p. 1–27. doi:10.1007/978-3-319-58538-3_174-1.

42. Sun W., Shao M., Granier C., Liul Y., Ye1 C., Zheng J. (2018). Long-term Trends of Anthropogenic SO₂, NO_x, CO and NMVOCs Emissions in China . *American Geophysical Union*. doi:10.1029/2018EF000822 .

43. Streets D. (2000). Present and future emissions of air pollutants in China:: SO₂, NO_x, and CO. *Atmospheric Environment*. Volume 34, Issue 3. p. 363-374.

44. Sharipov Sh., Khayitmurodov A. (2024). The impacts of green spaces on mitigating the urban hot island effect in the city of Tashkent. BIO Web of Conferences, volume 105, 06013. DOI: 10.1051/bioconf/202410506013.
45. Sharipov Sh., Gudalov M., Nematov O., Tovbaev G., Kasimov N., Mirzaeva A., Khazratqulov K. (2024). Effects and Consequences of Climate Change on the Natural Conditions of Mirzachol District. Natural and Engineering Sciences, 9(2), 257-269. DOI: 10.28978/nesciences.1574448.
46. Samatov M. (2013). "Spreading light to the people... (dedicated to the 50th anniversary of the Tashkent Thermal Power Plant)". Tashkent: Fan. p. 7,12,30,32.
47. Tursunov Kh. (1994). Socio-geographical aspects of the study of the environmental situation of a large city (using Tashkent as an example) Dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Science –T. (in Russian).
48. Wang X., Wang T. (1995). On the origin and the trend of acid rain precipitation in China, Water Air Soil Pollut., 85, 2295–2300.
49. Wang T., Cheung T., Anson M., Li Y. (2001). Ozone and related gaseous pollutants in the boundary layer of eastern China: Overview of the recent measurements at a rural site, Geophys. Res. Lett., 28, 2373–2376.
50. Xu D., Mei T., He F. (2023). The neutrophil-to-lymphocyte ratio is associated with the frequency of delayed neurologic sequelae in patients with carbon monoxide poisoning. Sci. Rep. 11 (13), 19706. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-47214-5>.
51. Yang X., Teng F. (2018). Air quality benefit of China's mitigation target to peak its emission by 2030. Clim. Policy 18, 99–110.
52. Yoo M., Jeong J., Kim D., Stockwell R., Yang H., Shin W., Lee I., Song K., Lee D. (2015). Spatiotemporal variations of air pollutants (O₃, NO₂, SO₂, CO, PM₁₀, and VOCs) with land-use types. Atmos. Chem. Phys., 15, 10857–10885, 2015.
53. Ziyayev K., Vohidov D. (2022). Avtomobillar tezligini ko'cha-yo'l tarmoqlarining o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'siri, "Transportda resurs tejimkor texnologiyalar" xalqaro ilmiy-texnikaviy anjumani.
54. Zhao A., Wang D., Wang J., Hu X. (2021). Quantitative Investigation of the Interactive Coupling Relationship Among Urbanization-Tourism Industry-Ecological Environment and Their Obstacle Factors in Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration. Research of Soil and Water Conservation, 28(04):333-341.
55. Zhou J., Liu J., Xiang S., Zhang Y., Wang Y., Ge W., Hu J., Wan Y., Wang X., Liu Y., Ma J., Wang X., Tao S. (2022). Evaluation of the street canyon level air pollution distribution pattern in a typical city block in Baoding, China. Int. J. Environ. Res. Public Health. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph191610432>.

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGIES IN CHAD'S HIGH-RISK REGIONS

Rahmatullayeva Muhlis Abrorovna,

A second-year student at the Central Asian University of Environmental and Climate Change Studies (Green University).

e-mail: rahmatullayeva.m@gmail.com

Abstract. This is not a secret that Africa considered as the poorest continent in the world. Countries across this continent face extreme weather conditions, and so many regions have been severely affected by climate change. This is especially surprising given that Africa contributes only 2-3% to global greenhouse gas emissions. Despite this low contribution, it is viewed as the most vulnerable region in the world. In this paper, one of the countries most heavily impacted by climate change: Chad. The country continues to face serious challenges not only from an environmental perspective but also in terms of economic hardship and the well-being of its local population. The key problems Chad is currently experiencing, assessed its vulnerability to climate hazards, and proposed both short-term and long-term solutions for each major issue.

Keywords: climate change, adaptation, vulnerability assessment, water scarcity, Lake Chad Basin.

Abstract. Afrikani dunyodagi eng qashshoq qit'a deb bilish sir emas. Ushbu qit'aning mamlakatlari ekstremal ob-havo sharoitlariga duch kelmoqda va ko'plab mintaqalar iqlim o'zgarishiga jiddiy ta'sir ko'rsatdi. Bu, ayniqsa, Afrikaning global issiqxona gazlari chiqindilariga atigi 2-3% hissa qo'shayotganini hisobga olsak, ajablanarli. Bu past hissaga qaramay, unga dunyodagi eng zaif mintaq sifatida qaraladi. Ushbu maqolada iqlim o'zgarishidan eng ko'p ta'sirlangan mamlakatlardan biri: Chad. Mamlakat nafaqat ekologik nuqtai nazardan, balki iqtisodiy qiyinchiliklar va mahalliy aholi farovonligi nuqtai nazaridan ham jiddiy muammolarga duch kelishda davom etmoqda. Chad hozirda boshdan kechirayotgan asosiy muammolar, iqlim xavf-xatarlariga nisbatan zaifligi baholandi va har bir asosiy muammo uchun qisqa muddatli va uzoq muddatli yechimlarni taklif qilindi.

Kalit so'zlar: Iqlim o'zgarishi, moslashish, zaiflikni baholash, suv tanqisligi, Chad ko'li havzasi.

Аннотация. Это не секрет, что Африка считается самым бедным континентом в мире. Страны этого континента сталкиваются с экстремальными погодными условиями, и многие регионы были серьезно затронуты изменением климата. Это особенно удивительно, учитывая, что Африка вносит лишь 2-3% в глобальные выбросы парниковых газов. Несмотря на этот низкий вклад, она считается самым уязвимым регионом в мире. В этой статье рассматривается одна из стран, наиболее сильно пострадавших от изменения климата: Чад. Страна продолжает сталкиваться с серьезными вызовами

не только с экологической точки зрения, но и в плане экономических трудностей и благополучия местного населения. В статье оцениваются ключевые проблемы, с которыми сталкивается Чад, его уязвимость к климатическим опасностям, а также предлагаются краткосрочные и долгосрочные решения для каждой основной проблемы.

Ключевые слова: изменение климата, адаптация, оценка уязвимости, дефицит воды, бассейн озера Чад.

Introduction.

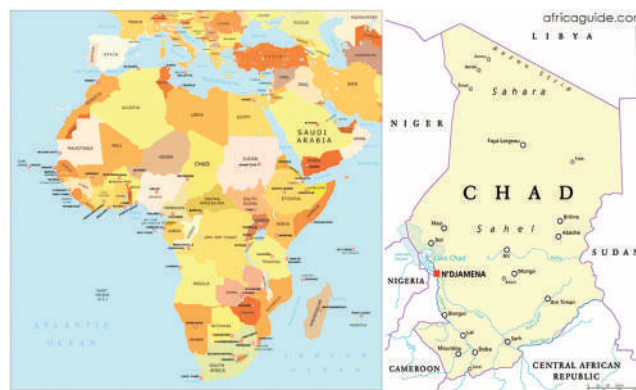
Chad, the fifth-largest country in Africa, covers approximately 1.3 million km² and includes three major bioclimatic zones: Saharan, Sahelian, and Sudanian [1]. The country's economy is poorly diversified and relies heavily on climate-sensitive sectors such as agriculture, livestock production, and oil extraction [2]. Although Chad contributes only around 0.2% of global greenhouse gas emissions, it remains one of the countries most vulnerable to the impacts of climate change [3]. This imbalance between low emissions and high vulnerability makes Chad an important case for climate adaptation research. The relevance of this study lies in the growing environmental and humanitarian crisis caused by climate change in the Lake Chad Basin. Rising temperatures, prolonged droughts, desertification, irregular rainfall, and water scarcity are seriously affecting food security, public health, agricultural productivity, and economic stability [4]. According to reports from the United Nations Development Programme, droughts and desertification in northern Chad continue to reduce fertile land and increase pressure on local communities [5]. The Lake Chad Basin has lost nearly 90% of its surface water over the past decades, shrinking from about 25,000 km² to nearly 2,000 km² [6]. This environmental degradation has contributed to one of the most severe humanitarian crises in Africa, threatening the livelihoods of millions of people who depend on the lake for agriculture, fishing, and livestock [7].

Many researchers and international institutions have studied the relationship between climate change and vulnerability in African countries. Previous studies emphasize that countries with weak infrastructure, limited economic diversification, and dependence on natural resources are especially exposed to climate hazards [8]. Scholars have also highlighted that the Sahel region, including Chad, experiences higher risks of drought, land degradation, forced migration, food insecurity, and conflict over natural resources [9]. Reports by the Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, and UNDP stress the urgent need for adaptation strategies focused on sustainable agriculture, water management, and community resilience [10]. The object of this research is the impact of climate change on Chad, particularly within the Lake Chad Basin region. The study focuses on assessing the country's environmental and socio-economic vulnerability to climate hazards and identifying both short-term and long-term adaptation measures. The purpose of this paper is to analyze the major climate-related challenges facing Chad and propose practical solutions that can improve environmental sustainability, economic stability, and the livelihoods and health of local communities.

Methodology

This study uses a qualitative approach to assess climate vulnerability and examine the impact of climate change on Chad, particularly in the Lake Chad basin region (figure 1). The study is based on a secondary analysis of data collected by international organizations, scientific reports, academic literature, and environ-

mental databases. The sources include reports from the United Nations Development Programme, UNICEF, the United Nations Environment Programme, and the Intergovernmental Panel on Climate Change, and humanitarian organizations working in Chad. The methodology consisted of four main stages. Firstly, based on the analysis of literature and environmental reports, climate-related hazards for Chad were identified. The main hazards included droughts, water scarcity, desertification, decreased rainfall, groundwater depletion, and the shrinking area of Lake Chad. Secondly, a vulnerability assessment was conducted to evaluate how these hazards affect communities, infrastructure, local economies, healthcare, and the natural environment.



■ Figure 1. Map of Africa and Chad

Thirdly, the study employed a qualitative risk assessment method using two indicators: severity and probability. Each identified hazard was assessed according to its potential impact and likelihood of occurrence. Risk levels were categorized as moderate, high, and extreme. This approach helped identify the most serious climate threats facing northern Chad. Finally, adaptation measures were developed based on the identified risks. Both short-term and long-term responses were proposed to address each major problem. Adaptation strategies aimed to improve water resource management, public health, agricultural sustainability, infrastructure, and environmental protection. The proposed measures were evaluated in terms of feasibility, sustainability, and potential effectiveness in reducing climate vulnerability.

Results and vulnerability assessment

Chad is one of the Least Developed Countries (LDCs) in the world and is highly vulnerable to climate change. The country is recognized as one of the hottest in the world, with about 75% of its territory being desert. Chad suffers from periodic droughts, desertification, floods, and locust plagues. Since the 1970s, Chad has already experienced an increase in mean annual temperature of 0.7°C. Temperature is rising faster in Chad than the global average, and is projected to increase by 1.0-3.4°C by the 2060s. These changes threaten food security due to the vulnerability of agriculture, livestock, fisheries, and land use sectors to climate change [11].

Table 1.

Risk assessment table: water scarcity in Northern Chad

Hazards	Risk assessment table	Severity	Likelihood	Risk level
Lack of clean water	Childhood mortality due to diseases	5 (Catastrophic)	5 (Very likely)	Extreme
Lack of clean water	Spread of waterborne diseases	4 (Major)	5 (Very likely)	High
Low precipitation	Failing water infrastructure	4 (Major)	4 (Likely)	High
Droughts, water scarcity	Agriculture and livestock decline	4 (Major)	5 (Very likely)	High
Droughts, evaporation	Drying of Lake Chad and groundwater depletion	5 (Catastrophic)	4 (Likely)	Extreme

The hazard is extremely serious. Water scarcity in Chad is one of the worst forms of extreme poverty, and many people are at risk of contracting waterborne diseases, including cholera and colitis [12]. According to official figures, about 7,000 people in Chad die each year from diseases caused by polluted water [13]. The primary hazards threatening the water shortage are droughts and precipitation level drop; secondary impacts include evaporation, groundwater depletion and shrinking of key water bodies such as Lake Chad. Community and people: In Chad, 15,900 children under the age of five die from diarrhea every year. About 90% of these deaths are related to unclean water and poor sanitation and hygiene [14].

Critical services: Insufficient water supply makes it impossible to meet basic needs such as washing and cooking, forcing people to turn to unsafe sources and increasing the risk of waterborne diseases such as diarrhea and cholera [15].

Buildings and infrastructure: Chad faces a critical shortage of water infrastructure, particularly in rural areas. The lack of proper wells, pipelines, and water treatment facilities prevents access to clean water, forcing the population to rely on polluted sources. Water supply and sanitation infrastructure is insufficient and often poorly maintained [16].

Local economy: Collapse of tourism and effected farming, fishing, and livestock herding. Prolonged drought has accel-

ated the process of desertification, which has led to a reduction in areas suitable for growing crops and livestock, as well as the relocation of livestock pastures further south [17].

Natural environment: Falling groundwater levels, heavy evaporation, reduction in the flow of the major rivers of the order of 30 to 60% and the progressive drying up of Lake Chad [18].

Results

Discussion and Adaptation planning

Several actions can be taken for these problems:

1. Childhood mortality due to diseases: For short term, the use of salts for oral rehydration (OR) + Zinc Additives should be widespread between local population. Because OPC prevents death by replenishing the loss of fluids and electrolytes - it is cheap, easy to use and saves lives. While zinc reduces the duration and severity of diarrhea and helps, prevent its recurrence in the future. When these two used correctly, OPC + zinc combined can reduce mortality from diarrhea by more than 90%. This can be quickly distributed in clinics, among local medical professionals and mobile teams [19].

Long term, safe drinking water, use of improved sanitation and hand washing with soap, reduces children's exposure to harmful pathogens by ensuring proper sanitation, and good hygiene practice. It is important to promote hygiene education in schools, because it will help children built good habits from childhood.

Table 2.

Short-term and long-term responses to water scarcity and environmental challenges in the Lake Chad region

Consequences	Short-term	Long-term	Cost
Childhood mortality due to diseases	Widespread use of salts for oral rehydration (OR) + Zinc Additives	Safe drinking water, use of improved sanitation and hand washing with soap. Promote hygiene education in schools.	Low-Medium
Spread of waterborne diseases	Educate local people (parent to child) about sanitation. Awareness-raising campaigns based on radio or mobile devices.	Strengthen water resource management policies, ensuring equitable distribution of water, preventing overuse...	Medium
Failing water infrastructure	Unsafe and not clean water could be filtrated through mobile filtration units (temporary water treatment solution).	Construct efficient irrigation systems, water storage facilities, and reservoirs. Ensure the use of climate-resilient materials and the involvement of the public in maintenance.	High
Agriculture and livestock decline	Promoting sustainable agricultural techniques such as agroforestry, crop diversification, and soil conservation	Use modern technologies such as satellite data and weather forecasting systems to predict water needs and monitor resource availability	Medium-High
Drying of Lake Chad and groundwater depletion	Water harvesting and storage, collecting rainwater in rainy seasons, natural replenishment zones or sand dams.	Channel water from the Ubangi River in the Democratic Republic of the Congo	Very high

2. Spread of waterborne diseases: short term, to educate local people (parent to child) about sanitation. Because poor sanitation puts children at risk of childhood diseases and malnutrition that can affect their overall development, learning and, later in life, economic opportunities. Awareness-raising campaigns through radio or mobile devices are effective because they can quickly reach large and remote populations with vital healthcare information. This helps educate communities on disease prevention and healthy practices, reducing illness and improving public health [20].

Long term: Strengthening water resource management policies ensures that water is dispersed fairly among people, preventing conflicts and promoting social equity. Effective regulation aids control overuse and address water scarcity, supporting long-term sustainability and resilience to climate change.

3. Failing water infrastructure: short term, water filtration through mobile filtration units (temporary water treatment solution). Small, portable water purification systems that can be moved to remote or emergency-affected areas. They remove bacteria, viruses, and contaminants from dirty or unsafe water sources. It also ensures that even transported water is clean and safe, reducing disease risk.

Long term: Constructing efficient irrigation systems, storage facilities, and reservoirs helps ensure a reliable water supply during droughts or irregular rainfall, reducing the risk of crop failure and food insecurity. Using climate-resilient tools and involving the citizens in maintenance improves durability and sustainability, empowering communities to adapt to climate change.



■ **Figure 2. The water shortage crisis in Chad.** [21, 22]

4. Agriculture and livestock decline: short term promoting sustainable agricultural techniques such as agroforestry, crop diversification, and soil conservation can help maintain healthy ecosystems and improve soil fertility. These methods reduce farmers' dependence on a single crop or resource, making them stronger to climate-related shocks like droughts or floods. As a result, agricultural productivity increases sustainably, helping to prevent the decline of both crops and livestock.

Long term: Using modern technologies like satellite data and weather forecasting allows for accurate prediction of water needs and better monitoring of water resources, helping to prevent shortages or overuse. Introducing of low-cost and water-saving irrigation methods allows farmers to optimize water use, increase crop yields and adapt to changing climatic conditions. Together,

these strategies enhance the sustainability of agriculture and the sustainability of water resources.

5. Drying of Lake Chad and groundwater depletion: short term, water harvesting and storage, collecting rainwater in rainy seasons, especially in natural replenishment zones. Areas where rainwater can infiltrate into the ground and recharge groundwater. These zones are often protected from farming or construction.

Long term: An ambitious plan to restore the lake to its former glory involves a multibillion-dollar project that will channel water from the Ubangi River in the Democratic Republic of the Congo, which is 2,400 km from the lake. In 2018, a feasibility study of the project was already carried out.

Evaluation of each action plan

This adaptation strategy will be effective-not only because of the positive evaluation outcomes, but also due to the nature of the solutions themselves. These proposed actions are realistic, manageable, and sustainable. They are designed to be easy to implement, clearly understood by local communities, and, most importantly, they directly address the region's most pressing climate risks. Each solution has been selected with both short- and long-term resilience in mind. Furthermore, this strategy is flexible and can be adapted as new challenges emerge. If challenges arise, the actions outlined can be changed accordingly to ensure continued relevance and effectiveness. Collaboration will be key to this process. By working closely with professors, scientists, climate experts, and local stakeholders, we will continuously monitor, evaluate, and refine the strategy to ensure it meets the evolving needs of the people of Chad [23]. Through collective effort and informed decision-making, this adaptation plan has the potential to bring meaningful, lasting change.

Conclusion

Chad is one of the countries most vulnerable to climate change, facing serious challenges related to persistent drought, water scarcity and environmental degradation. Although its contribution to global greenhouse gas emissions is insignificant, the effects of climate change, have led to serious humanitarian, economic, and environmental crises. The situation requires the adoption of urgent adaptation strategies.

This paper identifies five key impacts of climate change on Chad: child mortality due to waterborne diseases, the spread of diseases due to unsafe water, the destruction of water supply infrastructure, the decline of agriculture, and the drying up of water sources. For each issue, both short-term and long-term adaptation measures were proposed. Priority solutions such as promoting the treatment of acute respiratory viral infections, improving sanitation, educating the public, and implementing water collection systems are best solutions to reduce the risks associated with climate change in a cost-effective and community-oriented manner.

Addressing Chad's climate vulnerability requires a multi-layered approach involving local communities, national authorities, and international partners. Well-planned, flexible and comprehensive adaptation measures can not only increase resilience to climate hazards, but also improve living conditions and ensure the long-term sustainability of the Chadian population. In conclusion, I firmly believe that this strategy will work due to its foundation in sustainable adaptation planning.

REFERENCES

1. United Nations Statistics Division, "Demographic Yearbook of Chad," United Nations, New York, USA, 2023. [Online]. Available: <https://unstats.un.org/>
2. World Bank, "Chad Economic Update," World Bank Group, Washington, DC, USA, 2023. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/>
3. Climate Vulnerability Monitor, "Climate Change and Vulnerability in Africa," Climate Vulnerability Initiative, 2022. [Online]. Available: <https://daraint.org/climate-vulnerability-monitor/>
4. IPCC, "Climate Change 2023: Impacts, Adaptation and Vulnerability," Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2023. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
5. UNDP, "Climate Change Adaptation in Chad," United Nations Development Programme, New York, USA, 2023. [Online]. Available: <https://www.undp.org/>
6. UNEP, "The Future of Lake Chad," United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 2022. [Online]. Available: <https://www.unep.org/>
7. FAO, "Lake Chad Basin Crisis Response Strategy," Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2021. [Online]. Available: <https://www.fao.org/>
8. M. Boko et al., "Africa Climate Vulnerability Assessment," *Climate Research Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 45–61, 2021.
9. E. E. Igboeli et al., "Fluctuations in Ecosystem Services in Response to Land Conversion and Climate Extremes as an Index of Ecosystem Degradation and Restoration: A Comparison of the Lake Chad and Aral Sea Basins," *Ecosystems*, vol. 29, no. 1, p. 13, Feb. 2026, doi: 10.1007/s10021-025-01022-2.
10. UNEP Sahel Climate Security Report, "Sahel Climate Security Report," United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 2022. [Online]. Available: <https://www.unep.org/>
11. IPCC Sixth Assessment Report, "Climate Change 2023: Impacts, Adaptation and Vulnerability," Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2023. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
12. UNEP/GRID, "Climate Change – Chad (Interactive Country Fiches)," Digital Interactive Country Fiches, United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva, Switzerland, n.d. [Online]. Available: <https://dicf.unepgrid.ch/chad/climate-change>
13. World Bank, "Lake Chad Basin: Climate Resilience and Water Management," World Bank Reports, World Bank, Washington, DC, USA, 2021. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/en/region/afr/publication/lake-chad-basin-climate-resilience-program>
14. NATO Foundation, "The Lake Chad Basin Problems," *Emerging Challenges Report*, NATO Foundation, Rome, Italy, 2018. [Online]. Available: <http://www.natofoundation.org/wp-content/uploads/2019/01/EMERGING-CHALLENGES-March-2018-1.pdf>
15. ReliefWeb, "Water is a Huge Paradox in Chad," *ReliefWeb Reports*, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), New York, USA, 2016. [Online]. Available: <https://reliefweb.int/report/chad/water-huge-paradox-chad>
16. Doctors Without Borders (MSF USA), "Chad: Critical Water Shortages for Sudanese Refugees," *News & Stories*, Doctors Without Borders USA, New York, USA, 2023. [Online]. Available: <https://www.doctorswithoutborders.org/latest/chad-critical-water-shortages-sudanese-refugees>
17. Water4Chad, "Unlocking the Flow: Overcoming Water Challenges in Chad," *Water4Chad Website*, Water4Chad, n.p., 2024. [Online]. Available: <https://www.water4chad.org/unlocking-the-flow-overcoming-water-challenges-in-chad/>
18. UNDP, "Chad Accelerates Its Race to Adapt to Climate Change. What's Next?," *UNDP Blog*, United Nations Development Programme, New York, USA, 2023. [Online]. Available: <https://www.undp.org/blog/chad-accelerates-its-race-adapt-climate-change-whats-next>
19. UNEP/GRID, "Water – Chad (Interactive Country Fiches)," *Digital Interactive Country Fiches*, United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva, Switzerland, n.d. [Online]. Available: <https://dicf.unepgrid.ch/chad/water>
20. UNICEF, "Diarrhoea Treatment Guidelines (ORS and Zinc)," UNICEF, New York, USA, 2013. [Online]. Available: <https://www.unicef.org/>
21. Red Cross Red Crescent Climate Centre, "Country Profile: Chad," *Country Profiles Series*, Red Cross Red Crescent Climate Centre, The Hague, Netherlands, 2024. [Online]. Available: https://www.climatecentre.org/wp-content/uploads/RCCC-Country-profiles-Chad_2024_final.pdf
22. GIS Geography, "Africa Map with Countries and Capitals," GIS Geography, n.d. [Online]. Available: <https://gisgeography.com/africa-map-countries-capitals/>
23. Doctors Without Borders / Médecins Sans Frontières (MSF), "Chad: Critical Water Shortages for Sudanese Refugees," Latest News and Stories, Doctors Without Borders USA, New York, NY, USA, Oct. 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.doctorswithoutborders.org/latest/chad-critical-water-shortages-sudanese-refugees>

MANZARALI DARAXTLARNING KO'KARUVCHANLIGINI BAHOLASHDA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARNI QO'LLASH

Samiyev Luqmon Naimovich,
texnika fanlari doktori, dotsent,
"TIQXMMI" milliy tadqiqot universiteti.
Sobirov Ulmas Alikulovich,
mustaqil izlanuvchi,

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

Annotatsiya. Respublikamizda ekologik barqarorlikni ta'minlash, yashil hududlarni kengaytirish va aholi uchun qulay ekologik muhit yaratish maqsadida keng ko'lamlı islohotlar amalga oshirilmoqda. Xususan, "Yashil makon" umummilliy loyihasi doirasida har yili millionlab daraxt va buta ko'chatlari ekilmoqda. Biroq ekilgan daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini ilmiy asosda aniqlash, ularning ekologik holatini baholash hamda monitoring qilishning yagona metodologiyasi va standart mezonlari yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Toshkent shahri misolida manzarali daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini aniqlash texnologiyalari va baholash mezonlarini ishlab chiqish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Shu sababli manzarali daraxtlarning ekologik holatini baholash, ularning ko'karuvchanlik darajasini aniqlash va monitoring qilishning zamonaviy texnologiyalarini ishlab chiqishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Mazkur ilmiy tadqiqot natijalari respublikamiz shaharlarini ko'kalamzorlashtirish jarayonining samaradorligini oshirish, ekologik monitoring tizimini takomillashtirish va yashil infratuzilmani boshqarishda muhim o'rin tutadi.

Kalit so'zlar: geografik axborot tizimlari (GIS), GNSS koordinatalari, dron tasvirlari va Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari, daraxt turlarining o'rtacha NDVI qiymatlari.

Abstract. The Republic of Uzbekistan is implementing large-scale reforms aimed at ensuring environmental sustainability, expanding green areas, and creating a favorable ecological environment for the population. In particular, within the framework of the nationwide "Yashil Makon" (Green Space) initiative, millions of tree and shrub seedlings are planted annually.

However, a unified methodology and standardized assessment criteria for the scientific determination of the survival rate of planted trees, the evaluation of their ecological condition, and the implementation of systematic monitoring have not yet been sufficiently developed. Therefore, the development of technologies and assessment criteria for determining the survival rate of ornamental trees, using the city of Tashkent as a case study, is of significant scientific and practical importance.

For this reason, special attention is being given to scientific research aimed at developing modern technologies for assessing the ecological condition of ornamental trees, determining their survival rate, and establishing effective monitoring systems.

The results of this research will play an important role in improving the effectiveness of urban greening initiatives throughout the Republic, enhancing environmental monitoring systems, and supporting the efficient management of urban green infrastructure.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Global Navigation Satellite System (GNSS) coordinates, aerial imagery acquired using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Sentinel-2 satellite data, and average values of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for different tree species.

Аннотация. В Республике Узбекистан реализуются масштабные реформы, направленные на обеспечение экологической устойчивости, расширение зелёных насаждений и создание благоприятной экологической среды для населения. В частности, в рамках общенационального проекта «Яшил макон» («Зелёное пространство») ежегодно высаживаются миллионы саженцев деревьев и кустарников.

Вместе с тем, на сегодняшний день недостаточно разработаны единая методология и стандартизированные критерии для научно обоснованного определения уровня приживаемости высаженных деревьев, оценки их экологического состояния и организации системного мониторинга. В этой связи разработка технологий и критериев оценки уровня приживаемости декоративных древесных насаждений на примере города Ташкента представляет собой важную научную и практическую задачу.

Поэтому особое внимание уделяется проведению научных исследований, направленных на разработку современных технологий оценки экологического состояния декоративных деревьев, определения уровня их приживаемости и осуществления мониторинга.

Результаты данного научного исследования имеют важное значение для повышения эффективности процессов озеленения городов Республики, совершенствования системы экологического мониторинга, а также для обеспечения эффективного управления зелёной инфраструктурой городских территорий.

Ключевые слова: географические информационные системы (GIS), координаты глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), аэрофотоснимки, полученные с использованием беспилотных летательных аппаратов (BPLA), данные спутников Sentinel-2, а также средние значения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) для различных видов древесных насаждений.

1. KIRISH.

Soʻnggi yillarda aholi sonining ortishi, sanoatning jadal rivojlanishi tufayli ekotizimlar xavfga yuz tutmoqda. Ayniqsa, tabiiy va texnogen taʼsirlar natijasida yer degradatsiyasi, suv tanqisligi, oʻsimlik va hayvon turlarining kamayishi, ekotizimlarning qisqarishi, daraxtlarning kesilishi oqibatida yashillik darajasini kamayishi, iqlim oʻzgarishi, havoning ifloslanishi kabi ekologik muammolar salmogʻi ortmoqda [1-5].

Ushbu taʼsirlar natijasida yuzaga kelayotgan ekologik muammolar nafaqat mahalliy va mintaqaviy, balki global miqyosda ham kengayib bormoqda. Global iqlim oʻzgarishi natijasida yerlar degradatsiyasi, ichimlik suvining, oʻsimlik va hayvonot dunyosining kamayishi, tabiiy landshaftlar va ekotizimlarning qisqarishi, daraxtlarning noqonuniy kesilishi va atmosferaning ifloslanishi kabi muammolar atrof-muhitga va jamiyatga tiklanmas zarar yetkazmoqda [6-10].

BMT maʼlumotlariga koʻra, 2022-yil holatiga dunyo aholisi 56.2% shaharlarda yashaydi, bu koʻrsatkich 2050-yilga kelib 70% ga yetishi prognoz qilinmoqda. Jahon sogʻliqni saqlash tashkiloti (WHO) 2023-yilda eʼlon qilgan hisobotida, havo ifloslanishi har yili 7 millionga yaqin insonning erta oʻlimiga sabab boʻlishini koʻrsatdi [11-12].

Oʻzbekiston oʻrmon va daraxt qoplamini nisbatan kam boʻlgan mamlakatlar qatoriga kiradi, bu esa sanoat va ishlab chiqarishning jadal rivojlanishi sharoitida ekologik xavflarni kuchaytirishi mumkin [13]. Toshkent shahri yuqori darajada urbanizatsiyalashgan hudud boʻlib, aholi sonining tez oʻsishi, transport yuklamasining ortishi va yashil hududlar ulushining kamayishi shahar ekotizimiga salbiy bosim koʻrsatmoqda [14,15]. 2026-yil holatiga koʻra, Toshkent aholisi 3,2 million nafardan oshgan [14].

Shu sababli “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida har yili ikki yuz millionlab daraxt va buta koʻchatlarini ekish tashabbusi ilgari surildi. Bu tashabbus shahar va qishloqlarda yashil maydonlarni kengaytirishga hamda shahar yashil infratuzilmasi ekologik barqarorlikni taʼminlovchi asosiy elementlardan biri sifatida qaraladi [1].

Yashil infratuzilmaning eng muhim ekologik funksiyalaridan biri atmosfera havosini tozalash hisoblanadi. Daraxtlar barglari va shox-shabballari orqali chang zarrachalarini ushlab qoladi, karbonat angidrid gazini yutadi va fotosintez jarayonida kislorod ishlab chiqaradi. Tadqiqotlar natijalariga koʻra, yirik shahar daraxtlari yiliga oʻrtacha 20-25 kg gacha karbonat angidrid gazini yutishi mumkin [16]. Ayrim tadqiqotchilar tomonidan shahar daraxtlari PM2.5 va PM10 zarrachalarining konsentratsiyasini 15-45 % gacha kamaytirishi aniqlangan [17].

Bunda esa ekilgan daraxt va buta koʻchatlarining koʻkaruvchanlik darajasini ilmiy asosda aniqlash, baholash mezonlarini ishlab chiqish hozirgi kunning dolzarb vazifasi hisoblandi.

Soʻnggi yillarda masofaviy zondlash texnologiyalari yordamida daraxtlarning atmosfera havosini tozalashdagi roli yanada chuqur oʻrganilmoqda. Sentinel-2 va Landsat maʼlumotlari asosida hisoblangan NDVI, EVI va SAVI indeksleri daraxtlarning vegetativ holatini baholash imkonini beradi. Yuqori NDVI qiymatlari odatda katta biomassa va yuqori fotosintetik faollik bilan bogʻliq boʻlib, bu daraxtlarning karbon yutish salohiyati yuqoriligini koʻrsatadi [18].

Dron texnologiyalarining rivojlanishi daraxtlarning ekologik xizmatlarini baholash imkoniyatlarini kengaytirdi. Yuqori aniqlikdagi multispektral tasvirlar yordamida daraxtlarning sogʻlomlik darajasi, barg zichligi, biomassasi va atmosferani tozalash potentsiali aniqlanmoqda [19].

1.1. GIS texnologiyalari asosida daraxtlar reyestrini shakllantirish

Urban ekotizimlarni samarali boshqarish, yashil hududlarning ekologik holatini monitoring qilish hamda koʻkalamzorlashtirish siyosatini ilmiy asosda rejalashtirish uchun daraxtlar reyestrini yaratish muhim ahamiyat kasb etadi. Soʻnggi yillarda dunyoning koʻplab shaharlarida daraxtlarni inventarizatsiya qilish va monitoring qilishda geografik axborot tizimlari (GIS) keng qoʻllanilmoqda. GIS texnologiyalari yordamida daraxtlarning geografik joylashuvi, biologik holati, ekologik koʻrsatkichlari va vaqt davomida yuz berayotgan oʻzgarishlarni yagona maʼlumotlar bazasida saqlash hamda tahlil qilish imkoniyati yaratiladi.

Mazkur tadqiqotda Toshkent shahri hududida joylashgan manzarali daraxtlar uchun GIS asosidagi raqamli reyestr ishlab chiqildi. Reyestrni shakllantirish jarayonida dala kuzatuvlari, GNSS koordinatalari, dron tasvirlari, Sentinel-2 sunʼiy yoʻldosh maʼlumotlari hamda ArcGIS Pro dasturiy muhiti integratsiyalashgan holda qoʻllanildi.

GIS reyestrini yaratishning asosiy maqsadi har bir daraxt uchun yagona identifikatsion maʼlumotlar bazasini shakllantirish, daraxtlarning ekologik holatini real vaqt rejimida monitoring qilish va urban yashil infratuzilmani boshqarishda qaror qabul qilish tizimiga ilmiy asos yaratishdan iborat boʻldi.

Tadqiqot davomida har bir daraxt uchun quyidagi atribut maʼlumotlari shakllantirildi:

Tadqiqot hududida jami 1245 ta daraxt boʻyicha maʼlumotlar yigʻildi va geomaʼlumotlar bazasiga kiritildi. Har bir daraxt ArcGIS Pro muhitida nuqtaviy obyekt sifatida shakllantirildi.

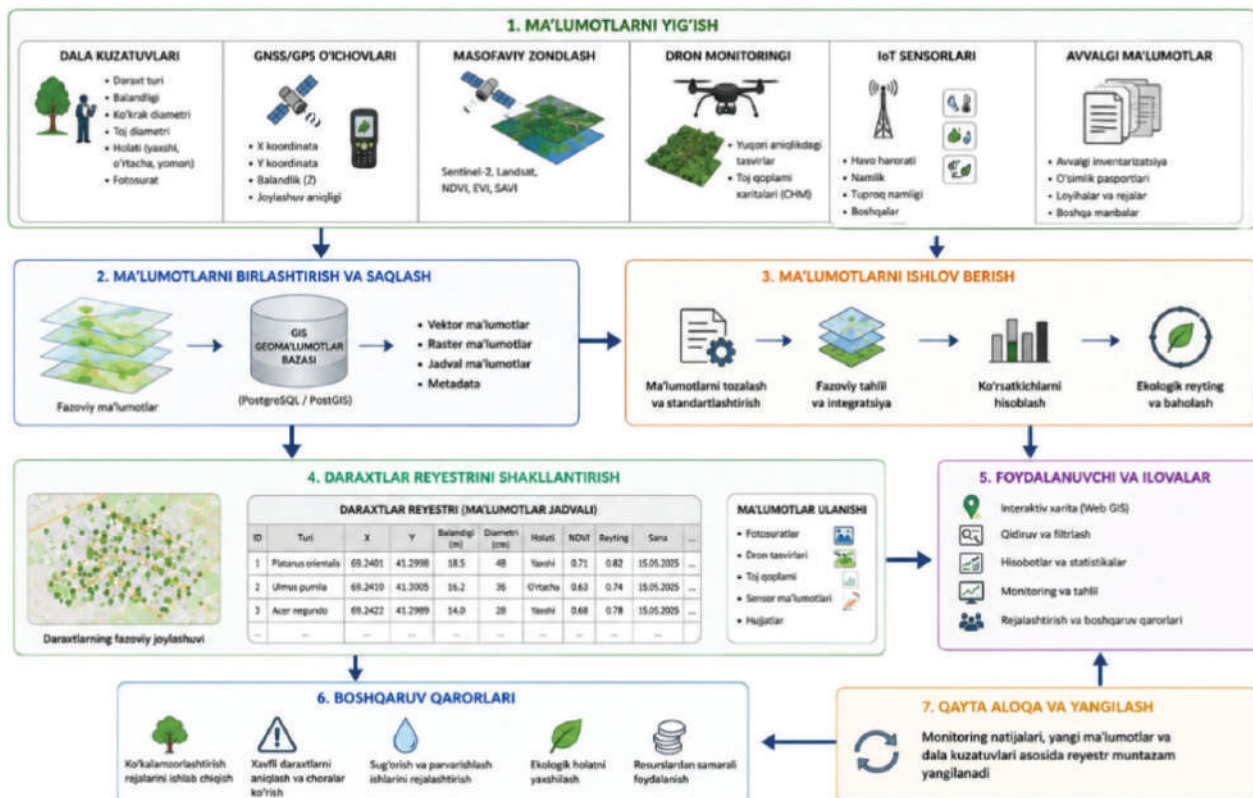
1-jadval

GIS reyestrining asosiy atributlari

T.r	Koʻrsatkich	Birlik
1	Daraxt ID raqami	dona
2	Daraxt turi	matn
3	Kenglik koordinatasi	gradus
4	Uzunlik koordinatasi	gradus
5	Balandlik	m
6	Toj diametri	m
7	Toj qoplamini	%
8	Barg zichligi	%
9	NDVI	indeks
10	KDI reytingi	indeks
11	Fitosanitar holat	ball
12	Vegetatsiya davomiyligi	kun

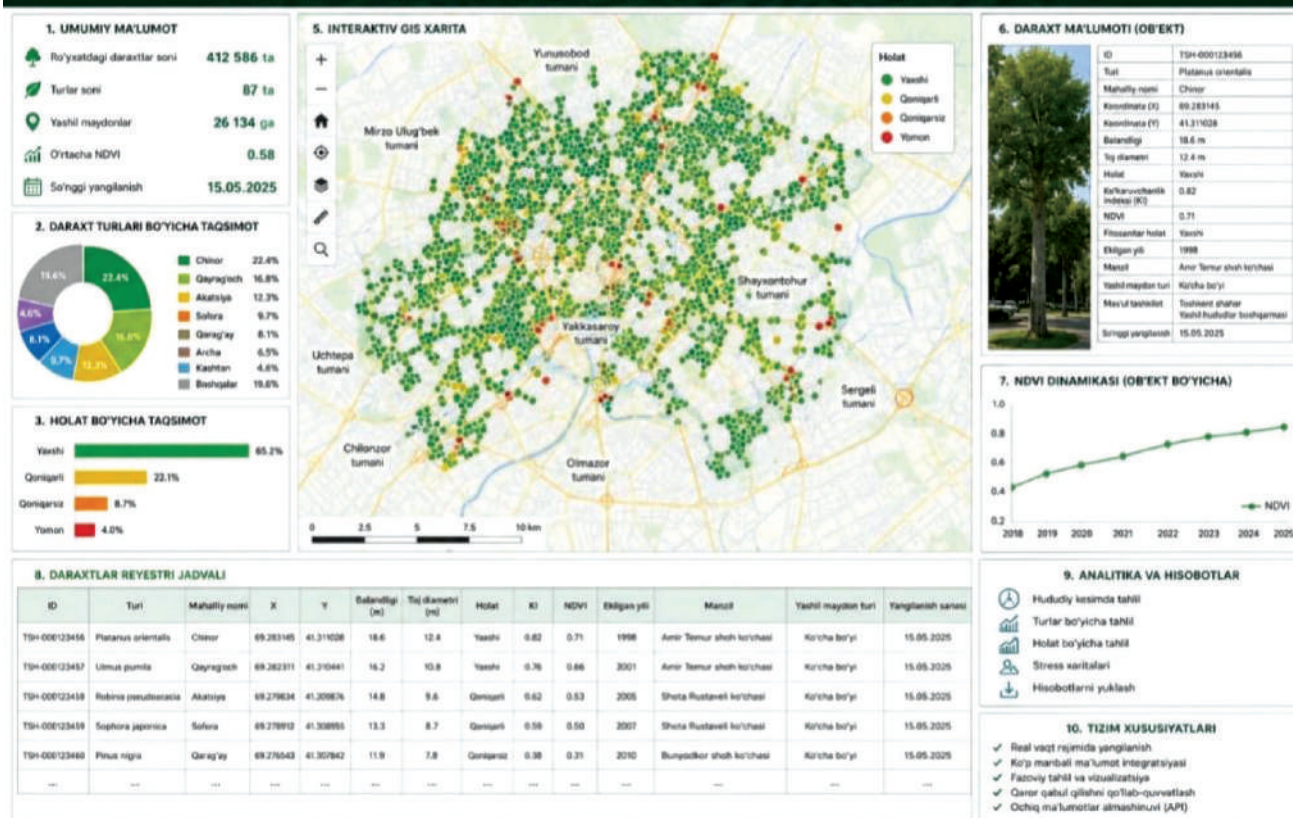
Daraxtlar joylashuvining fazoviy aniqligini taʼminlash maqsadida WGS 1984 UTM Zone 42N koordinata tizimidan foydalanildi. GNSS qabul qilgichlari yordamida aniqlangan koordinatalar ArcGIS Pro muhitiga import qilinib, geodatabase shakllantirildi.

GIS ASOSIDAGI DARAXTLAR REYESTRINI SHAKLLANTIRISHNING UMUMIY SXEMASI



1-rasm. GIS asosidagi daraxtlar reyestrini shakllantirishning umumiy sxemasi

TOSHKENT SHAHRI DARAXTLAR REYESTRINING GIS BAZASI



2-rasm. Toshkent shahri daraxtlar reyestrining GIS bazasi

Koordinatalar aniqligini baholash uchun o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) hisoblandi:

$$RMSE = \sqrt{[(\sum(x_i - \hat{x}_i)^2)/n]}$$

bu yerda:

RMSE – o'rtacha kvadratik xatolik;

x_i – haqiqiy koordinata;

$\hat{x}_i$ – o'lchangan koordinata;

n – kuzatuvlar soni.

Hisoblash natijalariga ko'ra koordinatalarning o'rtacha aniqligi $\pm 0,7$ m ni tashkil etdi. Ushbu natija urban monitoring ishlari uchun yetarli aniqlik darajasini ko'rsatadi.

GIS bazasiga kiritilgan ma'lumotlar asosida daraxtlarning hududiy taqsimlanishi tahlil qilindi. Natijalarga ko'ra daraxtlarning eng yuqori zichligi Yunusobod, Mirzo Ulug'bek va Yakkasaroy tumanlarida kuzatildi.

2-jadval

Tumanlar kesimida reyestrda kiritilgan daraxtlar soni

Tuman	Daraxtlar soni
Yunusobod	187
Mirzo Ulug'bek	174
Chilonzor	161
Yakkasaroy	143
Shayxontohur	132
Uchtepa	118
Olmazor	112
Sergeli	90
Bektemir	68
Yashnobod	60

Keyingi bosqichda GIS reyestri dron monitoringi natijalari bilan integratsiyalashtirildi. RGB va multispektral tasvirlar yordamida har bir daraxtning toj maydoni, toj qoplami va vegetatsion holati avtomatik ravishda aniqlanib, atribut jadvaliga qo'shildi.

Toj qoplami quyidagi tenglama orqali hisoblandi:

$$CC = (Ac / At) \times 100$$

bu yerda:

CC – toj qoplami (%);

Ac – daraxt tojining proyeksiya maydoni (m^2);

At – kuzatilayotgan umumiy maydon (m^2).

Daraxtlarning vegetatsion holatini baholash uchun Sentinel-2 ma'lumotlari asosida NDVI qiymatlari hisoblandi. NDVI o'simliklarning yashillik darajasi va fotosintetik faolligini ifodalovchi muhim ko'rsatkich hisoblanadi.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

bu yerda:

NIR – yaqin infraqizil diapazon;

RED – qizil diapazon.

Natijalarga ko'ra daraxtlarning NDVI qiymatlari 0,42-0,87 oralig'ida o'zgargan. Eng yuqori NDVI ko'rsatkichlari chinor va qayrag'och daraxtlarida qayd etildi.

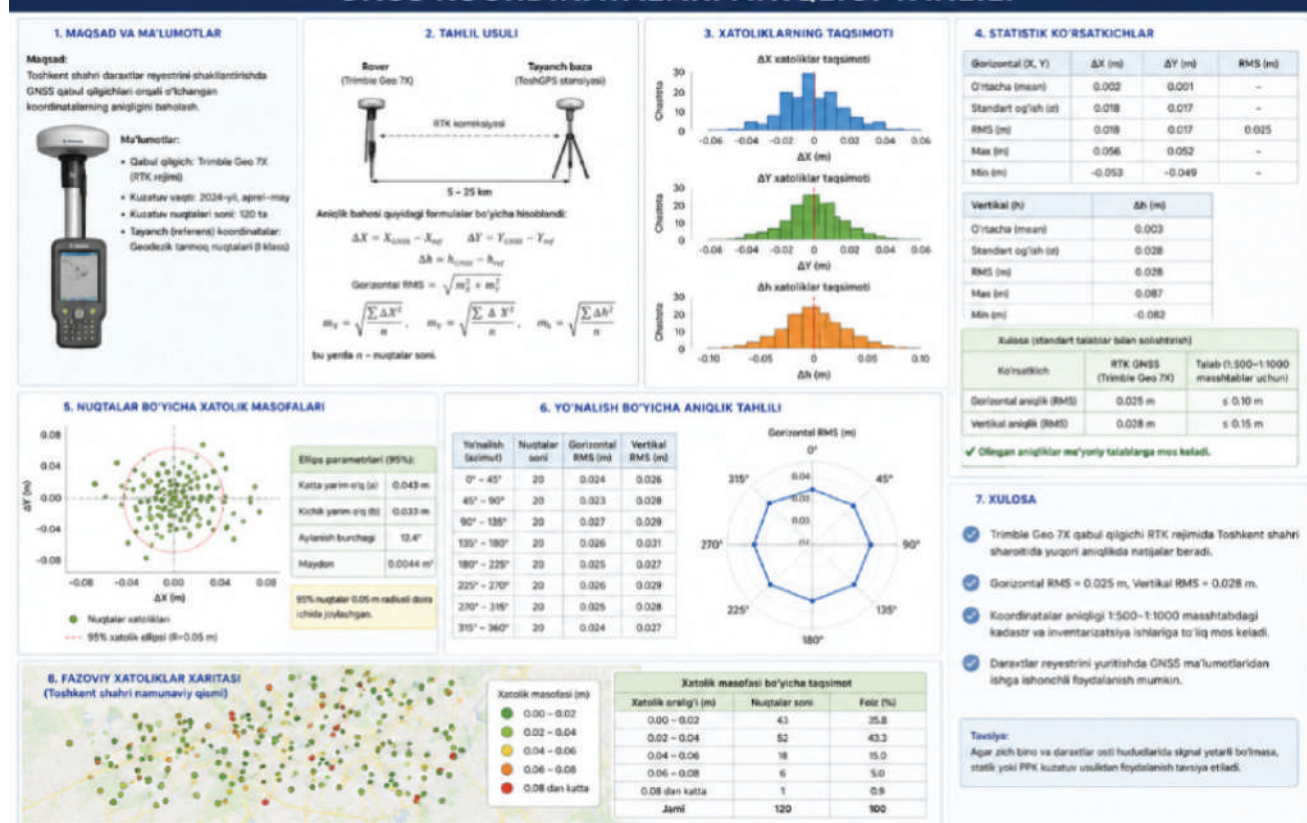
GIS reyestri asosida daraxtlarning ekologik holati KDI-ERS tizimi yordamida baholandi. Har bir daraxt uchun ekologik reyting avtomatik ravishda hisoblandi va fazoviy xaritada aks ettirildi.

$$KDI = 0.30NDVI + 0.20CC + 0.20PH + 0.15FS + 0.15VI$$

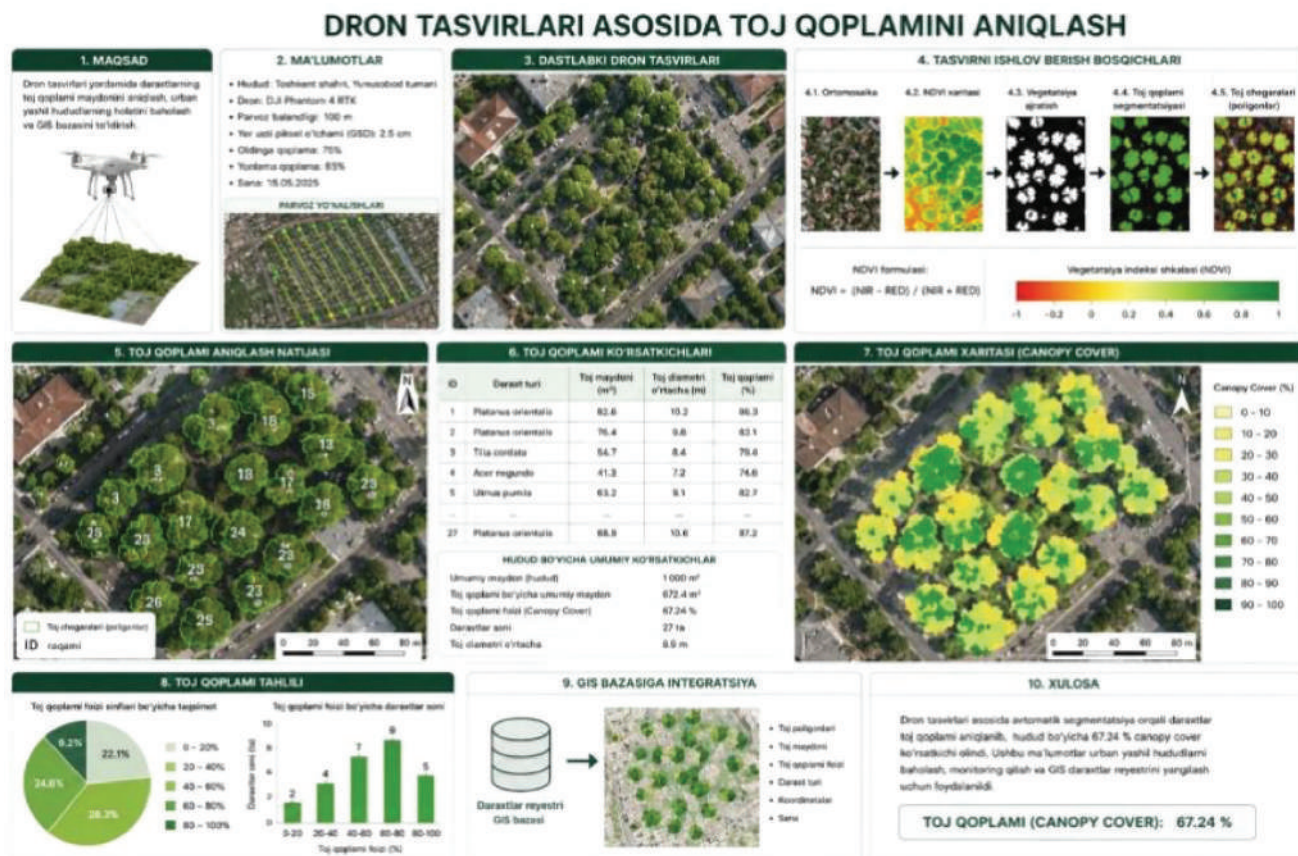
bu yerda:

NDVI – vegetatsiya indeksi;

GNSS KOORDINATALARI ANIQLIGI TAHLILI



3-rasm. GNSS koordinatalari aniqligi tahlili



■ 4-rasm. Dron tasvirlari asosida toj qoplamini aniqlash

CC – toj qoplamini;
PH – fenologik holat ko'rsatkichi;
FS – fitosanitar baholash;
VI – vegetatsiya rivojlanish indeksi.

3-jadval

Asosiy daraxt turlarining o'rtacha NDVI qiymatlari

Daraxt turi	NDVI
Chinor	0.82
Qayrag'och	0.78
Akatsiya	0.74
Sofora	0.70
Kashtan	0.65
Archa	0.60
Qarag'ay	0.55

Natijalar shuni ko'rsatdiki, GIS texnologiyalari asosida yaratilgan daraxtlar reyestri urban yashil hududlarni boshqarish, daraxtlarning ekologik holatini monitoring qilish va ko'kalamzorlashtirish strategiyalarini ishlab chiqishda yuqori samaradorlikka ega. Shuningdek, ishlab chiqilgan reyestr keyingi bosqichlarda dron monitoringi va sun'iy intellekt algoritmlari bilan integratsiyalashtirilgan holda avtomatik monitoring platformasini yaratish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

1.2. Sentinel-2 va dron ma'lumotlari asosida ko'karuvchanlikni aniqlash modeli

Shahar ekotizimlarida manzarali daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini aniqlash ekologik monitoringning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. An'anaviy dala kuzatuvlari

ko'p mehnat talab qilishi, katta hududlarni qisqa muddatda qamrab olish imkoniyatining cheklanganligi va inson omiliga bog'liqligi sababli so'nggi yillarda masofaviy zondlash texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. Xususan, Sentinel-2 sun'iy yo'ldoshi ma'lumotlari va uchuvchisiz uchish apparatlari (dronlar) yordamida olingan yuqori aniqlikdagi tasvirlar daraxtlarning vegetatsion holatini baholashda samarali vosita sifatida qo'llanilmoqda.

Mazkur tadqiqotda Toshkent shahri hududidagi manzarali daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini baholash uchun Sentinel-2 MSI tasvirlari, dron ortofotolari, multispektral tasvirlar va dala kuzatuvlari ma'lumotlari integratsiyalashtirildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi daraxtlarning ko'karuvchanligini avtomatik aniqlovchi va baholovchi fazoviy model ishlab chiqishdan iborat bo'ldi.

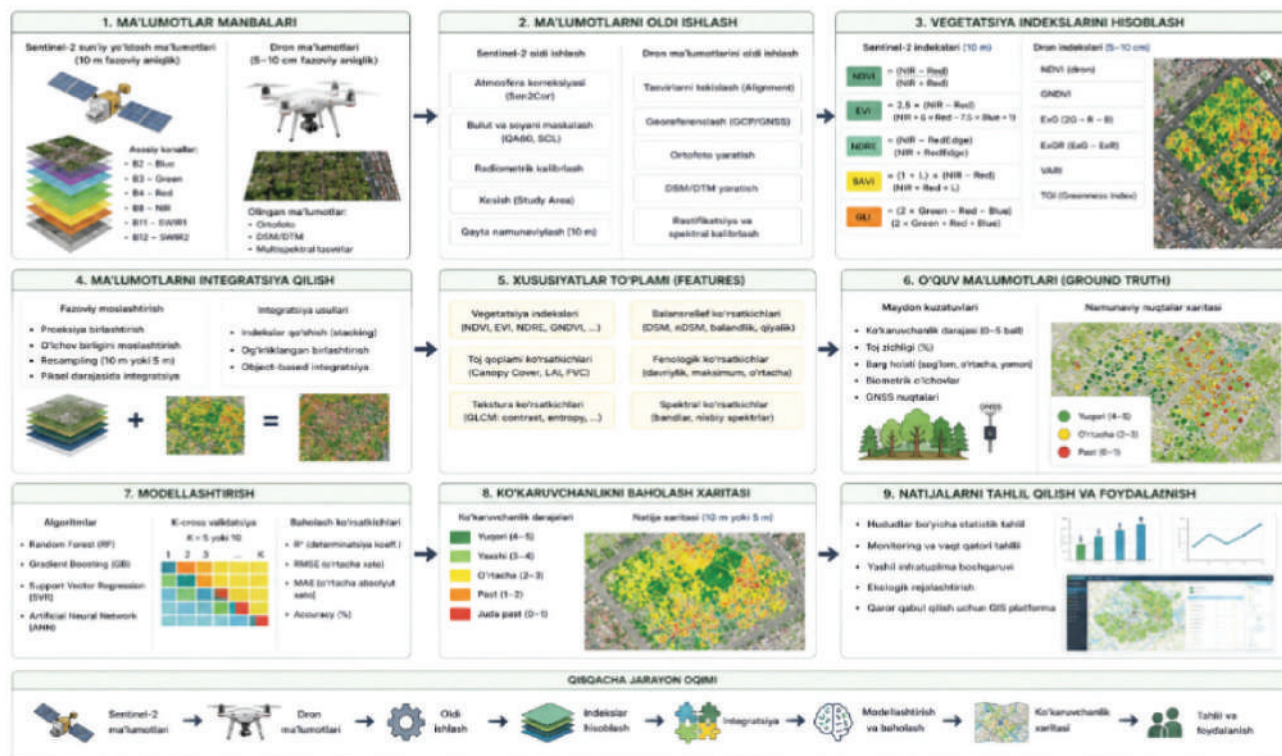
Tadqiqotda Sentinel-2 Level-2A ma'lumotlari Google Earth Engine platformasi orqali yuklab olindi. Bulutlilik darajasi 10% dan kam bo'lgan tasvirlar tanlandi. Tahlilda quyidagi spektral diapazonlardan foydalanildi:

4-jadval

Sentinel-2 spektral diapazonlari

Band	To'lqin uzunligi (nm)	Qo'llanilishi
B2	490	Ko'k
B3	560	Yashil
B4	665	Qizil
B8	842	NIR
B11	1610	SWIR

SENTINEL-2 VA DRON MA'LUMOTLARI ASOSIDA KO'KARUVCHANLIKNI BAHOLASH MODELING UMUMIY SXEMASI



5-rasm. Sentinel-2 va dron ma'lumotlari asosida ko'karuvchanlikni baholash modeling umumiy sxemasi

Vegetatsiya holatini baholash uchun NDVI indeksi hisoblandi.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

bu yerda:

NIR — B8 diapazoni;

RED — B4 diapazoni.

NDVI qiymatlari asosida daraxtlarning vegetatsion holati quyidagicha klassifikatsiya qilindi:

5-jadval

NDVI bo'yicha ko'karuvchanlik darajalari

NDVI	Holat
<0.20	Juda past
0.20–0.40	Past
0.40–0.60	O'rtacha
0.60–0.80	Yaxshi
>0.80	Juda yaxshi

Natijalarga ko'ra Toshkent shahri hududidagi daraxtlarning asosiy qismi 0.60–0.80 oralig'idagi NDVI qiymatlariga ega bo'lib, bu yaxshi vegetatsion holat mavjudligini ko'rsatdi.

Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarining fazoviy aniqligini oshirish maqsadida DJI Mavic 3 Multispectral droni yordamida aerotasvirga olish ishlari amalga oshirildi. Dron orqali RGB va multispektral tasvirlar yig'ildi.

Segmentatsiya natijasida har bir daraxt uchun quyidagi parametrlar hisoblandi:

- Toj maydoni (m^2);

- Toj diametri (m);
- Toj qoplami (%);
- Vegetatsion indekslar;
- Barg zichligi;
- Fitosanitar holat.

Toj maydoni quyidagi formula yordamida aniqlandi:

$$CA = \pi \times (D/2)^2$$

bu yerda:

CA — toj maydoni (m^2);

D — toj diametri (m).

XULOSA

Mazkur tadqiqotda GIS, dron monitoringi, Sentinel-2 ma'lumotlari va sun'iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalash asosida Toshkent shahri hududidagi daraxtlar raqamli GIS reyestri shakllantirildi va har bir daraxt bo'yicha ekologik ma'lumotlar bazasi yaratildi.

GIS bazasiga kiritilgan ma'lumotlar asosida daraxtlarning hududiy taqsimlanishi tahlil qilindi, daraxtlarning vegetatsion holati, toj qoplami, daraxtlar reyestrining NDVI xaritasi, fsosiy daraxt turlarining o'rtacha NDVI qiymatlari shakllantirildi.

Sentinel-2 va dron ma'lumotlari asosida ko'karuvchanlikni baholash modeling umumiy sxemasi, NDVI bo'yicha ko'karuvchanlik darajalari shakllantirildi.

Olingan natijalar kelgusida "Yashil makon" loyihasi doirasida daraxtlarni monitoring qilish, ekologik reytinglash va yashil infratuzilmani boshqarish tizimlarini takomillashtirish uchun ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. – Geneva : IPCC, 2023. – 184 p.
2. Benedict M.A., McMahon E.T. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press, 2012.
3. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. – Bonn : IPBES Secretariat, 2019. – 1148 p.
4. Food and Agriculture Organization. *The State of the World's Forests 2022: Forest Pathways for Green Recovery and Building Inclusive, Resilient and Sustainable Economies*. – Rome : FAO, 2022. – 166 p.
5. United Nations Convention to Combat Desertification. *Global Land Outlook*. 2nd ed. – Bonn : UNCCD, 2022. – 336 p.
6. World Health Organization. *Air Pollution and Health*. – Geneva : WHO, 2023.
7. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. – Geneva : IPCC, 2023. – 184 p.
8. Eugene P. Odum, Gary W. Barrett. *Fundamentals of Ecology*. – 5th ed. – Belmont : Thomson Brooks/Cole, 2005. – 598 p.
9. United Nations Convention to Combat Desertification. *Global Land Outlook*. 2nd edition. – Bonn : UNCCD, 2022. – 336 p.
10. David Tilman. *Environmental and Ecological Impacts of Human Population Growth and Economic Development* // *Science*. – 1999. – Vol. 286. – P. 1942–1946.
11. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. – Bonn : IPBES Secretariat, 2019. – 1148 p.
12. Johan Rockström et al. *A Safe Operating Space for Humanity* // *Nature*. – 2009. – Vol. 461. – P. 472–475.
13. Food and Agriculture Organization. *The State of the World's Forests 2022: Forest Pathways for Green Recovery and Building Inclusive, Resilient and Sustainable Economies*. – Rome : FAO, 2022. – 166 p.
14. World Health Organization. *Air Pollution and Health*. – Geneva : WHO, 2023.
15. United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Urbanization Prospects 2024: The 2024 Revision*. – New York : United Nations, 2024. – 118 p.
16. World Health Organization. *Air Pollution*. – Geneva : WHO, 2023.
17. Food and Agriculture Organization. *Global Forest Resources Assessment 2020: Country Report – Uzbekistan*. – Rome : FAO, 2020.
18. United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Urbanization Prospects 2024*. – New York : United Nations, 2024.
19. Statistics Agency under the President of the Republic of Uzbekistan. *Demographic Statistics of Tashkent City*. – Tashkent, 2025–2026.
20. Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2006.
21. Escobedo F.J., Kroeger T., Wagner J.E. Urban forests and pollution mitigation. *Environmental Pollution*, 2011.
22. Rahman M.A. Urban Trees and Human Health. *Sustainable Cities*, 2020.
23. Elmqvist T. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services. Springer, 2013.
24. Pauleit S. Urban Green Infrastructure Planning. *Landscape Ecology*, 2017.
25. Elmqvist T. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services. Springer, 2013.
26. Kabisch N. Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation. Springer, 2017.
27. Wolter M.A. Landsat continuity. *Remote Sensing of Environment*, 2019.
28. Wang J. UAV LiDAR and Multispectral Imagery. *Remote Sensing*, 2021.
29. Anderson K., Gaston K.J. Lightweight UAVs. *Journal of Applied Ecology*, 2013.
30. Torresan C. UAV technologies in agriculture. *Remote Sensing*, 2017.
31. Colomina I., Molina P. UAV photogrammetry. *ISPRS Journal*, 2014.
32. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. *Elements of Statistical Learning*. Springer, 2017.
33. Goodfellow I. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
34. Géron A. *Hands-On Machine Learning*. O'Reilly, 2023.
35. Pedregosa F. Scikit-Learn. *JMLR*, 2011.
36. Hamzaev A. va boshq. “Yashil makon” uchun ko‘chat tanlash qo‘llanmasi, 2025.
37. “Daraxt va butalarga shakl berish qo‘llanmasi”, Toshkent, 2023.
38. Sobirov U.A. va boshq. Urban tree monitoring in Uzbekistan, 2024.
39. Samiev L.N. GIS technologies in environmental assessment, 2023.
40. Pulatov B., Muxsimov N. Urban greening assessment in Uzbekistan, 2022.

BIOXILMA-XILLIKNI SAQLASHDA EKOLOGIK YONDASHUVLAR VA YASHIL HUDUDLAR RIVOJLANISHINING O'RNI

Masharipov Adamboy Atanazarovich,

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti dotsenti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekiston sharoitida bioxilma-xillikni saqlashda ekologik yondashuvlar va yashil hududlar rivojlanishining o'rni ilmiy asosda tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida mamlakat hududidagi noyob va yo'qolib borayotgan o'simlik hamda hayvon turlarining hozirgi holati, ularning ekologik ahamiyati va ularga ta'sir etuvchi antropogen omillar tizimli yondashuv asosida o'rganildi. Shuningdek, muhofaza etiladigan tabiiy hududlar tarmog'ining rivojlanish dinamikasi, Qizil kitobga kiritilgan turlar sonining o'zgarishi hamda ekologik monitoring tizimining samaradorligi baholandi. Natijalar bioxilma-xillikni saqlashda bioindikatorlar, GIS texnologiyalari va kompleks monitoring tizimlaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Tadqiqot yakunida yashil hududlarni ilmiy asosda tashkil etish, mahalliy (endemik) turlardan foydalanish va barqaror boshqaruv mexanizmlarini joriy etish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar: bioxilma-xillik, ekologik yondashuvlar, yashil hududlar, Qizil kitob, endemik turlar, ekologik monitoring, bioindikatorlar, GIS texnologiyalari, muhofaza etiladigan hududlar, barqaror rivojlanish.

Аннотация. В данной статье проведён научный анализ экологических подходов к сохранению биоразнообразия и роли развития зелёных территорий в условиях Узбекистана. В исследовании комплексно рассмотрено современное состояние редких и исчезающих видов растений и животных, их экологическое значение, а также антропогенные факторы воздействия. Оценена динамика развития особо охраняемых природных территорий, изменения числа видов, занесённых в Красную книгу, и эффективность системы экологического мониторинга. Результаты показали, что использование биоиндикаторов, ГИС-технологий и комплексного мониторинга играет ключевую роль в сохранении биоразнообразия. В заключении предложены научно обоснованные рекомендации по организации зелёных территорий, использованию местных (эндемичных) видов и внедрению устойчивых механизмов управления.

Ключевые слова: биоразнообразие, экологические подходы, зелёные территории, Красная книга, эндемичные виды, экологический мониторинг, биоиндикаторы, ГИС-технологии, охраняемые территории, устойчивое развитие.

Abstract. This article provides a scientific analysis of ecological approaches to biodiversity conservation and the role of green area development in Uzbekistan. The study examines the current status of rare and endangered plant and animal species, their ecological significance, and the impact of anthropogenic factors using a systematic approach. It also evaluates the development dynamics of protected natural areas, changes in the number of species listed in the Red Data Book, and the effectiveness of ecological monitoring systems. The results indicate that the use of bioindicators, GIS technologies, and integrated monitoring systems plays a crucial role in biodiversity conservation. The study proposes scientifically grounded recommendations for the development of green areas, the use of local endemic species, and the implementation of sustainable management mechanisms.

Keywords: biodiversity, ecological approaches, green areas, Red Data Book, endemic species, ecological monitoring, bioindicators, GIS technologies, protected areas, sustainable development.

1. KIRISH.

Bioxilma-xillik — tirik organizmlarning genetik, tur va ekotizim darajasidagi xilma-xilligi bo'lib, u tabiat barqarorligi va insoniyat farovonligining muhim ekologik asosi hisoblanadi. Ekotizim xizmatlari, jumladan, modda va energiya aylanishi, iqlimni tartibga solish, tuproq unumdorligini saqlash, suv resurslarini muhofaza qilish hamda oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash bevosita bioxilma-xillik bilan bog'liq. Shu sababli bioxilma-xillikni saqlash masalasi global ekologik siyosatning ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida e'tirof etilmoqda.

Hozirgi davrda bioxilma-xillikning keskin kamayib borishi insoniyat oldidagi eng dolzarb ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Bu jarayon asosan antropogen omillar — iqlim o'zgarishi, yer resurslarining degradatsiyasi, suv tanqisligi, urbanizatsiya, ortiqcha yaylov yuklamasi hamda brakonerlik bilan bog'liq. O'zbekiston sharoitida ushbu muammolar yanada murakkablashib, ayniqsa, Orolbo'yi hududidagi ekologik inqiroz, sug'oriladigan yerlarning sho'rlanishi va tabiiy ekotizimlarning

buzilishi bioxilma-xillikka jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatmoqda.

Shu bilan birga, O'zbekiston bioxilma-xillik jihatidan Markaziy Osiyoda yetakchi hududlardan biri bo'lib, mamlakat hududida 4300 dan ortiq o'simlik va 16 mingga yaqin hayvon turlari mavjud. Ularning ma'lum qismi endemik va noyob hisoblanadi, bu esa ularni muhofaza qilish zaruratini yanada kuchaytiradi. So'nggi yillarda davlat tomonidan muhofaza etiladigan tabiiy hududlar tarmog'ini kengaytirish, yashil hududlarni rivojlantirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga qaratilgan qator tashabbuslar amalga oshirilmoqda. Xususan, muhofaza etiladigan hududlar ulushining qariyb 14 foizga yetishi bioxilma-xillikni saqlash yo'lidagi muhim natijalardan biri hisoblanadi.

Biroq amaliyot shuni ko'rsatadiki, bioxilma-xillikni saqlash faqat hududlarni kengaytirish bilan cheklanmaydi. Ushbu jarayon ekologik yondashuvlarga asoslangan holda olib borilishi, ya'ni bioindikatorlar, ekologik monitoring, GIS texnologiyalari va tizimli tahlil usullaridan foydalanishni talab etadi. Ayniqsa, yashil hududlar rivojlanishini ilmiy asosda tashkil etish, mahalliy

liy (endemik) turlardan foydalanish va ekotizim xususiyatlarini hisobga olish muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning maqsadi — O‘zbekiston sharoitida bioxilma-xillikni saqlashda ekologik yondashuvlar va yashil hududlar rivojlanishining o‘rmini ilmiy asosda baholashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:

- bioxilma-xillikning hozirgi holatini va uning asosiy ekologik xususiyatlarini tahlil qilish;
- noyob va yo‘qolib borayotgan turlar dinamikasini baholash;
- bioxilma-xillikka ta’sir etuvchi antropogen va tabiiy omillarni aniqlash;
- yashil hududlar tizimining rivojlanish darajasi va ekologik samaradorligini baholash;
- bioxilma-xillikni saqlashda ekologik yondashuvlarning ahamiyatini aniqlash.

Tadqiqot obyekti sifatida O‘zbekiston Respublikasining asosiy tabiiy-ekologik hududlari — cho‘l (Qizilqum, Ustyurt), tog‘ (Tyan-Shan, Pomir-Oloy), voha va to‘qay ekotizimlari tanlandi. Ushbu hududlar bioxilma-xillikning asosiy markazlari bo‘lib, turli ekologik sharoitlar va antropogen yuklama darajasi bilan farqlanadi.

Tadqiqot predmeti esa mazkur hududlarda uchraydigan noyob va yo‘qolib borayotgan o‘simlik hamda hayvon turlari, ularning populyatsion holati, tarqalish xususiyatlari hamda yashil hududlar bilan o‘zaro bog‘liqligidan iborat.

Tadqiqotning ilmiy ahamiyati shundan iboratki, unda bioxilma-xillikni saqlashga ta’sir etuvchi ekologik va antropogen omillar tizimli ravishda tahlil qilinadi, zamonaviy ekologik yondashuvlar — bioindikatorlar, GIS texnologiyalari va monitoring tizimlari asosida baholanadi hamda ularning samaradorligi ilmiy jihatdan asoslab beriladi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati esa bioxilma-xillikni saqlash bo‘yicha samarali boshqaruv mexanizmlarini ishlab chiqish, yashil hududlarni ilmiy asosda tashkil etish, mahalliy va moslashuvchan turlardan foydalanish hamda ekologik monitoring tizimini takomillashtirish imkoniyatlari bilan belgilanadi. Ushbu natijalar qishloq xo‘jaligi, tabiatni muhofaza qilish, hududiy rejalashtirish va ekologik siyosatni shakllantirish jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi.

2. MATERIALLAR VA USULLAR.

Mazkur tadqiqotda O‘zbekiston hududida bioxilma-xillikni saqlash jarayonlarini baholash hamda yashil hududlar rivojlanishining ekologik samaradorligini aniqlash maqsadida kompleks va tizimli metodologik yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot ekologiya, biogeografiya va agroekologiya fanlari kesishmasida olib borilib, turli tabiiy-ekologik hududlar kesimida bioxilma-xillik holati tahlil qilindi.

Tadqiqot jarayonida ma’lumotlar bazasi sifatida O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobi (2019-yil nashri va yangilanayotgan ma’lumotlar), Xalqaro tabiatni muhofaza qilish ittifoqi (IUCN) ma’lumotlari, Biologik xilma-xillik to‘g‘risidagi konvensiya (CBD) hisobotlari, ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasidagi milliy tashkilotlar materiallari, ilmiy maqolalar, monografiyalar hamda ekologik monitoring natijalaridan foydalanildi.

Tadqiqot davomida bir qator ilmiy metodlar qo‘llanildi. Avvalo, adabiyotlar tahlili orqali bioxilma-xillikni saqlashning

nazariy asoslari, global va mintaqaviy tendensiyalar hamda ilmiy yondashuvlar tizimli ravishda o‘rganildi. Statistik tahlil usullari yordamida Qizil kitobga kiritilgan turlar soni, ularning hududlar bo‘yicha taqsimlanishi va vaqt davomida o‘zgarish dinamikasi baholandi. Taqqoslash usuli orqali turli ekotizimlar kesimida bioxilma-xillik darajasi hamda yashil hududlar tashkil etilgan va tabiiy holatda saqlanib qolgan hududlar o‘rtasidagi farqlar aniqlanib, ularning ekologik samaradorligi tahlil qilindi.

Tizimli yondashuv asosida bioxilma-xillikka ta’sir etuvchi asosiy omillar — iqlim o‘zgarishi, suv resurslari holati, yer degradatsiyasi va antropogen bosim o‘zaro bog‘liqlikda kompleks tarzda o‘rganildi. Ekotizimlarning ekologik holatini aniqlashda bioindikatorlar usuli muhim ahamiyat kasb etdi. Jumladan, o‘simlik biomassa ko‘rsatkichlari, populyatsiya zichligi va tur xilma-xilligi kabi ko‘rsatkichlar orqali ekotizim barqarorligi baholandi.

Tadqiqot izchil bosqichlarda amalga oshirildi, ya’ni dastlab ilmiy manbalar yig‘ilib, tahlil qilindi, so‘ng statistik ma’lumotlar umumlashtirildi va ekotizimlar kesimida taqqoslovchi tahlil o‘tkazildi. Keyingi bosqichda yashil hududlar rivojlanishining ekologik samaradorligi baholanib, yakunda olingan natijalar asosida ilmiy xulosalar va amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

3. NATIJALAR VA MUNOZARA.

Tadqiqot natijalari O‘zbekiston hududida bioxilma-xillikning yuqori darajada shakllanganligini, biroq uning barqarorligi bir qator ekologik va antropogen omillar ta’sirida izdan chiqayotganini ko‘rsatdi. Tahlillar mamlakat hududida 4300 dan ortiq o‘simlik turlari va 16 mingga yaqin hayvon turlari mavjudligini tasdiqlab, ularning 8 – 10 foizini endemik turlar tashkil etadi. Ushbu ko‘rsatkichlar O‘zbekistonni Markaziy Osiyoda bioxilma-xillik markazlaridan biri sifatida baholash imkonini beradi.

Qizil kitob ma’lumotlari asosida olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, noyob va yo‘qolib borayotgan turlar soni vaqt o‘tishi bilan ortib bormoqda. Xususan, 2019-yilgi nashrda 314 o‘simlik va 200 dan ortiq hayvon turlari kiritilgan bo‘lsa, yangi nashrda bu ko‘rsatkichlarning ortishi kuzatilmoqda. Bu holat bioxilma-xillikni saqlashga qaratilgan choralar mavjud bo‘lishiga qaramay, ekologik tahdidlar saqlanib qolayotganini ko‘rsatadi (1-jadval).

1-jadval

O‘zbekiston bioxilma-xilligi asosiy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Miqdor	Izoh
Umumiy turlar soni	~27 000+	Flora va fauna umumiy yig‘indisi
Yuksak o‘simliklar	~4 500	Asosan tog‘ va voha hududlarida
Endemik turlar ulushi	8–10%	Mahalliy noyob turlar
Hayvonlar umumiy soni	~16 000	Turli sistematik guruhlar
Qizil kitobga kiritilgan o‘simliklar (2019)	314	Muhofaza talab turlar
Muhofaza hududlari ulushi	14%	So‘nggi yillardagi kengayish

Hududlar kesimida olib borilgan taqqoslovchi tahlillar natijasida bioxilma-xillikning eng yuqori darajasi tog‘li hududlarda (Tyan-Shan va Pomir-Oloy tizmalari) hamda to‘qay

ekotizimlarida kuzatilishi aniqlandi. Cho'l hududlarida esa turlar soni nisbatan kam bo'lsa-da, ular o'ziga xos ekologik moslashuv xususiyatlariga ega bo'lgan noyob turlar bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, sug'oriladigan agroekotizimlarda antropogen bosimning yuqoriligi tufayli bioxilma-xillik darajasi pasayish tendensiyasiga ega ekanligi aniqlandi (2-jadval).

2-jadval

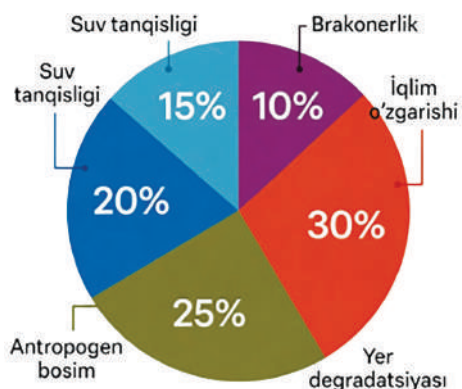
Ekotizimlar bo'yicha bioxilma-xillik darajasi

Ekotizim turi	Bioxilma-xillik darajasi	Sabab
Tog' hududlari	Yuqori	Ekologik xilma-xillik
To'qay o'rmonlari	Yuqori	Suv resurslariga yaqin
Cho'l hududlari	O'rtacha	Moslashgan turlar
Agroekotizimlar	Past	Antropogen bosim

Turlar sonining ortib borishi bioxilma-xillikka tahdid kuchayib borayotganini ko'rsatadi. Shu bilan birga, monitoring tizimi takomillashayotganini ham bildiradi.

Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar tizimi tahlili natijasida so'nggi yillarda ularning maydoni sezilarli darajada kengaygani qayd etildi. Hozirgi kunda muhofaza etiladigan hududlar umumiy maydoni 6 million gektardan ortiqni tashkil etib, mamlakat hududining qariyb 14 foizini egallaydi. Yangi milliy tabiat bog'larining tashkil etilishi va mavjud hududlarning kengaytirilishi bioxilma-xillikni saqlashda ijobiy natijalar bermoqda.

Biroq ekologik monitoring natijalari bioxilma-xillikka salbiy ta'sir etuvchi asosiy omillar hali ham dolzarb ekanligini ko'rsatdi. Jumladan, iqlim o'zgarishi natijasida haroratning oshishi va qurg'oqchilik kuchayishi, yerlarning sho'rlanishi va degradatsiyasi, suv resurslarining kamayishi, ortiqcha yaylov yuklamasi hamda brakonerlik kabi omillar ko'plab turlar populyatsiyasining qisqarishiga olib kelmoqda (1-rasm).



■ 1-rasm. Ekologik tahdidlar taqsimoti

Ekologik yondashuvlar samaradorligini baholash natijalari shuni ko'rsatdiki, bioindikatorlar asosida olib borilgan monitoring ekotizim holatini aniq baholash imkonini beradi. O'simlik biomassa ko'rsatkichlari, tur xilma-xilligi indeksleri orqali ekotizim barqarorligi va degradatsiya darajasi aniqlanib, ekologik holatga baho berish imkoniyati kengaydi.

Yashil hududlar rivojlanishining tahlili natijalari shuni ko'rsatdiki, to'g'ri tashkil etilgan ko'kalamzorlashtirish ishlari

ekotizimlarning tiklanishiga, havo sifatining yaxshilanishiga va ayrim turlar uchun yashash muhitining kengayishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Biroq ayrim hududlarda noto'g'ri tur tanlash, suv resurslarini yetarli hisobga olmaslik va monitoring tizimining sustligi sababli kutilgan natijalarga to'liq erishilmayotgani ko'rish mumkin.

Umuman olganda, olingan natijalar bioxilma-xillikni saqlashda ekologik yondashuvlar va yashil hududlar rivojlanishining muhim o'rin tutishini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, ushbu jarayonni yanada samarali tashkil etish uchun ilmiy asoslangan, tizimli va integratsiyalashgan boshqaruv mexanizmlarini joriy etish zarurligi aniqlandi.

Olingan natijalar O'zbekiston hududida bioxilma-xillikning yuqori darajada shakllanganligini tasdiqlagan bo'lsa-da, uning barqarorligi turli ekologik va antropogen omillar ta'sirida izdan chiqayotganini ko'rsatdi. Bu holat global tendensiyalar bilan uyg'un bo'lib, bioxilma-xillikning kamayishi butun dunyoda kuzatilayotgan ekologik muammolar bilan bevosita bog'liq ekanligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, O'zbekistonda bioxilma-xillikning hududiy taqsimlanishi ekologik sharoitlarga kuchli darajada bog'liq. Tog'li hududlarda va to'qay ekotizimlarida turlar xilma-xilligining yuqori bo'lishi ushbu hududlarning nisbatan kamroq antropogen bosim ostida ekanligi bilan izohlanadi. Aksincha, sug'oriladigan agroekotizimlarda bioxilma-xillikning kamayishi yer resurslaridan intensiv foydalanish, kimyoviy vositalar qo'llanilishi va suv resurslarining noto'g'ri boshqarilishi bilan bog'liq. Bu holat agroekotizimlarda ekologik yondashuvlarni kuchaytirish zarurligini ko'rsatadi.

Qizil kitob turlari sonining ortib borishi bir tomondan monitoring tizimining rivojlanayotganini bildirsa, boshqa tomondan bioxilma-xillikka tahdidlar kuchayib borayotganini ham anglatadi. Bu esa mavjud muhofaza choralarining yetarli darajada samarali emasligini ko'rsatadi va ularni takomillashtirish zarurligini taqozo etadi. Ayniqsa, iqlim o'zgarishi, qurg'oqchilik va sho'rlanish kabi omillar Markaziy Osiyo sharoitida bioxilma-xillik uchun asosiy xavf omillari sifatida namoyon bo'lmoqda.

Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar tizimining kengaytirilishi bioxilma-xillikni saqlashda muhim ijobiy natija sifatida baholanishi mumkin. Biroq tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, ushbu hududlarning samaradorligi faqatgina ularning maydonini kengaytirish bilan emas, balki boshqaruv sifatini oshirish, ilmiy monitoringni kuchaytirish va mahalliy ekologik sharoitlarga mos yondashuvlarni joriy etish bilan belgilanadi. Bu esa bioxilma-xillikni saqlashda hududiy yondashuv va differensial boshqaruv zarurligini ko'rsatadi.

Ekologik yondashuvlarning ahamiyati, ayniqsa, bioindikatorlar va ekologik monitoring tizimlari orqali yaqqol namoyon bo'ldi. Bioindikatorlar yordamida ekotizimlarning real holatini aniqlash, yashirin degradatsiya jarayonlarini erta bosqichda aniqlash va prognoz qilish imkoniyati mavjud. Bu esa ekologik boshqaruvda ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi. Shuningdek, GIS texnologiyalarining qo'llanilishi bioxilma-xillikni hududiy tahlil qilish, ekologik muammoli zonalarini aniqlash va ularni boshqarishda samarali vosita ekanligini qayd etish mumkin.

Yashil hududlar rivojlanishi bioxilma-xillikni saqlashning

muhim komponenti sifatida namoyon bo'ldi. To'g'ri tashkil etilgan yashil hududlar ekotizimlarni tiklash, mikroiklimni yaxshilash va turlar uchun yashash muhitini kengaytirishga xizmat qiladi. Biroq ayrim hollarda noto'g'ri tur tanlash, suv resurslarini hisobga olmaslik va ilmiy yondashuvning yetishmasligi ushbu tashabbuslarning samaradorligini pasaytirishi mumkin. Bu esa yashil hududlarni tashkil etishda ekologik moslik va ilmiy asoslangan rejalashtirish muhimligini ko'rsatadi.

Shuningdek, xalqaro tajriba bilan solishtirilganda, bioxilma-xillikni saqlashda kompleks va integratsiyalashgan yondashuvlarning ustunligi yaqqol namoyon bo'ladi. Xalqaro tashkilotlar tomonidan tavsiya etilgan yondashuvlar bioxilma-xillikni saqlashda ekologik, iqtisodiy va ijtimoiy omillarni uyg'unlashtirish zarurligini ta'kidlaydi. O'zbekiston sharoitida ham ushbu yondashuvlarni milliy siyosat va amaliyot bilan integratsiyalash muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari bioxilma-xillikni saqlashda ekologik yondashuvlar va yashil hududlar rivojlanishining o'zaro uzviy bog'liqligini ko'rsatadi. Ushbu yo'nalishda ilmiy asoslangan boshqaruv mexanizmlarini joriy etish, ekologik monitoringni takomillashtirish va innovatsion texnologiyalarni keng qo'llash bioxilma-xillikni saqlash samaradorligini oshirishning asosiy sharti hisoblanadi.

4. XULOSA.

Mazkur tadqiqot natijalari O'zbekiston hududida bioxilma-xillikning yuqori darajada shakllanganligini, biroq uning barqarorligi zamonaviy ekologik va antropogen omillar ta'sirida sezilarli darajada zaiflashayotganini ko'rsatdi. Olingan natijalar bioxilma-xillikni saqlash jarayoni murakkab va ko'p omilli tizim ekanligini hamda uni samarali boshqarish uchun kompleks

ekologik yondashuvlar zarurligini tasdiqladi.

Tadqiqot davomida aniqlanishicha, mamlakat hududida mavjud noyob va endemik turlar sonining ortib borishi bir tomondan monitoring tizimining rivojlanayotganini ko'rsatsa, ikkinchi tomondan bioxilma-xillikka tahdidlar kuchayib borayotganidan dalolat beradi. Ayniqsa, iqlim o'zgarishi, yer degradatsiyasi, sho'rlanish, suv resurslarining kamayishi va antropogen bosim bioxilma-xillik uchun asosiy xavf omillari sifatida namoyon bo'lmoqda.

Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar tarmog'ining kengaytirilishi bioxilma-xillikni saqlash yo'lidagi muhim ijobiy natija sifatida baholanishi mumkin. Biroq tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, faqat hududlar maydonini kengaytirish yetarli emas, balki ularni ilmiy asosda boshqarish, ekologik monitoring tizimini kuchaytirish va hududiy xususiyatlarni hisobga olgan holda differensial yondashuvlarni joriy etish zarur.

Yashil hududlar rivojlanishi bioxilma-xillikni saqlashning muhim yo'nalishlaridan biri sifatida baholandi. To'g'ri tashkil etilgan yashil hududlar ekotizimlarning tiklanishi, mikroiklimning yaxshilanishi va turlar uchun yashash muhitining kengayishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan birga, yashil hududlarni tashkil etishda mahalliy (endemik) turlardan foydalanish, suv resurslarini hisobga olish va ilmiy asoslangan rejalashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, bioxilma-xillikni saqlash ekologik, iqtisodiy va ijtimoiy yondashuvlarning uyg'unlashuvini talab etadi. Ushbu yo'nalishda ilmiy asoslangan strategiyalarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish O'zbekistonning ekologik barqaror rivojlanishini ta'minlashda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abduraimov O.S. va boshqalar. Arid hududlarda bioxilma-xillikni saqlash muammolari // «Ekologiya xabarnomasi» jurnali. №4. 2022.
2. Abduraimov O.S., Shomurodov H.F. Dorivor o'simliklar va ularning ekologik ahamiyati. – Toshkent, 2023.
3. Atamurodova D. O'zbekistondagi qo'riqxonalar va ularning bioxilma-xilligi. 2023.
4. Boltayeva Q.A. O'zbekiston qo'riqxonalari va milliy bog'lari. 2023.
5. Egamberdieva D. Soil Microbiome and Plant-Microbe Interactions in Arid Ecosystems. 2025.
6. Mirzaaxmedov X. Tabiatni muhofaza qilishning hududiy shakllari. Toshkent, 2023.
7. Isomiddinov A.O. O'zbekiston tabiiy geografiyasi va muhofaza etiladigan tabiiy hududlar. Toshkent, 2018–2024.
8. Shomurodov H.F., Rakhimova T., Rakhimova N.K., Abduraimov O.S. va boshq. Ontogenetic structure of rare plant species on the Usturt Plateau in Uzbekistan // Arid Ecosystems. – 2020. – Vol. 10. – № 3. – P. 238–243.
9. Sennikov A.N., Tojibaev K.Sh. Taxonomic diversity of Central Asian flora // Plant Systematics. – 2021.
10. Tojibaev K.Sh., Khassanov F.O., Turginov O.T. va boshqalar. O'zbekiston florasini va endemik o'simliklar tahlili // Botanika jurnali. – 2022.
11. Turdikulova Sh. IUCN Red List va O'zbekiston bioxilma-xilligi monitoringi materiallari. 2025.
12. O'zbekiston Respublikasi Qizil kitobi. Toshkent: "Chinor ENK", 2019. – 314 b.
13. "Yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasi (2019–2030)" // O'zbekiston Respublikasi Prezidenti qarori. – Toshkent, 2019.
14. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 11-iyundagi 484-son qarori "2019–2028-yillar davrida O'zbekiston Respublikasida biologik xilma-xillikni saqlash strategiyasini tasdiqlash to'g'risida".
15. O'zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi. Atrof-muhit holati to'g'risidagi milliy ma'ruza (2023–2025 yillar).
16. Convention on Biological Diversity (CBD). Global Biodiversity Outlook 5. – Montreal, 2020.
17. International Union for Conservation of Nature (IUCN). The IUCN Red List of Threatened Species. – 2023.
18. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Environment Outlook. – Nairobi, 2021.
19. UNEP, FAO. Ecosystem services and biodiversity conservation reports. – 2021.
20. UNDP. Biologik xilma-xillikni saqlashning yangi milliy maqsadlari. – Toshkent, 2025. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2025-02/biologik_xilma-xillikni_saqlashning_yangi_milliy_maqsadlari.pdf

“MARKAZIY QIZILQUM” MILLIY TABIAT BOG’IDA UCHRAYDIGAN EMINIUM (BLUME) SCHOTT (ARACEAE) TURINING BIOEKOLOGIK XUSUSIYATLARI

Adilov Sobitjon Uktamovich,

G’ulomov G’ofir Komil o’g’li,

“Markaziy Qizilqum” milliy tabiat bog’i katta ilmiy xodimlari.

Annotatsiya. Ushbu maqolada “Markaziy Qizilqum” milliy tabiat bog’i hududida o’suvchi, Araceae (Kuchaladoshlar) oilasiga mansub, Eminium (Blume) Schott turining tarqalishi, ekologik muhitga moslashuvi, zaharliligi va dekarativ xususiyatlari o’rganilgan. O’simlikning cho’l sharoitidagi hayotiy sikli, morfologik xususiyatlari va u bilan bog’liq biologik tavsiflar haqida ilmiy ma’lumotlar keltirilgan. Shuningdek, o’simlikning tabiatdagi ahamiyati va uni saqlash bo’yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so’zlar: Eminium, Araceae, Markaziy Qizilqum, cho’l florasini, zaharli o’simlik, bioekologiya.

Abstract. This article examines the distribution, ecological adaptation, toxicity, and ornamental properties of Eminium (Blume) Schott, a species belonging to the Araceae family, growing in the Central Kyzylkum National Nature Park. Scientific data on the plant’s life cycle under desert conditions, its morphological features, and related biological characteristics are presented. The study also highlights the ecological significance of the species and provides recommendations for its conservation.

Keywords: Eminium, Araceae, Central Kyzylkum, desert flora, poisonous plant, bioecology.

Аннотация. В данной статье изучены распространение, экологическая адаптация, токсичность и декоративные свойства вида Eminium (Blume) Schott, относящегося к семейству Araceae, произрастающего на территории Центрально-Кызылкумского национального природного парка. Приведены научные данные о жизненном цикле растения в условиях пустыни, его морфологических особенностях и связанных с ними биологических характеристиках. В работе также рассмотрено значение данного вида в природной среде и предложены рекомендации по его сохранению.

Ключевые слова: Eminium, Araceae, Центральный Кызылкум, пустынная флора, ядовитое растение, биоэкология.

1. KIRISH.

Cho’l hududlarining florasini o’rganish botanika fanining muhim yo’nalishlaridan biri hisoblanadi. Markaziy Osiyo hududi o’zining murakkab iqlim sharoiti va o’simliklar xilma-xilligi bilan ajralib turadi [1,2]. Ushbu hudud floristik rayonlashtirish nuqtai nazaridan ham alohida o’rin egallaydi [12].

Qizilqum cho’li esa mintaqadagi eng yirik cho’l hududlaridan biri bo’lib, bu yerda ko’plab ekologik moslashgan o’simlik turlari shakllangan [3]. Araceae oilasi vakillari dunyoning turli hududlarida keng tarqalgan bo’lib, ularning sistematikasi va biologik xususiyatlari ko’plab olimlar tomonidan o’rganilgan. Ushbu oilaning ilmiy tasnifi dastlab Heinrich Wilhelm Schott tomonidan ishlab chiqilgan [7]. Keyinchalik Adolf Engler tomonidan o’simliklarning sistematikasi yanada takomillashtirilgan [11].

Markaziy Osiyo florasini o’rganishda Korovin, Kamelin kabi olimlarning ilmiy ishlari muhim ahamiyatga ega bo’lib, ular mintaq o’simliklarining ekologik va geobotanik xususiyatlarini chuqur tahlil qilganlar [5,10].

O’zbekiston florasini o’rganishda ham ko’plab ilmiy izlanishlar olib borilgan bo’lib, ularning natijalari o’simliklarning tarqalishi va ekologik moslashuvini aniqlashga xizmat qilgan [4]. Shunga qaramay, Eminium turkumiga mansub o’simliklarning Markaziy Qizilqum hududidagi bioekologik xususiyatlari etarli darajada o’rganilmagan. Shu sababli ushbu tadqiqot Eminium turining tarqalishi va ekologik moslashuvini ilmiy jihatdan tahlil qilishga qaratilgan.

O’zbekistonning eng yirik muhofaza etiladigan hududlaridan biri – “Markaziy Qizilqum” milliy tabiat bog’i Prezidentimizning 2022-yil 16-fevraldagi PQ-131-son qarori asosida

tashkil etilgan [8,9].

Mazkur hudud cho’l ekotizimlarini, noyob flora va fauna turlarini muhofaza qilishda muhim ahamiyatga ega. Hudud iqlimi keskin kontinental bo’lib, yozda nihoyatda issiq va quruq, qishda esa sovuq bo’ladi [21]. Shu sababli bu yerda o’suvchi o’simliklar ekstremal ekologik sharoitlarga moslashgan. Qizilqum cho’lining o’simlik qoplami asosan saksovuq, boyalich, shuvoq, teresken kabi turlardan tashkil topgan [23]. Shu o’simliklar orasida biologik va ekologik jihatdan muhim bo’lgan Eminium (Blume) Schott turi ham uchraydi.

2. MATERIALLAR VA USLUBLAR.

Tadqiqot manbai sifatida cho’l sharoitiga moslashgan Eminium (Blume) Schott tanlab olindi. Tadqiqot ishlari 2023-2024-yillar davomida “Markaziy Qizilqum” milliy tabiat bog’ining turli geobotanik uchastkalarida olib borildi. Dala tajribalari oldindan ishlab chiqilgan reja asosida tashkil etilib, o’simliklarning unib chiqishi, o’sishi, rivojlanishi, yashovchanligi muntazam kuzatib borildi. Biometrik o’lchovlar (o’simlik bo’yi, poya va barglarining soni, rivoji va boshqalar) o’simlikshunoslik va introduksiya sohasida umum qabul qilingan uslublar asosida amalga oshirildi [2,6].

Tadqiqot jarayonida quyidagi metodik yondashuvlar qo’llanildi: dala kuzatuv usuli – o’simliklarning tabiiy sharoitdagi holatini muntazam qayd etish [15]; floristik inventarizatsiya – hudud florasining tur tarkibini aniqlash va ro’yxatga olish [16]; geobotanik tavsiflash – o’simlik qoplami va fitotsenozlarning tuzilishini o’rganish [17]; morfologik tahlil – o’simlik organlarining tashqi belgilari va o’zgaruvchanligini baholash [18]; fitotsenotik tahlil – o’simlik jamoalarining tarkibi va o’zaro bog’liqligini aniqlash [20]. Shuningdek, mavjud herbariy

materiallari bilan solishtirma tahlillar olib borildi. Qo'llanilgan barcha usullar botanik va geobotanik tadqiqotlarda keng qo'llaniladigan, ilmiy jihatdan asoslangan metodlar hisoblanadi [13,14].

3. NATIJALAR VA MUNOZARA.

Dala kuzatuvlari natijasida Eminium (Blume) Schott turining Markaziy Qizilqum hududida asosan qumli tuproqlarda uchrashi aniqlandi. O'simlik bahor oylarida vegetatsiya davriga kirib, qisqa muddat ichida gullash va meva hosil qilish jarayonini yakunlaydi. Fenologik kuzatuvlar shuni ko'rsatdiki, Eminium turi cho'l sharoitiga yuqori darajada moslashgan bo'lib, suv tanqisligi va yuqori haroratlarga chidamliligi bilan ajralib turadi [22]. O'simlikning ildiz tizimi chuqur joylashgan bo'lib, bu unga tuproqning pastki qatlamlaridagi namlikdan foydalanish imkonini beradi.



■ Rasm. Eminium (Blume) Schott.

Tadqiqot jarayonida "Markaziy Qizilqum" milliy tabiat bog'ining turli uchastkalarida 1 gektar maydonlarga ajratilgan monitoring nuqtalarida Eminium (Blume) Schott turlarining zichligi, vegetatsiya davomiyligi, yashash muhitidagi o'zgarishlarga nisbatan reaksiyasi kuzatildi. Quyidagi jadvallarda ushbu ma'lumotlar tizimlashtirilgan:

1-jadval

Eminium (Blume) Schott turining 1 gektardagi uchrash soni (2023-2024-yil bahorgi kuzatuvlarga ko'ra)

Monitoring uchastkasi	Gektardagi o'simlik soni (dona)	
	2023-yil	2024-yil
qumli hudud (1-kuzatuv nuqtasi)	42	45
qumli-shag'alli (2-kuzatuv nuqtasi)	65	54
qumli hudud (3-kuzatuv nuqtasi)	38	42
shag'alli hudud (4-kuzatuv nuqtasi)	71	59

2-jadval

Vegetatsiya davri davomiyligi

Bosqichlar	Boshlanish sanasi	Tugash sanasi	Davomiylik (kun)
Vegetatsiya boshlanishi	10-15.03.	25-30.05.	10-15
Gullash bosqichi	01.04.	15.04.	15
Meva hosil bo'lishi	20.04.	10.05	20
Qurish, vegetatsiya yakuni	25.05.	01-05.06	5-10
Umumiy vegetatsiya davomiyligi	15.03.	01.06	75-80

Yuqoridagi jadvallardan ko'rinib turibdiki, Eminium (Blume) Schott turi bahor oylarida qisqa muddatli, ammo intensiv hayotiy davrga ega. Bu holat uning cho'l sharoitiga ekologik moslashganligidan dalolat beradi. Floristik inventarizatsiya asosida aniqlanishicha, Eminium turi alohida-alohida uchastkada uchraydi. Bu uchastkalar turli balandlik va tuproq tarkibiga ega bo'lib, o'simlik har bir joyda o'ziga xos fitotsenotik muhitda yashaydi. Unga ko'proq hamrohlik qiluvchi turlar sifatida Peganum harmala, Calligonum spp., Salsola arbuscula, Ephedra strobilacea va Astragalus turlari qayd etildi. Bu esa Eminium turining cho'l o'simliklari bilan barqaror ekologik o'ringa ega ekanligini ko'rsatadi [24].

Morfologik tahlillar natijasida o'simlikning vegetativ qismlari (barg, poya) va generativ qismlari (gullari, mevalari) to'liq tavsiflandi. Barglar ko'proq bazal joylashuvga ega bo'lib, ularning ustki qismida mumli qatlam mavjud. Gullari qo'ng'ir-to'q qizg'ish (baxmal) rangda bo'lib, spiral shaklida o'ralib joylashgan. Mevalari urug'ga boy va kuchli zahar saqlovchi moddaga ega ekanligi aniqlandi. Ushbu tahlillar natijasida barglarning bazal joylashuvi, qalin kutikula qavati hamda generativ organlarning o'ziga xos tuzilishi aniqlangan [19]. Eminium turining areali avval faqat Qizilqum cho'lining ayrim hududlarida qayd etilgan bo'lsa, ushbu tadqiqot orqali uning Markaziy Qizilqum hududida ham keng tarqalganligi aniqlandi [1,25].

Olingan tadqiqot natijalariga asoslanib, Eminium (Blume) Schott turini saqlab qolish va uning populyatsiyasini barqarorlashtirish maqsadida bir qator ilmiy-amaliy choralar ishlab chiqish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Avvalo, turning populyatsiya holatini muntazam nazorat qilish maqsadida doimiy monitoring tizimini yo'lga qo'yish orqali uning sonidagi o'zgarishlar dinamikasi tahlil qilinadi va o'z vaqtida zarur choralar ko'rish imkoniyati yaratiladi. Shuningdek, ushbu tur cho'l ekotizimlarining muhim qismi sifatida milliy va hududiy ekologik muhofaza dasturlariga kiritilishi lozim.

Mahalliy aholi o'rtasida o'simlikning zaharliligi va ekologik ahamiyati haqida tushuntirish-targ'ibot ishlarini olib borish ham muhim hisoblanadi. Eminium turining farmakologik va biologik xususiyatlarini chuqur o'rganish maqsadida ilmiy-tadqiqot institutlari bilan hamkorlikni kuchaytirish tavsiya etiladi. Shu bilan birga, zamonaviy GIS va boshqa raqamli texnologiyalar asosida turning tarqalish arealini aniqlash, xaritalashtirish va uzoq muddatli monitoringni tashkil etish muhim ahamiyat kasb etadi.

4. XULOSA.

O'simlik namunalarini botanika bog'lari va gerbariy fondlarida saqlash ularning genetik va morfologik xususiyatlarini tadqiq etish imkonini beradi. Milliy tabiat bog'i hududida ekologik ta'lim va ekoturizm yo'nalishlarini rivojlantirish orqali ushbu tur va boshqa noyob o'simliklar haqida keng jamoatchilikning xabardorligini oshirish mumkin. Yuqoridagi chora-tadbirlarni amalga oshirish uchun tashqi va ichki grantlar asosida ilmiy loyihalarni moliyalashtirish muhim omil hisoblanadi. Ushbu tavsiyalar orqali Eminium (Blume) Schott turini saqlab qolish, undan oqilona foydalanish va cho'l ekotizimlarining barqarorligini ta'minlashda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

Eminium (Blume) Schott turi "Markaziy Qizilqum" milliy tabiat bog'i hududining ekologik sharoitlariga yuqori darajada moslashgan, biogeotsenotik kompleksning muhim tarkibiy qismlaridan biridir. O'simlikning qumli joylarda uchrashi, qisqa vegetatsiya davriga ega bo'lishi, chuqur ildiz sistemasi va barglarining qalin kutikulali tuzilmasi cho'l sharoitida yashashga moslashganligidan dalolat beradi. Uning zaharliligi bir tomondan ehtiyotkorlik bilan yondashishni talab qilsa, ikkinchi tomondan uning biologik himoya vositasi sifatida tabiiy ekotizimda muhim rol o'ynashini anglatadi. Shu sababli ushbu turning o'ziga xos xususiyatlarini chuqur o'rganish, kelgusida dorivor yoki pestitsid xususiyatlarining ilmiy asoslangan yo'l bilan tadqiq qilinishiga zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tojiboyev Komiljon Shavkatovich. O'zbekiston florasini va uning o'simlik geobotanik xususiyatlari. Toshkent: «Fan» nashriyoti, 2018. – 356 b.
2. Karimov Foziljon Xudoyberdiyevich. Cho'l o'simliklarining ekologik moslashuvi. Samarqand: «Registon» nashriyoti, 2020. – 248 b.
3. Madraximov Baxtiyor Bahodirovich. Araceae oilasining O'zbekistondagi vakillari. Buxoro: Buxoro davlat universiteti nashriyoti, 2015. – 45–49 b.
4. Flora of Uzbekistan. Vol. IX: Araceae. Tashkent: Institute of Botany, Uzbekistan Academy of Sciences, 2021. – 210 p.
5. Камелин Рудольф Владимирович. Флора и растительность Средней Азии. Ленинград: Наука, 1973. – 280 с.
6. Nabiyeu Murodjon Mamatqulovich, Turgunov Jamshid Raximovich. Cho'l o'simliklarining biologik faolligi va ularning xalq tabobatidagi o'rni. Nukus: Qoraqalpoq davlat universiteti nashriyoti, 2019. – 192 b.
7. Schott Heinrich Wilhelm. Genera Aroidearum. Wien: Carl Gerold's Sohn, 1857. – 120 p.
8. Qodirov Abduvali Sobirovich. Markaziy Qizilqum milliy tabiat bog'i florasini va ekologik monitoring. Toshkent: «Ekologiya xabarnomasi» jurnali, 2022. – 33–39 b.
9. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. "O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo'mitasi tizimida muhofaza etiladigan tabiiy hududlar tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-131-son qaror. Toshkent, 2022-yil 16-fevral.
10. Коровин Евгений Петрович. Флора Средней Азии. Ташкент: Издательство «Фан», 1961. – 312 с.
11. Engler Adolf. Syllabus der Pflanzenfamilien. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1930. – 666 p.
12. Тахтаджян Армен Леонович. Floristic Regions of the World. Berkeley: University of California Press, 1986. – 522 p.
13. Odum Eugene Pleasants. Fundamentals of Ecology. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1971. – 574 p.
14. Walter Heinrich. Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere. Berlin: Springer-Verlag, 1985. – 318 p.
15. Archibald Owen W. Ecology of World Vegetation. London: Chapman & Hall, 1995. – 510 p.
16. Работнов Тимофей Александрович. Геоботаника. Москва: Издательство МГУ, 1983. – 296 с.
17. Толмачёв Александр Иннокентьевич. Методы флористических исследований. Ленинград: Наука, 1974. – 184 с.
18. Быков Борис Александрович. Геоботаника. Алма-Ата: Наука, 1978. – 288 с.
19. Серебряков Иван Григорьевич. Морфология растений. Москва: Высшая школа, 1962. – 380 с.
20. Лавренко Евгений Михайлович. Пустыни Евразии. Москва: Наука, 1970. – 245 с.
21. Шенников Александр Петрович. Экология растений. Москва: Наука, 1950. – 376 с.
22. Rasulov Alisher Raxmonovich. Cho'l o'simliklari ekologiyasi. Toshkent: «Fan» nashriyoti, 2008. – 210 b.
23. Shomurodov Husniddin Fayzullayevich. Biodiversity of Uzbekistan Flora. Toshkent: «Fan» nashriyoti, 2011. – 276 b.
24. Baitulin Ibragim Ospanovich. Botanical Geography of Central Asia. Almaty: Nauka, 1990. – 198 p.
25. Tursunov Xolmirza To'xtasinovich. Vegetation of the Kyzylkum Desert. Toshkent: «Fan» nashriyoti, 1985. – 240 b.

ФОРМИРОВАНИЕ АКТИВНОГО БИОФЛОКА И ЗОНЫ СТРАТИФИКАЦИИ В РЫБОВОДНЫХ ПРУДАХ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ВЫРАЩИВАНИИ РЫБЫ

¹Каримов Нариман Абдувахитович,

¹Курамбаева Мохира Бахрамовна,

^{1,2}Куватов Аскар Каракулович, DSc докторант,

³Мубарак Туйли кизи Шербутаевна, студент,

¹Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий,

²Alfraganus university,

³Ташкентский государственный аграрный университет.

Аннотация. В статье рассматриваются процессы формирования активного биофлора и зоны стратификации в рыбоводных прудах при интенсивном выращивании рыбы. Показана взаимосвязь между высокой плотностью посадки, накоплением органических веществ, развитием микроорганизмов и вертикальным разделением водной толщи. Рассматриваются условия формирования биофлора, причины возникновения стратификации, их влияние на гидрохимический режим пруда и продуктивность рыбоводных хозяйств Узбекистана. Представлены практические рекомендации по управлению этими процессами для повышения экологической устойчивости и эффективности интенсивного рыбоводства.

Ключевые слова: интенсивное рыбоводство, биофлок, стратификация, качество воды, прудовое рыбоводство, экологическая устойчивость.

Abstract. This article examines the formation of active biofloc and stratification zones in fish ponds under intensive aquaculture conditions. The relationship between stocking density, organic matter accumulation, microbial activity, and vertical water column separation is analyzed. Environmental risks associated with intensive aquaculture are identified and practical recommendations for water quality management are proposed. The results can be applied in fish farming systems of Uzbekistan to improve productivity and environmental sustainability.

Keywords: intensive aquaculture, biofloc, stratification, fish pond, water quality, sustainability.

Annotatsiya. Maqolada intensiv baliq yetishtirish sharoitida baliqchilik hovuzlarida bioflok hosil bo'lishi va suv qatlamlarining stratifikatsiyasi jarayonlari ko'rib chiqilgan. Yuqori zichlikda baliq yetishtirishda organik moddalar to'planishi, mikroorganizmlar rivojlanishi hamda suv qatlamlarining vertikal ajralishi o'rnatidagi bog'liqlik aniqlangan. Intensiv baliqchilikda ekologik xavflar baholangan va suv sifatini boshqarish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: intensiv baliqchilik, bioflok, stratifikatsiya, baliqchilik hovuzi, suv sifati, ekologik barqarorlik.

1. ВВЕДЕНИЕ

Биофлок – это пробиотическая формула, состоящая из развитого бактериального сообщества.

Стратификация – это процесс воздействия на семена холода и влаги, стимулирующий прорастание. В природе он происходит естественно, когда весной температура повышается, водные фито-флора выходят из периода покоя и начинает цветение воды.

В последние годы в Узбекистане активно развивается интенсивное рыбоводство, характеризующееся высокой плотностью посадки рыбы, увеличением объёмов кормления и ростом органической нагрузки на водоёмы. Эти факторы приводят к изменению как гидрохимических, так и гидро-биологических процессов в рыбоводных прудах. Одними из наиболее важных процессов являются – формирование активного биофлора, – зоны стратификации воды.

Оба процесса оказывают существенное влияние на кислородный режим и другие гидрохимические показатели воды и продуктивность рыбоводных хозяйств в целом. В целях уплотнения посадки прудов фермеры переходят на принудительное обогащение прудов кислородом используя при этом аэраторы для увеличения плотности посадки рыбы – это устройства (диффузорные, поверхностные, струйные),

обеспечивающие интенсивное насыщение воды кислородом (до 10–12 мг/л), удаление вредных газов С СО₂, метан) и перемешивание слоев. Они позволяют повысить плотность посадки рыбы в 2–3 раза, ускорить рост и предотвратить заморы [14].

Понимание механизмов формирования биофлора и стратификации позволяет повысить эффективность управления рыбоводными прудами при интенсивном выращивании рыбы.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования использовались: анализ научной литературы, сравнительный анализ интенсивных технологий рыбоводства, гидробиологические наблюдения, анализ гидрохимических показателей воды, обобщение данных рыбоводных хозяйств Узбекистана [9, 10, 11, 12, 13, 15, 19, 20].

Исследования проводились на рыбоводных прудах интенсивного типа глубиной 1,2–1,5 м при высокой плотности посадки рыбы.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биофлок – это технология, при которой взвешенные частицы в воде (органика, остатки корма, экскременты) не просто оседают, а связываются в хлопья и используются системой. Система аквакультуры, в которой используется

«микробная биотехнология для повышения эффективности и использования рыбных кормов. Токсичные вещества, такие как азотистые соединения, обрабатываются и преобразуются в полезный продукт, например, белок, который используется в качестве дополнительного корма для рыб и ракообразных» [1]¹.

При интенсивном выращивании рыбы происходит накопление органических веществ в водной среде. Основными источниками органических веществ являются: комбикорма, экскременты рыбы, отмерший фитопланктон, микроорганизмы, органические взвешенные вещества [4, 18].

В условиях повышенной органической нагрузки происходит развитие гетеротрофных бактерий, формирующих биофлок. В таблице 1 приводятся основные факторы формирования биофлока.

Таблица 1

Основные факторы формирования биофлока

Фактор	Влияние на формирование биофлока
Высокая плотность посадки	Увеличение органических отходов
Интенсивное кормление	Рост органической нагрузки
Аэрация	Поддержание микроорганизмов
Источник углерода	Активизация бактерий
Температура воды	Ускорение микробиологических процессов

При добавлении источников углерода увеличивается соотношение CN, что ускоряет развитие гетеротрофных бактерий (Табл.2), [6,7].

Таблица 2

Источники углерода для формирования биофлока

Источник углерода	Особенности применения
Патока	Быстрое формирование биофлока
Сахар	Быстрое развитие бактерий
Пшеничные отруби	Медленное формирование
Рисовые отруби	Дополнительный корм
Крахмал	Стабильное развитие бактерий

Активный биофлок представляет собой агрегаты, состоящие из: бактерий, водорослей, простейших организмов, детрита, органических частиц.

Биофлок выполняет следующие функции: снижение аммиака, улучшение качества воды, дополнительный корм (простейшие), повышение продуктивности.

Формирование зоны стратификации, при интенсивном выращивании рыбы в прудах формируется вертикальная стратификация водной толщи.

Таблица 3

Характеристика слоев стратификации

Слой воды	Характеристика	Содержание кислорода
Эпилимнион	Тёплая вода, биофлок	Высокое
Металимнион	Переходный слой	Среднее
Гиполимнион	Холодная вода, ил	Низкое

Основные причины стратификации: температурные различия, различия плотности воды, накопление органических веществ, отсутствие перемешивания. В таблице 3 приводится характеристика слоев стратификации [2].

В нижнем слое происходит разложение и расщепление органических веществ, включая оседающий биофлок.

Схема рыбоводного пруда при интенсивном выращивании. Схема формирования биофлока и стратификации: Верхний слой (эпилимнион): активный биофлок, фитопланктон, высокая концентрация кислорода, активная рыба. Средний слой (термоклин) переходная зона и снижение кислорода. Нижний слой (гиполимнион) – накопление, органических веществ, разложение биофлока, образование аммиака и образование сероводорода [7].

Взаимосвязь биофлока и стратификации – Биофлок формируется преимущественно в верхнем слое воды. Постепенно частицы биофлока оседают на дно, где подвергаются разложению, что приводит к снижению кислорода, накоплению токсичных веществ, усилению стратификации [8].

При перемешивании воды возможны: снижение кислорода и стресс рыбы.

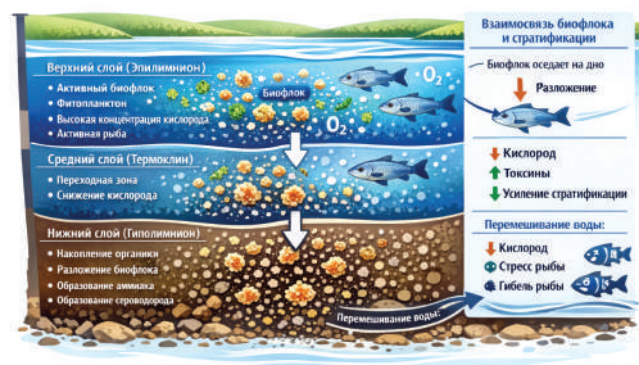


Рис. 1. Схема рыбоводного пруда при интенсивном выращивании

Практическое значение для рыбоводства (Табл.4).

Таблица 4

Положительные и отрицательные эффекты

Процесс	Положительное влияние	Риски
Биофлок	Дополнительный корм	Оседание органики
Стратификация	Стабилизация слоев	Дефицит кислорода

Для управления процессами рекомендуется: использование аэрации, перемешивание воды, контроль глубины, контроль кормления [2,9,14,11].

Практические рекомендации (Табл.5)

Таблица 5

Оптимальные параметры

Показатель	Оптимальное значение
Глубина пруда	1,2–1,5 м
Кислород	4–5 мг/л
Температура	24–30°C
Плотность посадки	Интенсивная

Статистика развития интенсивного рыбоводства в Узбекистане. По данным Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан и отраслевых исследований, в последние годы наблюдается устойчивый рост рыбоводной отрасли (Табл.6), [5].

Таблица 6

Динамика производства рыбы в Узбекистане

Год	Объем производства, тыс. тонн
2016	94
2018	120
2020	144
2022	165
2024	180
2025	более 206

Рост производства обусловлен: внедрением интенсивных технологий, увеличением плотности посадки, расширением прудовых хозяйств, внедрением биофлук технологий [3].

В условиях Узбекистана стратификация особенно выражена в летний период, когда температура воды в прудах достигает 28–32°C, что усиливает процессы разложения органических веществ и формирование биофлук. В южных и центральных регионах страны интенсивные технологии

применяются наиболее активно, что повышает актуальность управления процессами стратификации и формирования биофлук [4].

Таблица 7

Основные проблемы интенсивного рыбоводства Узбекистана

Проблема	Влияние
Высокая плотность посадки	Ухудшение качества воды
Избыточное кормление	Накопление органики
Недостаточная аэрация	Стратификация воды
Высокая температура	Снижение кислорода

4. ВЫВОДЫ

Таким образом, формирование активного биофлук и стратификации является естественным процессом интенсивного рыбоводства. Управление этими процессами позволяет повысить экологическую устойчивость и продуктивность рыбоводных хозяйств Узбекистана. Формирование биофлук улучшает кормовую базу в интенсивных рыбоводных прудах, однако стратификация может привести к дефициту кислорода. Оптимально для условий Узбекистана и Центра Азиатских стран внедрение технологии с полу-интенсивным ведением прудового рыбоводства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Avnimelech Y. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*. – World Aquaculture Society, 2015. – DOI: 10.1002/9781118895838.
2. Boyd C.E. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. – Elsevier, 1998. – DOI: 10.1016/B978-0444886374.
3. Boyd C.E., Tucker C.S. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. – Springer, 2012. – DOI: 10.1007/978-1-4615-5407-3.
4. FAO. *Aquaculture development*. – FAO Technical Guidelines, 2020. – DOI: 10.4060/ca9229en.
5. FAO. *Fisheries and Aquaculture Report*. – 2022. – DOI: 10.4060/cc0465en.
6. Hastuti S., Subandiyono. Application of biofloc technology in intensive farming affected production and blood performances of the catfish (*Clarias gariepinus*) // *Jurnal Teknologi*. – 2016. – Vol. 78, № 4-2. – P. 221–226. DOI: 10.11113/jt.v78.8212.
7. Tacon A.G.J. *Feed Management in Aquaculture*. – FAO, 2017. – DOI: 10.4060/i8179en.
8. Crab R., Defoirdt T., Bossier P., Verstraete W. Biofloc technology in aquaculture // *Aquaculture*. – 2012. – DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.10.02.
9. De Schryver P., Verstraete W. Nitrogen removal from aquaculture // *Aquaculture*. – 2008. – DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.012.
10. Kurambaeva, M.B. 2008. Improvement of fish feeding technology and prospects for development of aquaculture in Uzbekistan. PhD Dissertation, Research Institute of Zoology. Uzbekistan Academy of Sciences. Tashkent. Sep.
11. Karimov B., H. Lieth, M. Kurambaeva, N. Mullaboev and H. Lieth. 2005. Hydrological situation assessment in the southern Aral Sea region of Central Asia according to the last 15 years of collecting ecotoxicological data. in abstract volume. 15th Stockholm Water Symposium. Stockholm. Aug 21 – 27. pp. 320 – 321. Eng.
12. Kurambaeva, M.B. 2008. Scientific analysis of modern conditions and perspectives for aquaculture development in the lower Amudarya river basin. *Ecology Journal*. № 8. Tashkent. pp. 14 – 16.
13. Kurambaeva, M.B. 2008. Investigating opportunities to use formulated forages from local ingredients as additional feed for intensive aquaculture. *Biology Journal. UzAS*. “FAN” publisher. Tashkent. № 5. pp. 59–65.
14. Karimov B., H. Lieth, M. Kurambaeva and I. Matsapoeva. 2005. Problems of Fishermen in the southern Aral Sea region. *Journal of Marine Science / Special Issue: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. Germany. 10: pp. 87 – 103. Eng.
15. Kurambaeva, M.B. 2005. Development of plankton organisms by using different types of organic manures. *Biology Journal. UzAS*. “FAN” publisher. Tashkent. № 5. pp. 84 – 86.
16. Karimov B., I. Joldaseva, H. Blanchoud, M. Kurambaeva, N. Mullaboev and M. Chevreuil. 2004. Problems of sustainable fisheries and aquaculture in the southern Aral Sea region under anthropogenic impact. Aug. in abstract volume. The 14th Stockholm Water Symposium. Stockholm. pp. 272 – 273. Eng.
17. Kholmatov, N.M., M. Kurambaeva and B. Karimov. 2004. Fish productivity changes in natural reservoirs of the Aydar-Arnasay lake systems, depending on ecological factors. *Int'l Conf on Use of Geographic Information Systems and Simulation Models for Research and Decision Support in Central Asia basins*. Humboldt College. Jul 6 – 10. Tashkent. pp. 164 – 166.
18. Khanjani M.H., Mohammadi A., Emerenciano M.G.C. Water quality in biofloc technology (BFT): an applied review for an evolving aquaculture // *Aquaculture International*. – 2024. – Vol. 32. – P. 9321–9374. DOI: 10.1007/s10499-024-01618-w.
19. Phan L.P., Nguyen T.V. Efficiency of intensive tilapia culture in earthen ponds applied biofloc technology (BFT), probiotics and off-flavor control methods // *The Journal of Agriculture and Development*. – 2023. – Vol. 22, № 3. – P. 9–18. DOI: 10.52997/jad.2.03.2023.
20. Sumitro, Budiardi T., Fauzi H., Ekasari J. Production performance and nitrogen and phosphorus mass balance in biofloc-based African catfish intensive culture at different densities // *Jurnal Akuakultur Indonesia*. – 2021. – Vol. 20, № 1. – P. 82–92. DOI: 10.19027/jai.20.1.82-92.

LAKE ECOSYSTEM DEGRADATION, WATER QUALITY DYNAMICS AND RESTORATION PRIORITIES: A SCOPUS-BASED REVIEW FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

Aminov Khamza Khusanovich,

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Professor
Deputy Director of the Research Institute of Environment and Nature Conservation Technologies,
Khamdullayeva Aziza Bakhtiyor qizi,
Doctoral Student at the Research Institute of Environment and Nature Conservation Technologies

Abstract. Lake ecosystems are highly sensitive to climate variability, nutrient enrichment, hydrological changes and anthropogenic pressure. Their degradation is reflected in declining water quality, eutrophication, algal blooms, shoreline transformation, biodiversity loss and reduced ecosystem services. This review analyzes Scopus-indexed publications on lake ecosystems published between 2015 and 2026, with emphasis on water quality, eutrophication, environmental monitoring, remote sensing and restoration. The bibliometric results show that Environmental Science is the dominant subject area, while publication activity has increased notably after 2020. China, the United States and Canada are the leading countries in this research field. VOSviewer keyword analysis identified two main thematic clusters: water pollution, monitoring and sediment chemistry; and lake ecosystem, eutrophication, nutrients, phytoplankton and climate change. The study concludes that effective lake ecosystem management should integrate nutrient-load reduction, sediment control, phytoplankton monitoring, macrophyte restoration, shoreline protection, remote sensing indicators and long-term field observations. These findings are relevant for environmental assessment of arid and semi-arid lake systems, including the Aydar-Arnasoy lake system.

Keywords: lake ecosystem; water quality; eutrophication; phytoplankton; remote sensing; environmental monitoring; nutrient dynamics; ecosystem restoration.

Annotatsiya. Ushbu maqolada ko'1 ekotizimlarining degradatsiyasi, suv sifati o'zgarishi, eutrofikatsiya, fitoplankton rivojlanishi, monitoring va tiklash ustuvorliklari Scopus bazasidagi ilmiy manbalar asosida ingliz tilida tahlil qilindi. Tadqiqot 2015-2026-yillar oralig'ida chop etilgan maqolalarga asoslangan. Bibliometrik tahlil natijalari Environmental Science yo'nalishi yetakchi ekanini, mamlakatlar kesimida Xitoy, AQSH va Kanada ilmiy nashrlar soni bo'yicha ustunligini hamda VOSviewer tarmog'ida suv sifati, eutrofikatsiya, ozuqa elementlari, fitoplankton va ekologik monitoring asosiy konseptlar ekanini ko'rsatdi. Tadqiqotda ta'kidlanishicha, ko'1 ekotizimini samarali boshqarish ozuqa yukini kamaytirish, cho'kindilarni nazorat qilish, fitoplankton monitoringi, makrofitlarni tiklash, qirg'oqlarni himoya qilish, masofadan zondlash ko'rsatkichlari va uzoq muddatli dala kuzatuvlarini o'z ichiga olishi kerak. Ushbu natijalar qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil ko'llar tizimi, jumladan, Aydar-Arnasoy ko'llar tizimini ekologik baholash uchun dolzarbdir.

Kalit sozlar: ko'1 ekotizimi; suv sifati; eutrofikatsiya; fitoplankton; masofadan zondlash; ekologik monitoring; tiklash.

Аннотация. В статье на английском языке рассмотрены деградация озерных экосистем, динамика качества воды, эвтрофикация, развитие фитопланктона, экологический мониторинг и приоритеты восстановления на основе публикаций, индексируемых в базе Scopus. Анализ основан на 647 документах за 2015-2026 годы. Результаты показывают преобладание направления Environmental Science, ведущую роль Китая, США и Канады, а также ключевое значение понятий water quality, eutrophication, nutrients, phytoplankton and environmental monitoring в сети совместной встречаемости ключевых слов. В исследовании делается вывод о том, что эффективное управление экосистемой озер должно интегрировать снижение нагрузки на питательные вещества, контроль осадков, мониторинг фитопланктона, восстановление макрофитов, защиту береговой линии, показатели дистанционного зондирования и долгосрочные полевые наблюдения. Эти выводы актуальны для экологической оценки аридных и полупустынных озерных систем, включая Айдар-Арнасойскую систему озер.

Ключевые слова: озерная экосистема; качество воды; эвтрофикация; фитопланктон; дистанционное зондирование; экологический мониторинг; восстановление.

1. INTRODUCTION.

Lake ecosystems perform essential ecological, hydrological and socio-economic functions. They regulate local water balance, support aquatic and riparian biodiversity, accumulate and transform nutrients, provide drinking and irrigation water, and serve as natural indicators of climate and land-use change. However, lakes are also vulnerable because their ecological condition depends on the balance between inflow, outflow, evaporation, sediment processes, catchment management and biological feedbacks. Recent literature shows that eutrophication,

algal blooms, sediment nutrient release, water level alteration and phytoplankton shifts are among the most frequently investigated problems in lake ecosystem research [1-7].

The degradation of lake ecosystems is not limited to water chemistry. It also includes hydromorphological and biological changes: the loss of submerged macrophytes, dominance of cyanobacteria, reduced transparency, decline of sensitive aquatic species, shoreline erosion and the accumulation of pollutants in bottom sediments. In shallow lakes, these processes may become self-reinforcing because nutrients released from

sediments support algal growth, while algal turbidity reduces light availability for macrophytes. As a result, the lake may shift from a clear-water state to a turbid-water state, and restoration becomes more difficult [4,7,10,31,34].

The selected Scopus dataset demonstrates that the topic of lake ecosystem assessment is developing rapidly and is increasingly connected with remote sensing, machine learning, nutrient modelling and ecosystem restoration. Studies from China, North America and Europe dominate the dataset, but the scientific concepts are directly relevant for arid and semi-arid regions, where lake ecosystems face additional pressure from evaporation, salinization and unstable hydrological inflows. This is important for the ecological assessment of inland lake systems in Central Asia, including the Aydar-Arnasoy lake system, where shoreline dynamics, salinity, vegetation decline and water quality monitoring require integrated methodological approaches.

The aim of this review is to synthesize the main scientific directions of lake ecosystem research based on Scopus bibliometric data and to identify practical restoration and monitoring priorities for local environmental assessment. The specific objectives are: (i) to describe the bibliometric structure of publications by year, subject area and country; (ii) to interpret the VOSviewer keyword network; (iii) to review the main ecological mechanisms of lake degradation; and (iv) to propose an integrated monitoring and restoration framework for lake ecosystems.

2. MATERIALS AND METHODS.

The bibliometric dataset was obtained from the Scopus database using a search query focused on lake ecosystems and water quality. The search expression was: TITLE-ABS-KEY ("lake ecosystem" AND "water quality") AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2027. The results were limited to the Environmental Science subject area, article document type, English language and a set of exact keywords connected with lake ecosystems, environmental factors, remote sensing, environmental protection, environmental change, ecosystem restoration and environmental impact. After filtering, 647 documents were retained for analysis.

Table 1.

Search strategy and bibliometric dataset characteristics.

Parameter	Description
Database	Scopus
Search field	Title, abstract and keywords
Core search terms	«lake ecosystem» AND «water quality»
Publication period	2015-2026
Document type	Article
Language	English
Final dataset	647 documents
Main analysis tools	Scopus Analyze Results, VOSviewer, MapChart and descriptive synthesis

The analysis combined descriptive bibliometrics and qualitative review. Descriptive bibliometrics included the annual number of publications, distribution by subject area and country-level distribution of scientific output. The thematic structure

was interpreted using the VOSviewer keyword co-occurrence network. In this network, larger nodes represent more frequent terms, links indicate co-occurrence relations, and colors represent thematic clusters. The bibliometric analysis was not treated as a substitute for ecological interpretation; rather, it was used to identify dominant research directions and to structure the review around the most frequent scientific concepts.

The review of ecological mechanisms was based on the most relevant Scopus-indexed studies in the dataset. Priority was given to publications dealing with nutrient retention, phytoplankton dynamics, eutrophication, sediment-water exchange, remote sensing of chlorophyll-a and turbidity, water level management, restoration measures and climate-related pressures [1-6,14,18,21,24,36-38].

3. RESULTS AND DISCUSSION.

The annual distribution of publications confirms a sustained increase in scientific attention to lake ecosystem and water quality studies during 2015-2026. The dataset contains 46 documents in 2015 and reaches 99 documents in 2025. The number of publications is especially high after 2020, which can be linked to the expansion of satellite monitoring, machine learning methods, ecosystem-service modelling and the global concern about harmful algal blooms under climate change [5,14,21,22]. The lower value in 2026 reflects the incomplete publication year rather than a real decline in research activity.

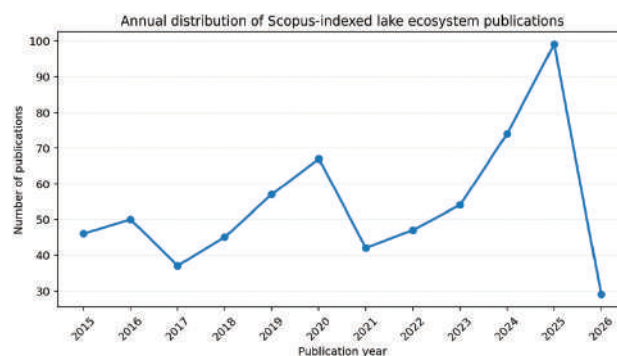


Figure 1. Annual distribution of Scopus-indexed publications on lake ecosystems and water quality (2015-2026).

Source: author calculation based on the exported Scopus dataset.

The subject-area distribution shows that Environmental Science is the leading discipline, accounting for 56.1% of the dataset. This is expected because lake ecosystem degradation is primarily evaluated through environmental indicators such as nutrients, pollutants, chlorophyll-a, sediment quality, aquatic organisms and ecological status. Agricultural and Biological Sciences account for 11.6%, reflecting the role of catchment land use, aquatic biodiversity, macrophytes and trophic interactions. Engineering accounts for 5.6%, which indicates the importance of modelling, water treatment, restoration infrastructure and monitoring technologies. Other fields, including Earth and Planetary Sciences, Social Sciences and Decision Sciences, demonstrate the interdisciplinary character of lake ecosystem research.

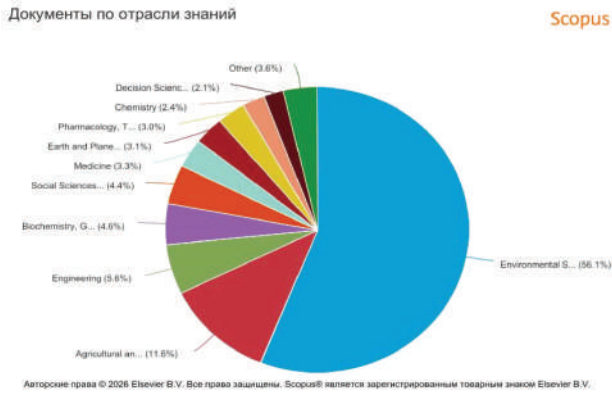


Figure 2. Subject-area structure of the Scopus dataset.

Source: Scopus Analyze Results.

The map-based country analysis indicates that China is the dominant contributor, with 334 documents. This reflects the high scientific attention to large shallow lakes such as Taihu, Dianchi and Poyang, where eutrophication, algal blooms, water level regulation and nutrient control are major research and management issues [2,4,17,19,33-35]. The United States is the second major contributor with 102 documents, followed by Canada with 56 documents. European countries such as the United Kingdom, Poland, Germany, the Netherlands, France and Italy are also represented among the leading contributors. Since Scopus country statistics are often based on author affiliations, the total country count may exceed the number of documents due to international co-authorship.

The VOSviewer keyword network reveals the conceptual structure of the lake ecosystem literature. The most central terms are “water quality”, “lake ecosystem”, “lakes”, “lake”, “eutrophication”, “phytoplankton”, “nutrients”, “nitrogen”, “phosphorus”, “environmental monitoring” and “climate

change”. The network shows that lake ecosystem studies are strongly organized around water quality and nutrient dynamics. This confirms that eutrophication remains one of the main scientific and practical challenges in lake management [1,3-5,12,15,35].

Two large thematic clusters can be interpreted from the network. The green cluster is associated with environmental monitoring, water pollution, water pollutants, chemical composition, procedures, sediment and lake water. This cluster represents the analytical and monitoring dimension of lake studies, including chemical assessment, pollution control and sediment-water interactions [31,39,43,44]. The red cluster is associated with lake ecosystem, water quality, eutrophication, phytoplankton, nutrients, nitrogen, phosphorus, algal bloom, chlorophyll-a and climate change. This cluster reflects the ecological process dimension, where nutrient enrichment and climate factors influence primary production, algal bloom risk and ecosystem state [3,5,7,12,24,40].

The reviewed literature identifies nutrient enrichment as the most frequent driver of water quality deterioration. Nitrogen and phosphorus inputs from agricultural runoff, urban wastewater, industrial discharge and internal sediment loading stimulate excessive phytoplankton growth. In many shallow lakes, phosphorus release from bottom sediments is intensified by wind-induced resuspension, oxygen deficit, water level fluctuations and changes in hydrodynamic conditions [31,34,39,43]. This process explains why restoration may not succeed immediately after external nutrient inputs are reduced: the lake can continue to receive nutrients from its own sediments.

Phytoplankton dynamics are another key indicator of lake condition. High nutrient concentration, warm temperature and stable water columns can promote harmful algal blooms. The literature shows that phytoplankton response depends not only

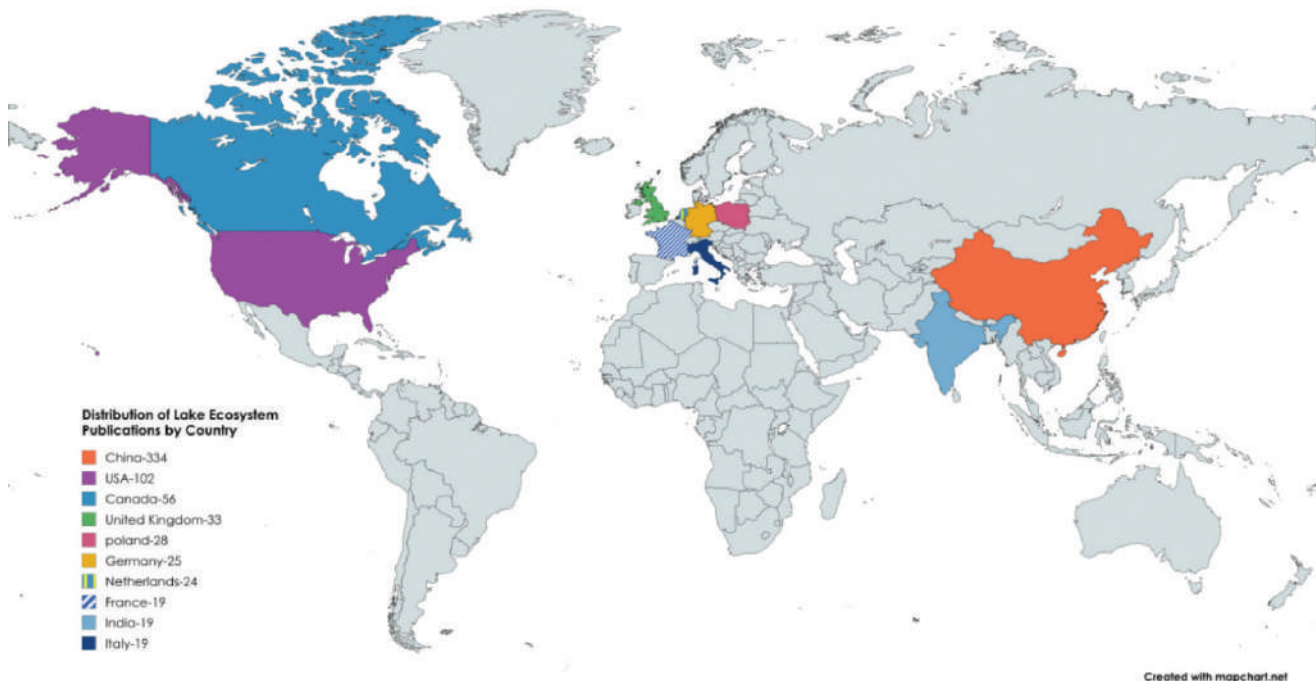


Figure 3. Distribution of lake ecosystem publications by country.

Source: author visualization based on Scopus Analyze Results using MapChart.



Figure 4. Keyword co-occurrence network of lake ecosystem research generated in VOSviewer.

Source: author analysis based on Scopus keywords.

on nutrient concentration but also on human activity intensity, micronutrients, temperature, hydrological connectivity and food-web structure [3,12,24,40,45]. In practical monitoring, chlorophyll-a, cyanobacterial biomass, transparency, total phosphorus, total nitrogen and dissolved oxygen are therefore important indicators for ecological assessment.

Water level alteration is also critical. Lake water level influences shoreline habitats, sediment exposure, resuspension intensity, connectivity with wetlands and dilution capacity. Studies show that water level management can shape ecological stability and water quality outcomes [17,29]. In arid and semi-arid regions, evaporation and reduced inflow may additionally increase salinity and concentrate pollutants. For this reason, lake restoration must be connected with catchment-scale water allocation and long-term hydrological monitoring.

Climate change interacts with nutrient enrichment and may intensify eutrophication. Warmer conditions can increase metabolic rates, extend stratification periods, support bloom-forming cyanobacteria and alter phytoplankton composition [3,5,6]. Climate-sensitive restoration planning must therefore consider the combined effect of nutrient reduction, water level regulation, temperature trends and biological feedbacks rather than treating each driver separately.

Remote sensing has become one of the fastest-growing approaches in lake ecosystem research. Satellite data allow

repeated monitoring of chlorophyll-a, turbidity, suspended matter, surface temperature, shoreline change and water extent. Landsat, Sentinel-2 MSI, Sentinel-3 OLCI and hyperspectral observations are commonly used to detect water quality dynamics across space and time [18,21,22,26-28,37,38]. The use of machine learning and neural networks has improved the estimation of chlorophyll-a and turbidity, although calibration with field measurements remains essential.

For local environmental assessment, remote sensing should not replace laboratory and field observations. Instead, it should support integrated monitoring. For example, satellite-derived chlorophyll-a or turbidity can identify hotspots, while field sampling can confirm nutrient concentrations, salinity, dissolved oxygen and biological indicators. This combined approach is especially useful for large or remote lake systems where regular field monitoring is expensive. In the case of inland lakes in arid zones, remote sensing can also help map exposed shorelines, vegetation degradation and seasonal changes in water surface area.

The literature suggests that lake restoration should be planned as a phased and adaptive process. The first priority is reduction of external nutrient loading from the catchment. Without control of phosphorus and nitrogen inputs, internal measures such as dredging, aeration or biological manipulation may produce only temporary results [2,15,33,35,36]. The second priority is control

of internal nutrient cycling, especially sediment phosphorus release. Measures may include sediment capping, dredging, oxygenation, hydrological regulation and macrophyte restoration, depending on lake type and economic feasibility [7,16,20,31,39].

Macrophyte restoration is particularly important in shallow lakes because aquatic plants stabilize sediments, compete with phytoplankton for nutrients, improve habitat complexity and support a clear-water state [7,25,42]. However, macrophyte recovery requires suitable light conditions, stable water levels and reduced turbidity. Therefore, vegetation restoration should be linked with nutrient management and sediment control.

For lake-margin ecosystems in arid and semi-arid regions, restoration should also include shoreline and riparian-zone measures. These may involve native vegetation establishment, erosion control, protection from uncontrolled grazing, improvement of soil moisture conditions and prevention of saline dust formation on exposed lake beds. Although the Scopus dataset is dominated by water quality and eutrophication studies, its findings can be extended to shoreline ecosystem management because nutrient, sediment, vegetation and hydrological processes are interconnected.

The results of the review are relevant for local OAK-indexed journals because they provide a scientifically grounded framework that can be adapted to national and regional lake systems. For Uzbekistan and Central Asian inland waters, lake ecosystem assessment should combine three levels of analysis: (i) water quality and hydrochemical monitoring; (ii) remote sensing-based spatial monitoring; and (iii) field-based ecological observations of vegetation, shoreline change and anthropogenic pressure. Such integration is important for lake systems affected by salinization, fluctuating inflows, evaporation and land-use pressure.

In practical terms, the methodology can be applied to the Aydar-Arnasoy lake system by combining satellite-based water surface mapping, NDVI analysis of shoreline vegetation, field sampling of water and soil salinity, and assessment of ecological restoration measures in degraded coastal zones. The Scopus

evidence shows that water quality indicators should be interpreted together with nutrient dynamics, phytoplankton response, sediment processes and hydrological regime. This is essential because a lake may appear stable in terms of surface area while its ecological condition is deteriorating due to salinity, nutrient accumulation or biological imbalance.

4. CONCLUSION.

This review analyzed 647 Scopus-indexed articles on lake ecosystems and water quality published during 2015-2026. The bibliometric results show that lake ecosystem research is dominated by Environmental Science and is strongly focused on water quality, eutrophication, nutrient dynamics, phytoplankton, environmental monitoring and remote sensing. The annual trend indicates increased scientific attention after 2020, while the country distribution demonstrates the leading role of China, the United States and Canada. The VOSviewer keyword network revealed two main thematic clusters: monitoring-pollution-sediment and ecosystem-eutrophication-nutrient-phytoplankton.

The literature confirms that lake ecosystem degradation is a multi-factor process driven by nutrient enrichment, internal sediment loading, water level alteration, climate change, anthropogenic pressure and biological feedbacks. Effective restoration requires integrated management rather than single technical measures. Nutrient-load reduction, sediment control, macrophyte restoration, shoreline protection, remote sensing-based monitoring and long-term field observations should be combined in one adaptive framework.

For local environmental assessment, the main scientific implication is that lake ecosystem monitoring should move from isolated water quality measurements to integrated ecosystem diagnosis. This means that chemical, biological, hydrological, geomorphological and remote sensing indicators must be interpreted together. Such an approach can support evidence-based restoration planning for inland lake ecosystems, including arid and semi-arid lake systems where salinization, vegetation loss and shoreline degradation are major ecological risks.

REFERENCES

1. van Wijk, Dianneke, Janse, Jan H., Wang, Mengru, Kroeze, Carolien, Mooij, Wolf M., Janssen, Annette B.G. (2024). How nutrient retention and TN:TP ratios depend on ecosystem state in thousands of Chinese lakes. *Science of the Total Environment*, 918. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170690>
2. Zhao, Jian, Fu, Guo (2019). Assessment of lake eutrophication recovery: the filtering trajectory method (FTM) and its application to Dianchi Lake, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(6). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7492-2>
3. Dory, Flavia, Nava, Veronica, Spreafico, Morena, Orlandi, Valentina, Soler, Valentina, Leoni, Barbara (2024). Interaction between temperature and nutrients: How does the phytoplankton community cope with climate change?. *Science of the Total Environment*, 906. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167566>
4. Janssen, Annette B.G., de Jager, Victor C.L., Janse, Jan H., Kong, Xiangzhen, Liu, Sien, Ye, Qinghua, Mooij, Wolf M. (2017). Spatial identification of critical nutrient loads of large shallow lakes: Implications for Lake Taihu (China). *Water Research*, 119, 276 - 287. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.045>
5. Tigli, Maddalena, Bak, Mirjam P., Janse, Jan H., Stokral, Maryna, Janssen, Annette B.G. (2025). The future of algal blooms in lakes globally is in our hands. *Water Research*, 268. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122533>
6. Zhan, Qing, de Senerpont Domis, Lisette N., Lüring, Miquel, Marcé, Rafael, Heuts, Tom S., Teurlincx, Sven (2023). Process-based modeling for ecosystem service provisioning: Non-linear responses to restoration efforts in a quarry lake under climate change. *Journal of Environmental Management*, 348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119163>
7. Yu, Jiawen, Wan, Wenjie, Zhang, Weihong, Xiong, Xiang, Yang, Yuyi (2026). Aquatic macrophytes alleviate algal blooms by synchronously mitigating sediment and nutrient resuspension. *Environmental Research*, 296. <https://doi.org/10.1016/j.ers.2026.117000>

envres.2026.123999

8. Yang, Likun, Zhao, Xinhua, Peng, Sen, Zhou, Guangyu (2015). Integration of Bayesian analysis for eutrophication prediction and assessment in a landscape lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(1). <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4169-8>

9. Gao, Hongbin, Li, Changyou, Sun, Biao (2018). The impact of changed river discharge on water quality deterioration in a prairie lake revealed by the sedimentary evidence. *Water Science and Technology: Water Supply*, 18(1), 299 - 305. <https://doi.org/10.2166/ws.2017.120>

10. van Wijk, Dianneke, Chang, Manqi, Teurlincx, Sven, Mooij, Wolf M. (2026). A versatile model of nutrient retention in relation to ecosystem state in shallow lakes: GPLake-R. *Water Research*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.124614>

11. Gillefalk, Mikael, Mooij, Wolf M., Teurlincx, Sven, Janssen, Annette B.G., Janse, Jan H., Chang, Manqi, Köhler, Jan, Hilt, Sabine (2019). Modelling induced bank filtration effects on freshwater ecosystems to ensure sustainable drinking water production. *Water Research*, 157, 19 - 29. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.03.048>

12. Zhang, Xiaokai, Li, Boling, Xu, Hai, Wells, Mona, Tefsen, Boris, Qin, Boqiang (2019). Effect of micronutrients on algae in different regions of Taihu, a large, spatially diverse, hypereutrophic lake. *Water Research*, 151, 500 - 514. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.023>

13. Dondajewska, Renata, Kozak, Anna, Rosińska, Joanna, Gołdyn, Ryszard (2019). Water quality and phytoplankton structure changes under the influence of effective microorganisms (EM) and barley straw – Lake restoration case study. *Science of the Total Environment*, 660, 1355 - 1366. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.071>

14. Lu, Huayu, Mokarram, Marzieh (2026). Global analysis of mineral aerosol and industrial effects on lake water quality using spectral indices and machine learning. *Water Research*, 290. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.125055>

15. Sun, Yanxin, Jiang, Qingsong, Zou, Rui, Ma, Wenjing, Hu, Mengchen, Chen, Yihui, Liu, Yong (2024). Exploring nonlinear responses of lake nutrients and algal blooms to restoration measures: A three-dimensional flux network modelling approach. *Journal of Hydrology*, 631. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130723>

16. Rosińska, Joanna, Kozak, Anna, Dondajewska, Renata, Gołdyn, Ryszard (2017). Cyanobacteria blooms before and during the restoration process of a shallow urban lake. *Journal of Environmental Management*, 198, 340 - 347. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.091>

17. Huang, Yuqi, Li, Yu, Guo, Ying, Yao, Bo, Wang, Shengrui, Ni, Shou-Qing (2024). Leveraging Bayesian network to reveal the importance of water level in a shallow lake ecosystem: A study based on Paleo-diatom and fish community. *Science of the Total Environment*, 930. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172341>

18. Song, Wei, A, Yinglan, Wang, Yuntao, Fang, Qingqing, Tang, Rong (2024). Study on remote sensing inversion and temporal-spatial variation of Hulun lake water quality based on machine learning. *Journal of Contaminant Hydrology*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2023.104282>

19. Zhang, Xiaoyu, Zhang, Shuhui, Fang, Le, Zhang, Cheng, Li, Xia (2024). The impacts of socioeconomic development and climate change on long-term nutrient dynamics: A case study in Poyang Lake. *Science of the Total Environment*, 957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177843>

20. Jing, Liandong, Bai, Song, Li, Yihua, Peng, Yue, Wu, Chenxi, Liu, Jiantong, Liu, Guoxiang, Xie, Zhicai, Yu, Gongliang (2019). Dredging project caused short-term positive effects on lake ecosystem health: A five-year follow-up study at the integrated lake ecosystem level. *Science of the Total Environment*, 686, 753 - 763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.133>

21. Papenfus, Michael, Schaeffer, Blake, Pollard, Amina I., Loftin, Keith (2020). Exploring the potential value of satellite remote sensing to monitor chlorophyll-a for US lakes and reservoirs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(12). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08631-5>

22. He, HaiHong, Li, Xue, Wang, Dewei, Qiao, Wenli, Sun, Yiming, Han, Yu, Zhang, Feixiang, Zhao, Xiyu (2025). A novel quad-modality deep neural network for estimating chlorophyll-a concentrations in Lianyungang's lakes and reservoirs using Sentinel-2 MSI data. *Water Research*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.124246>

23. Hubig, Alexander, Musolff, Andreas, Shatwell, Tom, Weitere, Markus, Wachholz, Alexander, Ebeling, Pia, Scharfenberger, Ulrike (2025). Linking spatial patterns of chlorophyll a and phosphorus concentrations: River length and upstream lakes control realized eutrophication in German rivers. *Water Research*, 287. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.124372>

24. Hu, Caiqin, Xie, Changxin, Yang, Wanling, Liu, Qianfu, Gao, Yuan, Zeng, Yanyi, Li, Haiyan, Sun, Jinhui, Wang, Chao (2024). Function rather than structure of phytoplankton community reveals changes of water quality in an ecological restored lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3). <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12398-4>

25. Chao, Chuanxin, Lv, Tian, Wang, Ligong, Li, Yang, Han, Chen, Yu, Weicheng, Yan, Zhiwei, Ma, Xiaowen, Zhao, Haocun, Zuo, Zhenjun, Zhang, Chang, Tao, Min, Yu, Dan, Liu, Chunhua (2022). The spatiotemporal characteristics of water quality and phytoplankton community in a shallow eutrophic lake: Implications for submerged vegetation restoration. *Science of the Total Environment*, 821. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153460>

26. Maire, Loé, Gege, Peter, Damm, Alexander, Odermatt, Daniel (2025). Differentiating phytoplankton taxa in lakes using hyperspectral in situ reflectance and imaging microscopy. *Science of the Total Environment*, 1003. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180718>

27. Doña, Carolina, Chang, Ni-Bin, Caselles, Vicente, Sánchez, Juan M., Camacho, Antonio, Delegido, Jesús, Vannah, Benjamin

- W. (2015). Integrated satellite data fusion and mining for monitoring lake water quality status of the Albufera de Valencia in Spain. *Journal of Environmental Management*, 151, 416 - 426. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.003>
28. Hu, Hua, Fu, Xueliang, Li, Honghui, Wang, Fang, Duan, Weijun, Zhang, Liqian, Liu, Min (2023). Prediction of lake chlorophyll concentration using the BP neural network and Sentinel-2 images based on time features. *Water Science and Technology*, 87(3), 539 - 554. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.019>
29. Han, Quan, Zhou, Ling, Sun, Wenchao, Wang, Guoqiang, Shrestha, Sangam, Xue, Baolin, Li, Zhanjie (2022). Assessing alterations of water level due to environmental water allocation at multiple temporal scales and its impact on water quality in Baiyangdian Lake, China. *Environmental Research*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113366>
30. Shi, Xiaoyan, Luo, Xin, Jiao, Jiu Jimmy, Zuo, Jinchao (2022). Dominance of evaporation on lacustrine groundwater discharge to regulate lake nutrient state and algal blooms. *Water Research*, 219. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118620>
31. Wang, Youke, Ji, Zehua, Li, Xiuqing, Long, Ziwei, Pei, Yuansheng (2022). Comprehensive analysis of the migration and transformation of nutrients between sediment and overlying water in complex habitat systems. *Science of the Total Environment*, 852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158433>
32. Tao, Yu, Dan, Dai, Kun, Lei, Chengda, He, Haibing, Cong, Guo, Fu, Qiujin, Xu, Fuhong, Sun, Fengchang, Wu (2018). $\Delta^{15}\text{N}$ and nutrient stoichiometry of water, aquatic organisms and environmental implications in Taihu lake, China. *Environmental Pollution*, 237, 166 - 173. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.048>
33. Liu, Yong, Jiang, Qingsong, Sun, Yanxin, Jian, Yiwei, Zhou, Feng (2021). Decline in nitrogen concentrations of eutrophic Lake Dianchi associated with policy interventions during 2002–2018. *Environmental Pollution*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117826>
34. Huang, Lei, Fang, Hongwei, He, Guojian, Jiang, Helong, Wang, Changhui (2016). Effects of internal loading on phosphorus distribution in the Taihu Lake driven by wind waves and lake currents. *Environmental Pollution*, 219, 760 - 773. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.049>
35. Xu, H., Paerl, H.W., Qin, B., Zhu, G., Hall, N.S., Wu, Y. (2015). Determining critical nutrient thresholds needed to control harmful cyanobacterial blooms in eutrophic Lake Taihu, China. *Environmental Science and Technology*, 49(2), 1051 - 1059. <https://doi.org/10.1021/es503744q>
36. Abell, Jonathan M., Özkundakci, Deniz, Hamilton, David P., Reeves, Paula (2022). Restoring shallow lakes impaired by eutrophication: Approaches, outcomes, and challenges. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(7), 1199 - 1246. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1854564>
37. Li, Jian, Li, Yang, Song, Kaishan, Liu, Ge, Shao, Shidi, Han, Bingqian, Zhou, Yujin, Lyu, Heng (2025). Satellite remote sensing of turbidity in Lake Xingkai using eight years of OLCI observations. *Journal of Environmental Management*, 377. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124636>
38. Schaeffer, Blake, Salls, Wilson, Coffey, Megan, Lebreton, Carole, Werther, Mortimer, Stelzer, Kerstin, Urquhart, Erin, Gurlin, Daniela (2022). Merging of the Case 2 Regional Coast Colour and Maximum-Peak Height chlorophyll-a algorithms: validation and demonstration of satellite-derived retrievals across US lakes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(3). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09684-w>
39. Kowalczevska-Madura, Katarzyna, Dondajewska, Renata, Gołdyn, Ryszard, Kozak, Anna, Messyasz, Beata (2018). Internal Phosphorus Loading from the Bottom Sediments of a Dimictic Lake During Its Sustainable Restoration. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3937-4>
40. Liu, Xia, Feng, Jianfeng, Wang, Yuqiu (2019). Chlorophyll a predictability and relative importance of factors governing lake phytoplankton at different timescales. *Science of the Total Environment*, 648, 472 - 480. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.146>
41. Dai, Xiaoyan, Zhou, Yuanqing, Ma, Weichun, Zhou, Liguang (2017). Influence of spatial variation in land-use patterns and topography on water quality of the rivers inflowing to Fuxian Lake, a large deep lake in the plateau of southwestern China. *Ecological Engineering*, 99, 417 - 428. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.011>
42. Vanacker, Marie, Wezel, Alexander, Arthaud, Florent, Guérin, Mathieu, Robin, Joël (2016). Determination of tipping points for aquatic plants and water quality parameters in fish pond systems: A multi-year approach. *Ecological Indicators*, 64, 39 - 48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.033>
43. Tammeorg, Olga, Möls, Tõnu, Niemistö, Juha, Holmroos, Heidi, Horppila, Jukka (2017). The actual role of oxygen deficit in the linkage of the water quality and benthic phosphorus release: Potential implications for lake restoration. *Science of the Total Environment*, 599-600, 732 - 738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.244>
44. Lintern, Anna, Leahy, Paul J., Heijnis, Henk, Zawadzki, Atun, Gadd, Patricia, Jacobsen, Geraldine, Deletic, Ana, McCarthy, David T. (2016). Identifying heavy metal levels in historical flood water deposits using sediment cores. *Water Research*, 105, 34 - 46. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.08.041>
45. Zhao, C.S., Shao, N.F., Yang, S.T., Ren, H., Ge, Y.R., Zhang, Z.S., Feng, P., Liu, W.L. (2019). Quantitative assessment of the effects of human activities on phytoplankton communities in lakes and reservoirs. *Science of the Total Environment*, 665, 213 - 225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.117>

IQLIMIY OMILLAR TA'SIRIDA QO'QON VOHASI EKOTIZIMLARINING TRANSFORMATSIYASI VA EKOLOGIK HOLATI TAHLILI

Meliboyeva Feruzaxon Solijonovna,

Qo'qon davlat universiteti Geografiya va iqtisodiyot kafedrasida katta o'qituvchisi,
geografiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD).

Annotatsiya. Ushbu maqolada Markaziy Osiyoning iqlimiy o'zgarishlarga eng zaif hududlaridan biri hisoblangan Qo'qon vohasining 1930 – 2022-yillar oralig'idagi meteorologik ko'rsatkichlari va vegetatsiya qoplamini dinamikasi tahlil qilingan. Tadqiqotning maqsadi uzoq yillik iqlimiy trendlarning voha ekotizimlariga ta'sirini miqdoriy va sifat jihatidan baholashdan iborat. Ishda statistik tahlil, chiziqli regressiya modellari hamda Landsat 7/8 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida masofadan zondlash (RS) usullaridan foydalanildi. Olingan natijalarga ko'ra, o'rganilayotgan davr mobaynida o'rtacha yillik havo harorati barqaror ravishda yiliga 0.0330C ga ko'tarilib, umumiy isish koeffitsiyenti 3.030C ni tashkil etgan. Ayniqsa, qish va kuz fasllarida isish sur'atining yuqoriligi ($a=0.0418$ va $a=0.0395$) aniqlandi. NDVI (Normallashtirilgan nisbiy vegetatsiya indeksi) xaritalari tahlili shuni ko'rsatdiki, harorat ko'tarilishi va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashishi voha markazida "issiqlik oroli" effektini hosil qilib, tabiiy o'simliklar qoplamini va qishloq xo'jaligi yerlariga antropogen bosimni oshirmoqda. Tadqiqot yakunida iqlim o'zgarishi sharoitida hududning ekologik barqarorligini saqlash, suv resurslaridan oqilona foydalanish va "yashil iqtisodiyot" tamoyillarini joriy etish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: iqlim o'zgarishi, Qo'qon vohasi, havo harorati trendi, atmosfera yog'inlari, NDVI indeksi, masofadan zondlash, urbanizatsiya, ekologik barqarorlik, Landsat sun'iy yo'ldosh tasvirlari, antropogen bosim.

Abstract. This article analyzes the dynamics of meteorological indicators and vegetation cover of the Kokand oasis, one of the most vulnerable regions of Central Asia to climate change, covering the period from 1930 to 2022. The study aims to quantitatively and qualitatively assess the impact of long-term climatic trends on the oasis ecosystems. The research utilizes statistical analysis, linear regression models, and remote sensing (RS) techniques based on Landsat 7/8 satellite data. According to the results, the average annual air temperature during the study period increased steadily by 0.033°C per year, with a total warming coefficient of 3.03°C. It was found that the highest warming rates occur during the winter and autumn seasons ($a=0.0418$ and $a=0.0395$, respectively). Analysis of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) maps revealed that rising temperatures and accelerating urbanization processes create a "heat island" effect in the center of the oasis, increasing anthropogenic pressure on natural vegetation and agricultural land. The study concludes with science-based recommendations for maintaining the ecological stability of the region, ensuring the rational use of water resources, and implementing "green economy" principles in the context of climate change.

Keywords: Climate change, Kokand oasis, air temperature trend, atmospheric precipitation, NDVI index, remote sensing, urbanization, ecological stability, Landsat satellite imagery, anthropogenic pressure

Аннотация. В данной статье анализируется динамика метеорологических показателей и растительного покрова Кокандского оазиса, являющегося одним из наиболее уязвимых регионов Центральной Азии к климатическим изменениям, за период 1930 – 2022 гг. Целью исследования является количественная и качественная оценка влияния долгосрочных климатических трендов на экосистемы оазиса. В работе использовались методы статистического анализа, модели линейной регрессии, а также методы дистанционного зондирования (RS) на основе спутниковых данных Landsat 7/8. Согласно полученным результатам, за исследуемый период среднегодовая температура воздуха стабильно повышалась на 0,033°C в год, а общий коэффициент потепления составил 3,03°C. Установлено, что наиболее высокие темпы потепления характерны для зимнего и осеннего периодов ($a=0,0418$ и $a=0,0395$ соответственно). Анализ карт NDVI (Нормализованный относительный индекс растительности) показал, что повышение температуры и ускорение процессов урбанизации создают эффект «острова тепла» в центре оазиса, что усиливает антропогенное давление на естественный растительный покров и сельскохозяйственные угодья. В завершение исследования разработаны научно обоснованные рекомендации по сохранению экологической устойчивости региона, рациональному использованию водных ресурсов и внедрению принципов «зеленой экономики» в условиях изменения климата.

Ключевые слова: Изменение климата, Кокандский оазис, тренд температуры воздуха, атмосферные осадки, индекс NDVI, дистанционное зондирование, урбанизация, экологическая устойчивость, спутниковые снимки Landsat, антропогенное давление.

1. KIRISH.

Insoniyatning xo'jalik faoliyati ta'sirida yuzaga kelayotgan global iqlim o'zgarishlari bugungi kunda dunyo hamjamiyati oldida turgan eng murakkab muammolardan biriga aylandi [17,23]. Atmosferada parnik gazlarining ortishi natijasida kuzatilayotgan global isish nafaqat qutb muzliklarining erishi,

balki mintaqaviy miqyosda ob-havo rejimini keskin o'zgarishi, ekstremal meteorologik hodisalarning takrorlanishi va tabiiy ekotizimlarning degradatsiyasiga sabab bo'lmoqda [15,20]. Markaziy Osiyo mintaqasi o'zining geografik joylashuvi va tabiiy-iqlimiy sharoitlariga ko'ra, bunday o'zgarishlarga nisbatan eng zaif hududlardan biri hisoblanadi [1,5,21].

Markaziy Osiyo mintaqasida iqlim o'zgarishining o'simliklar qoplamiga ta'sirini o'rganish bo'yicha olib borilgan fundamental tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 1998-yildan keyin havo haroratining ko'tarilishi va yog'in miqdorining o'zgarishi natijasida tabiiy vegetatsiya ko'rsatkichlarida (NDVI) pasayish trendi kuzatila boshlagan [1,9]. Bu esa voha landshaftlarining iqlimiy transformatsiyasini uzoq yillik meteorologik ma'lumotlar asosida tahlil qilishni taqozo etadi [13,15].

Iqlim o'zgarishlarining tabiiy va madaniy o'simliklar qoplamiga ta'sirini baholashda masofadan zondlash usullari va geoaxborot tizimlari (GIS) texnologiyalari alohida ahamiyat kasb etmoqda [7,16]. Sun'iy yo'ldoshlardan olinadigan ma'lumotlar asosida hisoblanadigan NDVI (Normalashgan differensial vegetatsiya indeksi) ko'rsatkichi o'simliklar zichligi va salomatligini masofadan turib monitoring qilishda eng ishonchli indikator hisoblanadi [7,8]. Xususan, so'ngi tadqiqotlarda Google Earth Engine (GEE) kabi bulutli platformalar yordamida olingan uzoq muddatli ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, cho'l mintaqalaridagi voha ekotizimlarida o'simlik qoplami (FVC) dinamikasi nafaqat iqlimiy drayverlar, balki intensiv antropogen omillar ta'sirida ham shakllanmoqda [2,3]. X. Li va uning hammualiflari tomonidan olib borilgan tahlillar voha hududlarida inson omili iqlimiy salbiy o'zgarishlarni ma'lum darajada kompensatsiya qilishi va hududiy barqarorlikni ta'minlovchi asosiy kuch ekanligini isbotlagan [2,4,6]. O'zbekiston sharoitida iqlim isishining salbiy oqibatlarini suv resurslarining kamayishi, cho'llanish jarayonlarining jadallashishi va qishloq xo'jaligi ekinlari vegetatsiya davrining o'zgarishida yaqqol namoyon bo'lmoqda [10,11,14]. Farg'ona vodiysining muhim iqtisodiy va demografik markazlaridan biri bo'lgan Qo'qon vohasi uzoq yillik dehqonchilik tarixiga ega bo'lib, bu yerda yer va suv resurslaridan intensiv foydalaniladi [22]. Hududning iqlimiy ko'rsatkichlari, xususan, havo harorati va yog'in miqdorining deyarli bir asrlik (1930 – 2022-yy.) dinamikasini tahlil qilish, mintaqadagi iqlimiy tendensiyalarni tushunish va kelajakdagi o'zgarishlarni prognoz qilish imkonini beradi. Ushbu tadqiqotning dolzarbligi Qo'qon vohasidagi uzoq muddatli meteorologik o'zgarishlarni zamonaviy NDVI xaritalari bilan integratsiya qilgan holda kompleks tahlil etish zarurati bilan belgilanadi. Tadqiqotning maqsadi — 1930-yildan hozirgi davrgacha bo'lgan vaqt oralig'ida hudud iqlimidagi asosiy trendlarni aniqlash va iqlimiy omillarning o'simlik qoplami dinamikasidagi rolini baholashdan iborat.

2. MATERIALLAR VA USULBLAR.

Ushbu tadqiqotda Qo'qon vohasining iqlimiy o'zgarishlarini tahlil qilish uchun o'zaro bog'liq bo'lgan ikki xil ma'lumotlar majmuasidan foydalanildi: meteorologik kuzatuv natijalari va sun'iy yo'ldosh orqali olingan masofadan zondlash ma'lumotlari.

1. Meteorologik ma'lumotlar tahlili. Tadqiqotning iqlimiy qismi uchun Qo'qon meteorologik stansiyasining 1930 – 2022-yillarni o'z ichiga olgan uzoq yillik ma'lumotlari asos qilib olindi. Ma'lumotlarga matematik-statistik ishlov berishda chiziqli regressiya usuli qo'llanildi. Trendning barqarorligini aniqlash uchun quyidagi tenglamadan foydalanildi:

$$y=ax+b$$

Bunda a koeffitsiyenti o'rganilayotgan ko'rsatkichning vaqt birligi ichidagi o'zgarish sur'atini, determinatsiya koeffitsiyenti

(R^2) esa olingan trendning statistik ishonchligini ifodalaydi.

2. Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va tahlil usullari. Hududning o'simlik qoplami dinamikasini o'rganish maqsadida Landsat 7 (ETM+) va Landsat 8 (OLI) sun'iy yo'ldoshlaridan olingan ko'p spektrli tasvirlardan foydalanildi. O'simlik qoplami o'zgarishlarini tahlil qilishda X. Li va boshqalar [2] tomonidan qo'llanilgan metodik yondashuvga asoslanib, voha landshaftlarining fazoviy-vaqtinchalik dinamikasi NDVI (Normalashgan differensial vegetatsiya indeksi) orqali baholandi. NDVI ko'rsatkichi quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Bunda NIR — spektrning yaqin infraqizil diapazoni, RED — qizil diapazoni. Tasvirlarga raqamli ishlov berish ArcGIS dasturiy ta'minoti muhitida amalga oshirildi. Tahlil jarayonida vegetatsiya davrining faol o'sish davri hisoblangan may oyidagi bulutsiz Landsat tasvirlari tanlab olindi. Bu voha ekotizimlarining maksimal yashillik darajasini aniq baholash imkonini berdi.

Shuningdek, vegetatsiya o'zgarishlarining barqarorligini aniqlashda o'zgarishlar trendi tahlil qilindi, bu esa uzoq muddatli iqlimiy tebranishlar fonida o'simliklar qoplami qayta tiklanish xususiyatlarini baholash imkonini berdi [2,8].

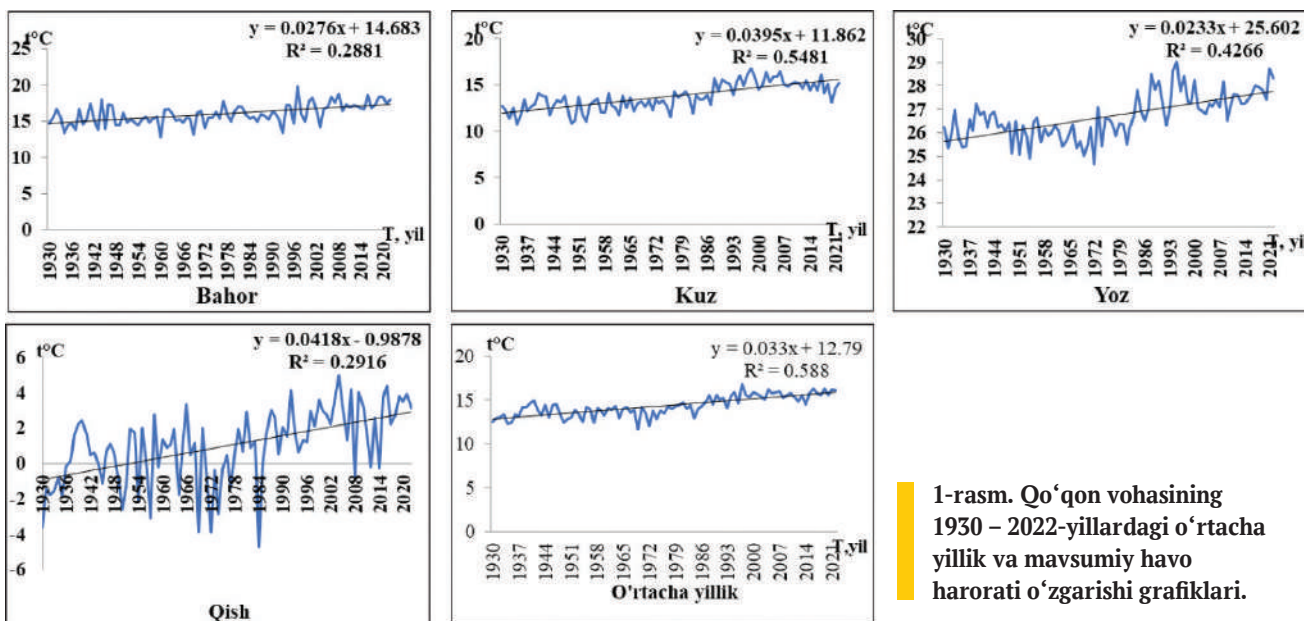
3. Tadqiqot obyekti va hududiy qamrovi. Tadqiqot obyekti sifatida Qo'qon vohasining sug'oriladigan dehqonchilik maydonlari, aholi punktlari va ularga tutash bo'lgan tabiiy landshaftlar olindi. Masofadan zondlash ma'lumotlari yordamida olingan natijalar iqlimiy grafiklar bilan qiyosiy tahlil qilindi. Bu esa iqlim isishining bevosita vegetatsiya qoplamiga ta'sirini hududiy kesimda ko'rish imkonini berdi [13,22].

3. NATIJALAR VA MUNOZARA

Havo harorati ko'rsatkichlarining ko'p yillik miqdoriy dinamikasi va termal o'zgarishlar. Qo'qon meteorologik stansiyasining deyarli bir asrlik (1930 – 2022-yillar) ma'lumotlari tahlili shuni ko'rsatadiki, hududda iqlim isishining sur'atlari kutilganidan ancha yuqori [15,20]. O'rtacha yillik harorat trendi $y = 0.033x + 12.79$ chiziqli regressiya tenglamasi bilan ifodalanib, 92 yil davomida harorat o'rtacha $3.03^{\circ}C$ ga ko'tarilgan. Biz aniqlagan ushbu ko'rsatkich V.E. Chub [15] tomonidan O'zbekistonning arid mintaqalari uchun keltirilgan iqlimiy tendensiyalarga to'la mos keladi va lokal miqyosda isish jadallashayotganini ko'rsatadi.

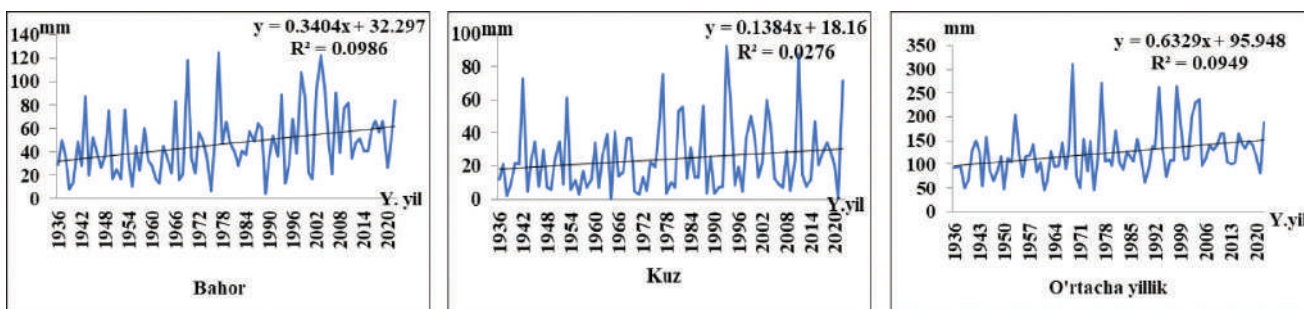
Ushbu ko'rsatkich mintaqada har o'n yillikda harorat o'rtacha $0.33^{\circ}C$ ga o'sayotganini tasdiqlaydi, bu esa global isishning o'rtacha sur'atlaridan deyarli ikki barobar ko'pdir [17,21].

Tadqiqot obyekti sifatida olingan Qo'qon vohasida qishki haroratning $3.84^{\circ}C$ ga (trend koeffitsiyenti $a = 0.0418$) va kuzgi haroratning $3.63^{\circ}C$ ga ($a = 0.0395$) keskin ko'tarilishi voha ekotizimlarining fenologik davrlariga bevosita ta'sir ko'rsatmoqda. Xususan, qish faslining yumshashi va vegetatsiya davrining muddatidan oldin boshlanishi o'simliklarning sovuqqa chidamliligini kamaytirib, ularning fiziologik zaifligini oshiradi [1,5]. X. Li va boshqalar [2] tomonidan Alar vohasida o'tkazilgan tadqiqotlarda ham arid mintaqalardagi harorat ko'tarilishi bug'lanishni keskin oshirib, o'simlik qoplami issiqlik stresiga moyilligini kuchaytirishi, bu esa o'z navbatida tuproq namligining jadal kamayishiga olib kelishi ta'kidlangan.



1-rasm. Qo'qon vohasining 1930 – 2022-yillardagi o'rtacha yillik va mavsumiy havo harorati o'zgarishi grafiklari.

2. Atmosfera yog'inlari dinamikasi va gidrologik balansning buzilishi. 1936-yildan buyon yillik yog'in miqdori o'rtacha 58.2 mm ga ($a = 0.6329$) ko'paygan bo'lsa-da, bu o'sish juda beqaror xarakterga ega ($R^2 = 0.0949$).



2-rasm. Qo'qon vohasining 1936 – 2022-yillardagi yillik va mavsumiy atmosfera yog'inlari miqdori dinamikasi.

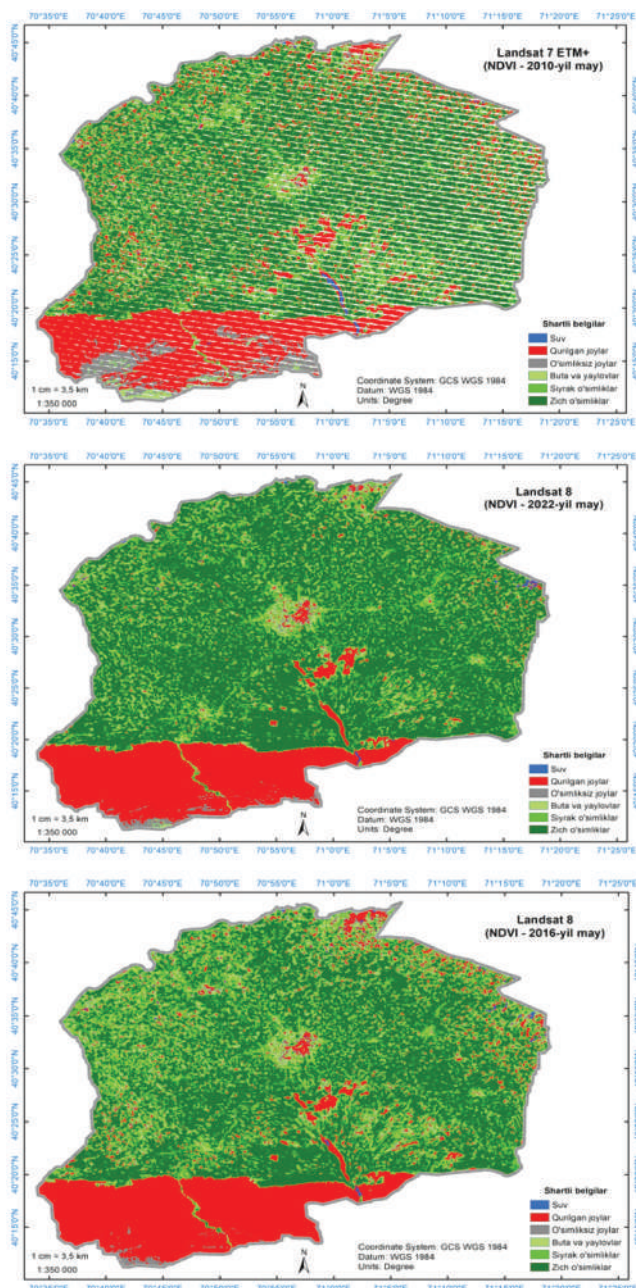
Shuni alohida ta'kidlash joizki, yog'in miqdorining biroz ortishi haroratning 3°C dan ko'proqqa o'sishi natijasida yuzaga kelgan potensial evapotranspiratsiya (bug'lanish) darajasini mutlaqo qoplay olmaydi [11,21].

Solishtirma tahlil: Bunday mantiqiy nomutanosiblik arid hududlarda gidrologik qurg'oqchilik xavfini yanada kuchaytiradi. Alar vohasidagi tajriba shuni ko'rsatadiki, bunday hududlarda vegetatsiya qoplamining barqarorligi ko'p jihatdan tabiiy meteorologik yog'inlarga emas, balki sun'iy sug'orish va suv resurslarini samarali boshqarish strategiyalariga bog'liqdir [2,3,6]. Bizning natijalarimiz Qo'qon vohasida namlik tanqisligiga qaramay NDVI ko'rsatkichlarining ijobiy saqlanib qolishi faqatgina mintaqadagi intensiv irrigatsiya tizimi va inson omili hisobiga ekanligini ilmiy jihatdan tasdiqlaydi [13,22]. Bu esa, o'z navbatida, voha ekotizimining tabiiy namlikka bo'lgan bog'liqligi kamayib, texnogen omillarga to'liq qaram bo'lib qolganini anglatadi.

3. NDVI ko'rsatkichlari: Iqlim isishi sharoitida o'simlik qoplamining barqarorligi Landsat (2010 – 2022-yy.) tasvirlari asosida olingan fazoviy tahlillar voha ekotizimlarining iqlimiy isish sharoitidagi barqarorlik darajasini baholash imkonini beradi [7,18,19].

Ekologik chidamlilik tahlili: Alar vohasida o'tkazilgan 30 yillik tadqiqotlarda o'simlik qoplamining (FVC) barqaror o'sish trendi ($R^2 = 0.867$) kuzatilgan bo'lib, o'sish sur'ati har o'n yillikda 8.2% ni tashkil etgan [2]. Qo'qon vohasida ham sug'oriladigan dehqonchilik maydonlarida NDVI ko'rsatkichlari (0.6–0.8) yuqori darajada saqlanib qolayotgani aniqlandi [13]. Bu shuni anglatadiki, inson tomonidan yaratilgan "voha effekti" atrofdagi cho'l va adirlardan kelayotgan issiq havo oqimlarini va iqlimiy bosimni muvaffaqiyatli yumshatib, o'simliklar uchun qulay mikroiklim yaratmoqda [9,23].

Hurst koeffitsiyenti va istiqbolli bashorat: Alar vohasi hududining katta qismida (81.7%) o'simlik qoplamining o'sish trendi kelajakda ham davom etishi (musbat persistensiya) aniqlangan [2,8]. Bizning Qo'qon vohasi uchun olgan NDVI tahlillarimiz ham ushbu persistensiya qonuniyatiga mos keladi. Hurst koeffitsiyentining $H > 0.5$ qiymati Qo'qon vohasida vegetatsiya barqarorligi tasodifiy emas, balki tizimli xarakterga ega ekanligini va bu ijobiy trend kelajakda ham saqlanishini bashorat qiladi. Bu esa, agarda sug'orish rejimi va agrotexnik tadbirlar barqaror davom ettirilsa, hududdagi yashil maydonlarning uzoq muddatli barqarorligini ta'minlash mumkinligini ko'rsatadi [4,6].



3-rasm. Landsat sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida tuzilgan Qo'qon vohasining NDVI xaritalari (2010 va 2022-yillar qiyosiy tahlili).

4. Urbanizatsiya bosimi va landshaftlarning antropogen transformatsiyasi. So'nggi o'n yilliklarda (2010 – 2022-yy.) NDVI xaritalarida voha hududida urbanizatsiya zonalarining kengayishi va natijada yashil maydonlarning bo'linishi (fragmentatsiya) yaqqol kuzatilmoqda [12,16]. NDVI tahlillari shuni ko'rsatadiki, so'nggi 12 yil ichida Qo'qon shahrining urbanizatsiyalashgan maydonlari asosan shimoliy va shimoli-sharqiy yo'nalishlar bo'ylab kengaygan. Bu jarayon sug'oriladigan unumdor yerlarning kamayishiga sabab bo'lmoqda. Alar vohasi misolida ko'rsatilganidek, aynan urbanizatsiya va ekologik siyosat o'simlik qoplamidagi fazoviy o'zgarishlarning asosiy drayverlaridir [2,4]. Qo'qon shahrining tartibsiz kengayishi natijasida hosil bo'layotgan "shahar issiqlik oroli" effekti lokal haroratning fon ko'rsatkichlaridan ham ko'proq ko'tarilishiga sabab bo'lmoqda [12]. Bu esa atrofdagi mikro-ekotizimlarning degradatsiyasiga va biologik xilma-xillikning kamayishiga olib keluvchi qo'shimcha antropogen bosim sifatida baholanadi [10,22].

Tadqiqot davomida olingan meteorologik va masofadan zondlash (NDVI) ma'lumotlari umulashtirilib, Qo'qon vohasi ekotizimlarining iqlimiy transformatsiyasi va ekologik barqarorligi miqdoriy va sifat ko'rsatkichlari asosida qiyosiy baholandi (1-jadval).

4. XULOSA

Qo'qon vohasining uzoq yillik meteorologik ma'lumotlari va masofadan zondlash ko'rsatkichlarini kompleks tahlil qilish asosida quyidagi ilmiy xulosalarga kelindi:

1. 1930 – 2022-yillar oralig'idagi deyarli bir asrlik davrda havo haroratining chiziqli regressiya tahlili hududda o'rtacha yillik harorat 3.03°C ga ko'tarilganini ko'rsatdi. Bu global isish sur'atlaridan qariyb 2 barobar yuqori bo'lib, ayniqsa, qishki (+3.84°C) va kuzgi (+3.63°C) mavsumlarda isishning jadallashuvi voha landshaftlarining termal transformatsiyaga uchrayotganidan dalolat beradi.

2. Tadqiqotda iqlim isishi fonida o'simlik qoplamining (NDVI) barqarorligi birinchi marta Hurst (H) koeffitsiyenti orqali bashorat qilindi. Natijalar ($H > 0.5$) shuni ko'rsatdiki, gidrologik defitsit va isish bosimiga qaramay, vohada vegetatsiya ko'rsatkichlari (0.6–0.8) yuqori barqarorlikka ega. Bu "voha effekti" va inson tomonidan boshqariladigan irrigatsiya tizimi iqlimiy salbiy o'zgarishlarni muvaffaqiyatli kompensatsiya qilayotganini isbotlovchi yangi ilmiy yechimdir.

1-jadval

Qo'qon vohasining iqlimiy va ekologik holati bo'yicha umumiy baholash

Baholash ko'rsatkichi	Miqdoriy trend	Baholash mezon	Hududning sifat bahosi
Havo harorat	+3.03°C	IPCC xalqaro standarti ($>0.2^{\circ}\text{C}/10$ yil)	Jadal isish holatida
Atmosfera yog'inlari	Kam va beqaror ($R^2=0,09$)	Gidrologik balans buzilishi (defitsit)	Suv tanqisligi xavfi yuqori
O'simliklar (NDVI)	0.6–0.8 (yaxshi)	NDVI shkalasi (>0.5 zich o'simlik)	Ekologik barqaror
Urbanizatsiya	Shahar massivlari kengaygan	Issiqlik oroli effekti	Antropogen bosim ortib bormoqda

Izoh: Hududiy iqlimiy o'zgarishlar IPCC xalqaro standartlari, o'simlik qoplam holati esa NDVI (0.1–1.0) shkalasi hamda Hurst ($H > 0.5$) persistensiya koeffitsiyenti mezonlari asosida qiyosiy baholangan.

3. Landsat 7/8 tasvirlari yordamida olingan fazoviy tahlillar urbanizatsiya jarayonlari voqa markazida “issiqlik oroli” effektini kuchaytirayotganini aniqladi. Amaliy jihatdan, Qo‘qon shahrining shimoliy va shimoli-sharqiy yo‘nalishdagi tartibsiz kengayishi unumdor sug‘oriladigan yerlarning qisqarishiga olib kelmoqda.

4. Tadqiqot natijalari kelajakda hududni ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish rejalarida “yashil iqtisodiyot” tamoyillaridan foydalanish, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va shaharsozlikda yashil belbog‘larni ko‘paytirish orqali “issiqlik oroli” ta‘sirini yumshatish zarurligini ko‘rsatadi. Bu choratadbirlar iqlim o‘zgarishi sharoitida Qo‘qon vohasining ekologik chidamliligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Li, Z., Chen, Y., Li, W., Deng, H., & Fang, G. (2015). Potential impacts of climate change on vegetation dynamics in Central Asia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(24), 12,345-12,356. DOI: 10.1002/2015JD023618
2. Li, X., Shi, Z., Yu, J., & Liang, J. (2023). Study on the Change in Vegetation Coverage in Desert Oasis and Its Driving Factors from 1990 to 2020 Based on Google Earth Engine. *Applied Sciences*, 13(9), 5394.
3. Chen Long-term monitoring of oasis transformation using Landsat imagery (1990-2020) *Remote Sensing*
4. Piao, S., Wang, X., Park, T., Chen, C., Lian, X., He, Y., ... & Myneni, R. B. (2020). Characteristics, drivers and feedbacks of global greening. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(1), 14-27.
5. Jiang, L., Jiapaer, G., Bao, A., Guo, H., & Ndayisaba, F. (2022). Spatiotemporal variation of vegetation and its response to climate change in Central Asia. *Ecological Indicators*, 129, 107915.
6. Chen, C., Park, T., Wang, X., Piao, S., Xu, B., Chaturvedi, R. K., ... & Myneni, R. B. (2019). China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability*, 2(2), 122-129.
7. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
8. Hurst, H. E. (1951). Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116(1), 770-799.
9. Zhang, Y., He, Y., Li, Y., & Yi, C. (2021). Vegetation dynamics and their response to hydro-climatic factors in typical arid oases. *Journal of Hydrology*, 598, 126268.
10. Alibekov, L. A. (2010). Landshaftlar transformatsiyasi va cho‘llanish muammolari. Tashkent: Fan.
11. Hikmatov, F. H., Adenbaev, B. E., & Yunusov, G. K. (2021). Water resources of Central Asia: current state and future changes. *Journal of Water Resources*, 48(2).
12. Nigmatov, A. N. (2015). Ekologiya va tabiatdan foydalanish. Tashkent: Universitet.
13. Мелибоева Ф. С. (2026). Климат Кокандского оазиса и его изменения. *Экономика и социум*, 2(141)-1, 815-820.
14. Rafikov, A. A. (1997). Geoekologik muammolar va ularning yechimlari. Tashkent: O‘qituvchi.
15. Chub, V. E. (2007). Climate Change and its Impact on the Hydrometeorological Processes in Uzbekistan. Tashkent: NIGMI.
16. Gudalov, M. R. (2019). Monitoring of oasis landscapes of Southern Uzbekistan using remote sensing. *International Journal of Geoinformatics*.
17. IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report.
18. MODIS Global Manual (2022). Vegetation Index Product (MOD13) User Guide.
19. USGS (2023). Landsat 8-9 Calibration and Validation Report.
20. FAO (2020). Global Forest Resources Assessment: Terms and Definitions.
21. Uzhydromet (2022). Yearly report on climate monitoring in Uzbekistan.
22. World Bank (2021). Climate Risk Country Profile: Uzbekistan.
23. Yuldashev, G., & Ismanov, A. J. (2020). Geochemistry of irrigated soils of the Fergana valley. Tashkent: Fan. (Farg‘ona vodiysi tuproq va landshaftlari uchun muhim).
24. Zhu, Z., Piao, S., Myneni, R. B., Huang, M., Zeng, Z., Canadell, J. G., ... & Mao, J. (2016). Greening of the Earth and its drivers. *Nature Climate Change*, 6(8), 791-795.

QASHQADARYO VILOYATIDA SANOAT OBYEKTлари ATROFIDA EKOLOGIK XAVF HUDUDLARINI GAT ASOSIDA RAYONLASHTIRISH

Aminov Xamza Xusanovich,

Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktor o'rinbosari, texnika fanlari falsafa doktori (PhD), professor.

Annotatsiya. Maqolada Qashqadaryo viloyatida sanoat obyektlari atrofida ekologik xavf hududlarini aniqlash va rayonlashtirish uchun GAT hamda masofaviy zondlash ma'lumotlariga asoslangan yondashuv ishlab chiqildi.

Tadqiqotda sanoat manbalari joylashuvi, shamol yo'nalishi, relyef, suv obyektlari, aholi punktlari, yashil qoplama holati va atmosfera indikatorlari yagona geoma'lumotlar modelida birlashtirildi. Ekologik xavf manba zichligi, tarqalish ehtimoli, landshaft sezgirligi va biologik javob belgilarining og'irlangan indeksleri orqali baholandi.

Natijalar sanoat manbalariga yaqin va shamol osti yo'nalishidagi maydonlarda ekologik xavf ko'proq to'planishini ko'rsatadi. Taklif etilgan rayonlashtirish modeli monitoring punktlarini joylashtirish, yashil bufer zonalarini rejalashtirish va hududiy boshqaruv qarorlarini asoslash uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: GAT, ekologik xavf, rayonlashtirish, sanoat obyektlari, atmosfera ifloslanishi, masofaviy zondlash, yashil bufer zona, Qashqadaryo.

Аннотация. В статье разработан подход к выявлению и районированию зон экологического риска вокруг промышленных объектов Кашкадарьинской области на основе ГИС и данных дистанционного зондирования.

В единой геоинформационной модели объединены размещение промышленных источников, направление ветра, рельеф, водные объекты, населенные пункты, состояние зеленого покрова и атмосферные индикаторы. Экологический риск оценен через взвешенные показатели плотности источников, вероятности переноса загрязнителей, ландшафтной чувствительности и биологической реакции.

Полученные результаты показывают, что риск концентрируется вблизи промышленных источников и в подветренных направлениях. Предложенная модель полезна для размещения пунктов мониторинга, проектирования зеленых буферных зон и обоснования территориальных управленческих решений.

Ключевые слова: ГИС, экологический риск, районирование, промышленные объекты, загрязнение атмосферы, дистанционное зондирование, зеленая буферная зона, Кашкадарья.

Abstract. The article develops an approach for identifying and zoning ecological risk areas around industrial facilities in Kashkadarya Region using GIS and remote sensing data.

The model integrates the location of industrial sources, wind direction, relief, water bodies, settlements, vegetation condition and atmospheric indicators in a single geodatabase. Ecological risk is assessed through weighted indicators of source density, pollutant transfer probability, landscape sensitivity and biological response.

The findings show that ecological risk is concentrated near industrial sources and along downwind directions. The proposed zoning model is useful for locating monitoring points, planning green buffer zones and supporting territorial environmental management decisions.

Key words: GIS, ecological risk, zoning, industrial facilities, air pollution, remote sensing, green buffer zone, Kashkadarya.

1. KIRISH

Sanoat obyektlari atrofida ekologik xavfning shakllanishi ko'p omilli jarayondir. Ifloslantiruvchi manba quvvati, chiqarilayotgan moddaning fizik-kimyoviy xususiyati, shamol tezligi va yo'nalishi, relyef, suv obyektlariga yaqinlik, yashil qoplama holati hamda aholi punktlari joylashuvi xavf darajasini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi [4, 10, 14].

An'anaviy ekologik nazorat ko'pincha alohida nuqtaviy o'lchovlarga tayanadi. Biroq sanoat ta'siri fazoviy jihatdan notekis tarqaladi: manbaga yaqin hududlar, shamol osti yo'nalishlari, pastqam maydonlar va suv tarmoqlariga yaqin zonlarda ifloslanish ehtimoli yuqoriroq bo'ladi. Shu sababli GAT va masofaviy zondlash ma'lumotlarini birlashtirgan rayonlashtirish modeli amaliy ahamiyat kasb etadi [13, 15, 16].

Tadqiqotning maqsadi Qashqadaryo viloyati sanoat obyektlari atrofida ekologik xavf hududlarini aniqlash va

rayonlashtirish uchun indikatorlar tizimi hamda GAT asosidagi baholash modelini taklif etishdan iborat.

Tadqiqot obyekti Qashqadaryo viloyatining sanoatlashgan hududlari, xususan, neft-gaz, energetika, transport va qishloq xo'jaligi tizimlari tutashgan maydonlardan iborat. Bu hududlarda tabiiy qurg'oqchilik, shamol faolligi, suv resurslari cheklanganligi va antropogen yuklama birgalikda ekologik xavfni kuchaytirishi mumkin.

Ilmiy muammo shundan iboratki, sanoat manbalari ta'sirini faqat korxona yoki alohida ifloslantiruvchi modda bo'yicha baholash xavfning real fazoviy ko'rinishini to'liq ochib bermaydi. Xavf hududlarini aniqlashda manba zichligi, tarqalish yo'nalishi, landshaft sezgirligi va biologik javob belgilarini yagona GAT modelida birlashtirish zarur.

2. MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqotda GAT asosidagi ko'p mezonli baholash yondashuvi

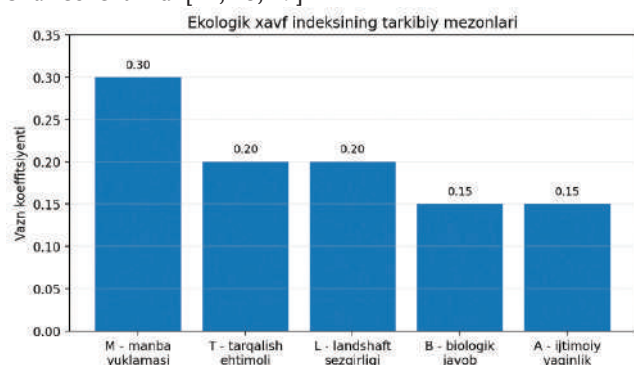
Ekologik xavfni GAT asosida baholash mezonlari

Mezon	Indikatorlar	Vazn	Ekologik mazmuni
M - manba yuklamasi	korxona va chiqindi manbalari zichligi	0,30	texnogen bosimning boshlang'ich darajasi
T - tarqalish ehtimoli	shamol yo'nalishi, relyef, masofa	0,20	ifloslantiruvchi moddalar ko'chish imkoniyati
L - landshaft sezgirligi	suv obyektlari, pastqamlik, qurg'oqchilik	0,20	muhitning ifloslanishga chidamliligi
B - biologik javob	NDVI, RECI, yashil qoplama uzluksizligi	0,15	o'simliklarning stressga reaksiyasi
A - ijtimoiy yaqinlik	aholi punkti va xo'jalik obyektlari	0,15	inson va xo'jalik tizimlariga xavf

qo'llanildi. Sanoat manbalari nuqtalari, shamol yo'nalishlari, relyef, suv obyektlari, aholi punktlari, yashil qoplama, transport yo'laklari va monitoring natijalari alohida qatlamlar sifatida shakllantirildi. Har bir qatlam ekologik xavfga qo'shadigan ulushiga qarab normalizatsiya qilindi.

Ekologik xavf indeksi quyidagi umumiy mantiqqa asoslandi: $ERI = 0,30M + 0,20T + 0,20L + 0,15B + 0,15A$. Bu yerda M – sanoat manbalari zichligi va emissiya yuklamasi, T – shamol orqali tarqalish ehtimoli, L – landshaft va suv-tuproq sezgirligi, B – yashil qoplama/bioindikator holati, A – aholi punktlari va xo'jalik obyektlariga yaqinlik. Indeks qiymati past, o'rta, yuqori va juda yuqori xavf zonalariga ajratildi.

Masofaviy zondlash natijalari vegetatsiya holatini aniqlashda, Sentinel-5P va atmosfera kuzatuv ma'lumotlari esa gazsimon birikmalar tarqalishini talqin qilishda metodik asos sifatida qo'llanildi. Natijalar dala kuzatuvlari va statistik ko'rsatkichlar bilan solishtirildi [17, 18, 19].



1-rasm. Ekologik xavf indeksida mezonlar ulushining diagrammali ko'rinishi

Diagramma ekologik xavf indeksida manba yuklamasi asosiy belgilovchi mezon ekanini ko'rsatadi. Tarqalish ehtimoli va landshaft sezgirligi ham xavfning hududiy to'planishida muhim o'rin tutadi. Biologik javob hamda ijtimoiy yaqinlik ko'rsatkichlari esa ekologik xavfni amaliy boshqaruv qarorlariga bog'lash imkonini beradi.

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

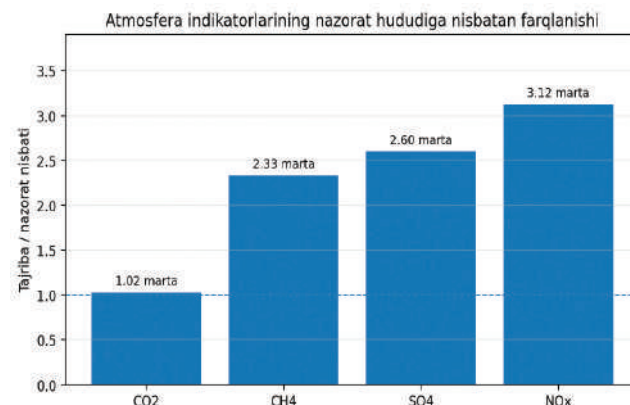
Dissertatsiya materiallarida sanoat manbalariga yaqin tajriba maydonlarida atmosfera ko'rsatkichlari nazorat hududlariga nisbatan yuqoriroq qayd etilgan. Bu farq, ayniqsa, gazsimon birikmalar va azot oksidlari bo'yicha biologik indikatorlar bilan bog'liq holda talqin qilinadi. NDVI, RECI va xlorofill ko'rsatkichlarining pasayishi atmosferadagi texnogen omillarni erta aniqlashda muhim signal bo'lishi mumkin.

Tajriba va nazorat hududlari o'rtasidagi farqlar GAT xaritalarida manbaga yaqinlik, shamol osti yo'nalishi va yashil qoplama holati bilan birgalikda ko'rilganda aniqroq namoyon bo'ladi. Bu sanoat ekologiyasida nuqtaviy o'lchovlardan fazoviy-

tizimli baholashga o'tish zarurligini ko'rsatadi.

Sanoat manbalariga yaqin va nazorat hududlarida ayrim atmosfera indikatorlari

Indikator	Tajriba maydoni	Nazorat maydoni	Talqin
CO ₂	410	400	manba yaqinida fon qiymatdan yuqoriroq
CH ₄	2,8	1,2	neft-gaz faoliyatiga sezgir indikator
SO ₄ /sulfat birikmalari	0,13	0,05	aerazol va chang-gaz ta'sirini ko'rsatadi
NO _x	0,25	0,08	transport va sanoat yonish jarayonlari bilan bog'liq



2-rasm. Atmosfera indikatorlarining tajriba va nazorat maydonlari bo'yicha nisbiy farqlanishi

Nisbiy ko'rsatkichlar sanoat manbasiga yaqin hududlarda metan, sulfat birikmalari va azot oksidlari bo'yicha farq CO₂ ga nisbatan kuchliroq namoyon bo'lishini ko'rsatadi. Bu holat sanoat zonalarida monitoring faqat umumiy fon qiymatlarini emas, balki komponentlar kesimidagi nisbiy o'zgarishlarni ham qamrab olishi zarurligini asoslaydi.

GAT rayonlashtirish natijasida sanoat manbalariga bevosita yaqin hududlar, shamol yo'nalishi bo'yicha pastqam zonalar va yashil qoplama uzluksizligi buzilgan maydonlar birlamchi xavf hududlari sifatida ajratiladi. O'rta xavf zonalarida esa manbadan nisbatan uzoq, biroq transport yo'laklari, suv obyektlari yoki qishloq xo'jaligi maydonlariga yaqin joylashgan hududlardan iborat bo'lishi mumkin.

Taklif etilgan model ekologik xavfni faqat mavjud ifloslanish holati sifatida emas, balki kelgusida ifloslanish kuchayishi mumkin bo'lgan makon sifatida ham ko'rishga imkon beradi. Bu esa monitoring punktlari sonini rejalashtirish, yashil bufer zonalarini joylashtirish va korxonalar bo'yicha profilaktik

3-jadval.

Ekologik xavf zonalarining GAT asosidagi tavsifi

Zona	Asosiy belgilar	Monitoring tartibi	Boshqaruv chorasi
Past xavf	manbadan uzoq, yashil qoplama barqaror	yillik kuzatuv	profilaktik nazorat
O'rta xavf	transport yoki suv obyektlariga yaqin, mavsumiy stress	yarim yillik monitoring	yashil qoplamani saqlash
Yuqori xavf	manbaga yaqin yoki shamol osti yo'nalishida	choraklik monitoring	bufer zona va emissiya nazorati
Juda yuqori xavf	pastqam, manbaga juda yaqin, bioindikator stress kuchli	doimiy monitoring	tezkor ekologik cheklov va tiklash ishlari

4-jadval

GAT modeli asosida boshqaruv qarorlarini tanlash

Qaror yo'nalishi	Modeldan olinadigan ma'lumot	Kutiladigan natija
Monitoring punktlari	xavf konsentratsiyasi va shamol yo'nalishi	aniq joylashuv va samarali kuzatuv
Yashil bufer zona	manba-masofa-yashil qoplama aloqasi	chang-gaz oqimini kamaytirish
Laboratoriya nazorati	suv-tuproq sezgir hududlari	bioakkumulyatsiya xavfini erta aniqlash
Hududiy rejalashtirish	past/o'rta/yuqori xavf xaritalari	ekologik xavfsiz boshqaruv qarorlari

nazoratni kuchaytirishga xizmat qiladi.

GAT asosidagi rayonlashtirish sanoat hududlarida ekologik monitoringni maqsadli tashkil etish imkonini beradi. Bunda monitoring punktlari tasodifiy emas, balki xavf to'planishi mumkin bo'lgan yo'nalishlar bo'yicha joylashtiriladi. Natijada dala kuzatuvlari, laboratoriya tahlillari va masofaviy zondlash ma'lumotlari bir-birini to'ldiradi.

Modeldan korxona sanitariya-himoya zonalarini baholash, yangi yashil bufer polosalarini loyihalash, aholi punktlariga yaqin hududlarda profilaktik nazoratni kuchaytirish va biologik resurslarni muhofaza qilish bo'yicha hududiy dasturlarni ishlab chiqishda foydalanish mumkin.

XULOSA

1. Qashqadaryo viloyati sanoat hududlarida ekologik xavf fa-

zoviy jihatdan notekis tarqaladi, uni baholashda manba yuklama-si, shamol yo'nalishi, landshaft sezgirligi, yashil qoplama holati va aholi punktlariga yaqinlik birgalikda hisobga olinishi lozim.

2. Taklif etilgan ERI modeli ekologik xavfni past, o'rta, yuqori va juda yuqori zonalarga ajratish orqali monitoringni maqsadli tashkil etish imkonini beradi.

3. Sanoat manbalariga yaqin hududlarda atmosfera indika-torlari nazorat hududlariga nisbatan yuqoriroq bo'lishi GAT va masofaviy zondlash monitoringini dala kuzatuvlari bilan birlashtirish zarurligini asoslaydi.

4. Rayonlashtirish natijalari yashil bufer zonalarini joylashti-rish, emissiya nazoratini kuchaytirish, suv-tuproq namunalari-ni rejalashtirish va biologik resurslarni muhofaza qilishda amaliy qo'llanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. 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-son Farmoni.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 30-dekabrda "Respublikada ko'klamzorlashtirish ishlarini jadallashtirish, daraxtlar muhofazasini yanada samarali tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-46-son Farmoni. -Toshkent, 2021.
3. WHO. Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. -Geneva: World Health Organization, 2021.
4. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. -Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.
5. UNEP. Making Peace with Nature: A Scientific Blueprint to Tackle the Climate, Biodiversity and Pollution Emergencies. -Nairobi: UNEP, 2021.
6. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. -Montreal: CBD, 2022.
7. IPBES. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. -Bonn: IPBES Secretariat, 2019.
8. Treshow M. Air Pollution and Plant Life. -Chichester: John Wiley & Sons, 1984. -486 p.
9. Rai P. K. Impacts of particulate matter pollution on plants: implications for environmental biomonitoring // Ecotoxicology and Environmental Safety. -2016. -Vol. 129. -P. 120-136.
10. Bonan G. Ecological Climatology: Concepts and Applications. -3rd ed. -Cambridge: Cambridge University Press, 2016. -742 p.
11. Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd C. D. Principles of Geographical Information Systems. -3rd ed. -Oxford: Oxford University Press, 2015. -352 p.
12. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Systems and Science. -4th ed. -Hoboken: Wiley, 2015. -496 p.
13. Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. -7th ed. -Hoboken: Wiley, 2015. -736 p.
14. Jensen J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. -2nd ed. -Upper Saddle River: Pearson, 2007. -592 p.
15. European Space Agency. Sentinel-2 User Handbook. -Paris: ESA, 2015.
16. European Space Agency. Sentinel-5P Mission and TROPOMI User Documentation. -Paris: ESA, 2018.
17. U.S. Environmental Protection Agency. AERMOD Modeling System: User's Guide. -Research Triangle Park: EPA, 2022.
18. Qashqadaryo viloyati statistika boshqarmasi. Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslar to'g'risida statistik ma'lumotlar. -Qarshi, 2021-2024.
19. Aminov X. X. Atrof-muhit va biologik resurslarga sanoat korxonalari ta'sirining ilmiy asoslari: Qashqadaryo viloyati misolida. DSc dissertatsiyasi. -Toshkent, 2026.
20. Pulatov A., Abdurakhmonov I. GIS and remote sensing methods in environmental monitoring of arid regions. -Tashkent: Fan, 2020.

SIRDARYO HAVZASI KOLLEKTOR-ZOVUR TARMOQLARI SUV OQIMI DINAMIKASI, STATISTIK TAHLILI VA PROGNOZI (O'ZBEKISTON HUDUDI)

Gapporov Xayrillo Lutpillaevich,
mustaqil tadqiqotchi, q.f.n., dotsent,
Kulmatov Rashid Anorovich,
O'zMU professori, g.f.d.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda O'zbekistonning Sirdaryo havzasi hududidagi kollektor-zovur tarmoqlarida suv sarfi va mineralashuv darajasining 2010 – 2024-yillardagi o'zgarishlari statistik jihatdan baholandi hamda 2050-yilgacha bo'lgan prognoz ssenariylari ishlab chiqildi. Tadqiqot Andijon, Namangan, Farg'ona, Toshkent, Jizzax va Sirdaryo viloyatlarini qamrab olgan. Suv sarfi, yillik oqim hajmi va mineralashuv ko'rsatkichlarini tahlil qilishda Ordinary Least Squares (OLS) chiziqli regressiyasi, Mann-Kendall noparametrik trend testi, Sen slope baholash usuli va Pirson korrelyatsiya tahlili qo'llanildi. Natijalar Namangan ($\beta = -0.150 \text{ m}^3/\text{s/yil}$, $p < 0.001$), Sirdaryo ($\beta = -0.119 \text{ m}^3/\text{s/yil}$, $p = 0.002$) va Farg'ona ($\beta = -0.138 \text{ m}^3/\text{s/yil}$, $p = 0.028$) viloyatlarida suv sarfining statistik ahamiyatli kamayish tendensiyasini ko'rsatdi. Jizzax viloyatida kollektor-zovur tarmoqlarida mineralashuv darajasining yuqoriligi (o'rtacha 3.77 g/l) ikkilamchi tuproq sho'rlanishi xavfini kuchaytirayotganini ko'rsatdi. Prognoz natijalari ayrim hududlarda kelgusida kollektor-zovur suvlari hajmi sezilarli qisqarishi mumkinligini ko'rsatdi. Shuningdek, Orol dengizi deltasiga suv yetkazib berish hajmida statistik ahamiyatli pasayish trendi aniqlandi. Olingan natijalar suv resurslarini boshqarish, irrigatsiya tizimlarini modernizatsiya qilish va ekologik barqarorlikni ta'minlash bo'yicha qarorlar qabul qilishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: Sirdaryo havzasi, kollektor-zovur tarmoqlari, suv sarfi, mineralashuv, Mann-Kendall testi, chiziqli regressiya, prognoz, Orol dengizi, suv xo'jaligi, Markaziy Osiyo.

Аннотация. В данном исследовании статистически оценены изменения расхода воды и степени минерализации в коллекторно-дренажных сетях бассейна реки Сырдарья на территории Узбекистана за период 2010 – 2024 годов, а также разработаны прогнозные сценарии до 2050 года. Исследование охватывает Андижанскую, Наманганскую, Ферганскую, Ташкентскую, Джизакскую и Сырдарьинскую области. Для анализа показателей расхода воды, годового объема стока и минерализации применялись метод линейной регрессии по методу наименьших квадратов (OLS), непараметрический тест тренда Манна-Кендалла, оценка наклона по методу Сена и корреляционный анализ Пирсона. Результаты выявили статистически значимую тенденцию к снижению расхода воды в Наманганской ($\beta = -0,150 \text{ м}^3/\text{с/год}$, $p < 0,001$), Сырдарьинской ($\beta = -0,119 \text{ м}^3/\text{с/год}$, $p = 0,002$) и Ферганской ($\beta = -0,138 \text{ м}^3/\text{с/год}$, $p = 0,028$) областях. В Джизакской области высокий уровень минерализации коллекторно-дренажных вод (в среднем $3,77 \text{ г/л}$) свидетельствует об усилении риска вторичного засоления почв. Прогнозные результаты показали, что в ряде регионов объем коллекторно-дренажных вод в будущем может существенно сократиться. Кроме того, выявлена статистически значимая тенденция к снижению объема водоподачи в дельту Аральского моря. Полученные результаты имеют важное значение для принятия решений в области управления водными ресурсами, модернизации ирригационных систем и обеспечения экологической устойчивости.

Ключевые слова: бассейн Сырдарьи, коллекторно-дренажные сети, расход воды, минерализация, тест Манна-Кендалла, линейная регрессия, прогноз, Аральское море, водное хозяйство, Центральная Азия.

Abstract. This study statistically evaluates changes in water discharge and mineralization levels in the collector-drainage networks of the Syr Darya basin in Uzbekistan over the period 2010 – 2024, and develops forecast scenarios through 2050. The research covers the Andijan, Namangan, Fergana, Tashkent, Jizzakh, and Syrdarya regions. Ordinary Least Squares (OLS) linear regression, the Mann-Kendall non-parametric trend test, Sen's slope estimator, and Pearson correlation analysis were applied to analyze water discharge, annual runoff volume, and mineralization indicators. The results revealed statistically significant declining trends in water discharge in Namangan ($\beta = -0.150 \text{ m}^3/\text{s/year}$, $p < 0.001$), Syrdarya ($\beta = -0.119 \text{ m}^3/\text{s/year}$, $p = 0.002$), and Fergana ($\beta = -0.138 \text{ m}^3/\text{s/year}$, $p = 0.028$) regions. In Jizzakh region, the elevated mineralization level of collector-drainage waters (mean 3.77 g/L) indicates an increasing risk of secondary soil salinization. Forecast results suggest that collector-drainage water volumes in certain areas may decline considerably in the future. Furthermore, a statistically significant downward trend was identified in the volume of water delivered to the Aral Sea delta. The findings are of considerable importance for decision-making in the areas of water resource management, irrigation system modernization, and ensuring ecological sustainability.

Keywords: Syr Darya basin, collector-drainage networks, water discharge, mineralization, Mann-Kendall test, linear regression, forecast, Aral Sea, water management, Central Asia.

1. KIRISH

Sirdaryo daryosi Markaziy Osiyodagi eng muhim transchegaraviy suv tizimlaridan biri hisoblanadi. Daryo Tyan-Shan tog'laridagi Norin va Qoradaryo irmoqlarining qo'shilishidan

hosil bo'ladi va umumiy uzunligi taxminan 2212 km. ni tashkil etadi [1]. Ushbu havza mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishida strategik ahamiyatga ega bo'lib, 30 milliondan ortiq aholini ichimlik va sug'orish suvi bilan ta'minlaydi [2].

O'zbekiston sharoitida kollektor-zovur tarmoqlari sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini saqlash, yer osti suvlari sathini tartibga solish va ortiqcha minerallashgan suvlarni chiqarib yuborishda muhim ahamiyatga ega. So'nggi yillarda iqlim o'zgarishi, aholi sonining ortishi va suv resurslariga bo'lgan ehtiyojning kuchayishi havzaning gidrologik holatiga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda.

Ma'lumotlariga ko'ra, XXI asr o'rtalariga kelib Markaziy Osiyoda o'rtacha harorat 1.5–2.5°C ga oshishi kutilmoqda [3,4]. Bu esa muzliklarning qisqarishi, bug'lanishning ortishi va suv resurslari tanqisligining kuchayishiga olib kelishi mumkin [5].

Ilmiy adabiyotlarda Markaziy Osiyo suv resurslarining umumiy gidrologik holati va sug'orish tizimlari tahlil qilingan bo'lsa-da [6-9], O'zbekistonning Sirdaryo havzasida kollektor-zovur tarmoqlarining uzoq muddatli statistik tahlili, minerallashuv dinamikasi va prognoz baholash ishlari yetarli darajada o'rganilmagan.

Orol dengizi havzasidagi kollektor-zovur suvlari (KZS) mintaqa uchun muhim ekologik va suv-xo'jalik muammosini tashkil etadi. Tadqiqotlariga ko'ra, intensiv yer o'zlashtirish davrida mintakaning umumiy suv resurslari (110–115 km³) ning 39–40 km³ drenaj suvlari sifatida shakllangan bo'lsa, so'nggi yillarda bu ko'rsatkich 32–34 km³ gacha kamaygan [10]. Ma'lumotlariga ko'ra, umumiy KZS hajmining taxminan 51%i (18–20 km³) daryolarga quyilib, ularga 110–120 mln. tonna tuz tushishiga olib kelishi aniqlangan. Yana 36% tabiiy pasttekisliklarga tushishi va faqatgina 13% takroriy sug'orishga ishlatilishi qayd etilgan. Sirdaryo havzasi bo'yicha, xususan, O'zbekiston hududidan sug'orishga ishlatilgan suv hajmining 32,5% (taxminan 18,4 km³) zovur suvi sifatida qaytadi [10].

Markaziy Osiyo kollektor-zovur oqimi va sug'orishda foydalanish imkoniyatlarini baholashga bag'ishlangan monografiyada 1990 – 1999-yillar uchun jami drenaj hajmi yiliga 28–33,5 km³ ni, 2000 – 2009-yillar uchun esa o'rtacha 30 km³/yil ni tashkil etgani qayd etilgan [11].

O'tkazilgan tadqiqotlar Markaziy Osiyo sug'oriladigan maydonlarida KZSning sifat tarkibini batafsil tavsiflaydi. Tadqiqotchilar KZSning minerallashuvi daryo suvinikidan ancha yuqori ekanligini – Sirdaryo havzasida 1,7–4,2 g/l oralig'ida, Amudaryo havzasida esa 3,5–4,2 g/l gacha kuzatilishini aniqlagan [12].

Mavjud ilmiy ishlar asosan umumiy gidrologik jarayonlarni yoritishga qaratilgan bo'lib, viloyatlar kesimidagi suv sarfi va minerallashuvning uzoq muddatli o'zgarishlarini kompleks baholashga oid tadqiqotlar yetarli emas. Shu nuqtai nazardan mazkur tadqiqot Sirdaryo havzasidagi kollektor-zovur tarmoqlarining hududiy va vaqtinchalik o'zgarishlarini statistik jihatdan baholashga qaratilgan.

Tadqiqotning asosiy maqsadlari quyidagilardan iborat:

- 2010 – 2024-yillar davomida Sirdaryo havzasidagi kollektor-zovur tarmoqlari suv sarfi va minerallashuv darajasi dinamikasini tahlil qilish;
- OLS regressiyasi va Mann-Kendall testi asosida gidrologik trendlarni baholash;
- Suv sarfi va minerallashuv o'rtasidagi o'zaro bog'liqliklarni aniqlash;

– 2050-yilgacha bo'lgan gidrologik prognozlarni ishlab chiqish.

2. TADQIQOT OBYEKTI

Tadqiqot O'zbekistonning Sirdaryo havzasiga kiruvchi Andijon, Namangan, Farg'ona, Toshkent, Jizzax va Sirdaryo viloyatlarini qamrab oladi. Ushbu hududlar irrigatsiya darajasi, iqlim sharoiti va gidrologik xususiyatlari bo'yicha o'zaro farqlanadi.

Jami 30 dan ortiq asosiy kollektor-zovur tarmoqlari bo'yicha suv sarfi, yillik oqim hajmi, minerallashuv darajasi va tuz yuklamasi ko'rsatkichlari tahlil qilindi.

3. MATERIALLAR VA METODLAR

3.1. Ma'lumotlar bazasi

Asosiy ma'lumotlar O'zbekiston Suv xo'jaligi vazirligining 2010 – 2025-yillarga oid asosiy kollektorlar va zovur suvlarining sifat tarkibi monitoringi materiallari asosida shakllantirildi. Statistik tahlillarda faqat to'liq kuzatuv qatoriga ega bo'lgan 2010 – 2024-yillar ma'lumotlari (n = 15) qo'llanildi. Viloyatlar bo'yicha o'rtacha suv sarfi alohida kollektorlar ko'rsatkichlarining arifmetik o'rtachasi sifatida hisoblandi. Minerallashuv darajasi esa oqim-vaznli o'rtacha orqali baholandi:

$$M(\text{viloyat}) = \Sigma(Q_i \times M_i) / \Sigma Q_i$$

Bu yerda: Q_i — kollektor suv sarfi; M_i — minerallashuv darajasi.

Tuz yuklamasi quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$T = V \times M$$

Bu yerda: T — tuz yuklamasi; V — yillik oqim hajmi; M — minerallashuv darajasi.

3.2. Statistik tahlil metodlari

Tadqiqotda tasviriy statistika (Descriptive Statistics), chiziqli regressiya, Mann-Kendall trend testi, Sen slope baholash usuli va Pirson korrelyatsiya tahlili qo'llanildi.

Tasviriy statistika – o'rtacha arifmetik ($\bar{x}$), standart og'ish (σ), o'zgaruvchanlik koeffitsienti ($CV = \sigma/\bar{x} \times 100\%$), minimum va maksimum qiymatlar, kvartillararo oraliq (IQR) tahlili bajarildi.

OLS chiziqli regressiya modeli quyidagi tenglama asosida baholandi:

$$Y_t = \alpha + \beta t + \epsilon_t, \text{ bunda } \beta - \text{vaqt bo'yicha o'zgarish koeffitsienti.}$$

Model natijalarini interpretatsiya qilishdan oldin qoldiqlar normalligi Shapiro-Wilk testi orqali tekshirildi. OLS modeli yillik gidrologik qatorlarning taxminan chiziqli xususiyatga ega ekanligi sababli tanlandi.

Mann-Kendall noparametrik trend testi [13–15] gidrologik ma'lumotlarda normal taqsimot talab qilinmaganligi va kichik tanlanmalar uchun barqaror hisoblanganligi sababli qo'llanildi. $S = \Sigma_{i < j} \text{sgn}(x_j - x_i)$ statistikasi orqali monoton trendning mavjudligi aniqlandi. Sen slop estimatori $\beta_s = \text{median}[(x_j - x_i)/(j - i)]$ trend kattaligini ochiqlashda ishlatildi [16].

Pirson korrelyatsiya tahlili: $r_{xy} = \Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / \sqrt{[\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \Sigma(y_i - \bar{y})^2]}$. Viloyatlararo va suv sarfi-minerallashuv juftlari o'rtasidagi chiziqli bog'liqlar aniqlandi.

Prognozlash jarayonida 2025 – 2050-yillar uchun 95% ishonchli oraliqli chiziqli modellar ishlatildi. $\hat{Y}_t = \hat{\alpha} + \hat{\beta}t$ ($t = 2025-2050$); $\hat{Y}_t \pm t(\alpha/2, n-2) \times s\sqrt{[1 + 1/n + (t-\bar{t})^2/\Sigma(t_i-\bar{t})^2]}$.

Barcha statistik tahlillar Python 3.11 muhitida SciPy 1.11, NumPy 1.26 va Matplotlib 3.8 paketlari orqali amalga oshirildi.

4. NATIJALAR

4.1. Suv sarfi dinamikasi

2010 – 2024-yillar davomida tahlil qilingan hududlarda suv sarfi dinamikasi turlicha tendensiyalarni namoyon qildi (1,2-rasm). Statistik tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

Namangan, Sirdaryo va Farg'ona viloyatlarida statistik ahamiyatli kamayish trendlari kuzatildi. Xususan, Namangan viloyatida eng yuqori manfiy trend qayd etildi ($\beta = -0.150 \text{ m}^3/\text{s/yil}$, $R^2 = 0.757$, $p < 0.001$). Bu holat yuqori oqimda suv miqdorining kamayishi, havo harorati oshishi hisobiga bug'lanishning kuchayishi va sug'orish tizimlaridagi o'zgarishlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin. 2050-yilga prognoz $5.78 \text{ m}^3/\text{s}$, 2010-yilga nisbatan 51%ga kamayishi kutilmoqda.

Namangan viloyati bo'yicha bunday kamayishni bir nechta omil bilan tushuntirish mumkin. Eng asosiy sabab – Norin daryosi yuqori oqimidagi muzlik zaxiralarning tizimli kamayishidir, Tyan-Shan muzliklari 1961 – 2012-yillar mobaynida massasi-ning 27%ni va maydonining 18% ini yo'qotgan [17], so'nggi kuzatuvlarga ko'ra maydon kamayish sur'ati yiliga $0,87\text{--}1,49\%$ ga tezlashgan [18]. Bu qisqa muddatda oqimni vaqtincha oshirsa-

da, muzlik zaxiralari tugashi bilan daryo oqimi noaniqligi ortadi. Ikkinchi omil — sug'orish tizimlarini modernizatsiya qilish, zamonaviy sug'orish usullarida suv o'simliklar tomonidan to'liqroq o'zlashtiriladi, drenaj tarmog'iga tushadigan qaytim suvi esa kamayadi [19, 20]. Uchinchi omil — iqlim o'zgarishi, Markaziy Osiyoda 1979 – 2011-yillar mobaynida o'rtacha yillik harorat har o'n yilda $0,32^\circ\text{C}$ sur'atda oshgan, bu global o'rtacha ko'rsatkichdan sezilarli darajada yuqori [21]. Uzoq muddatli tendensiya hisobida umumiy isish $1,0\text{--}1,5^\circ\text{C}$ ga baholanadi [22]. Iqlim isishi bug'lanishni kuchaytirib, drenajga chiqadigan suv hajmini yanada kamaytiradi.

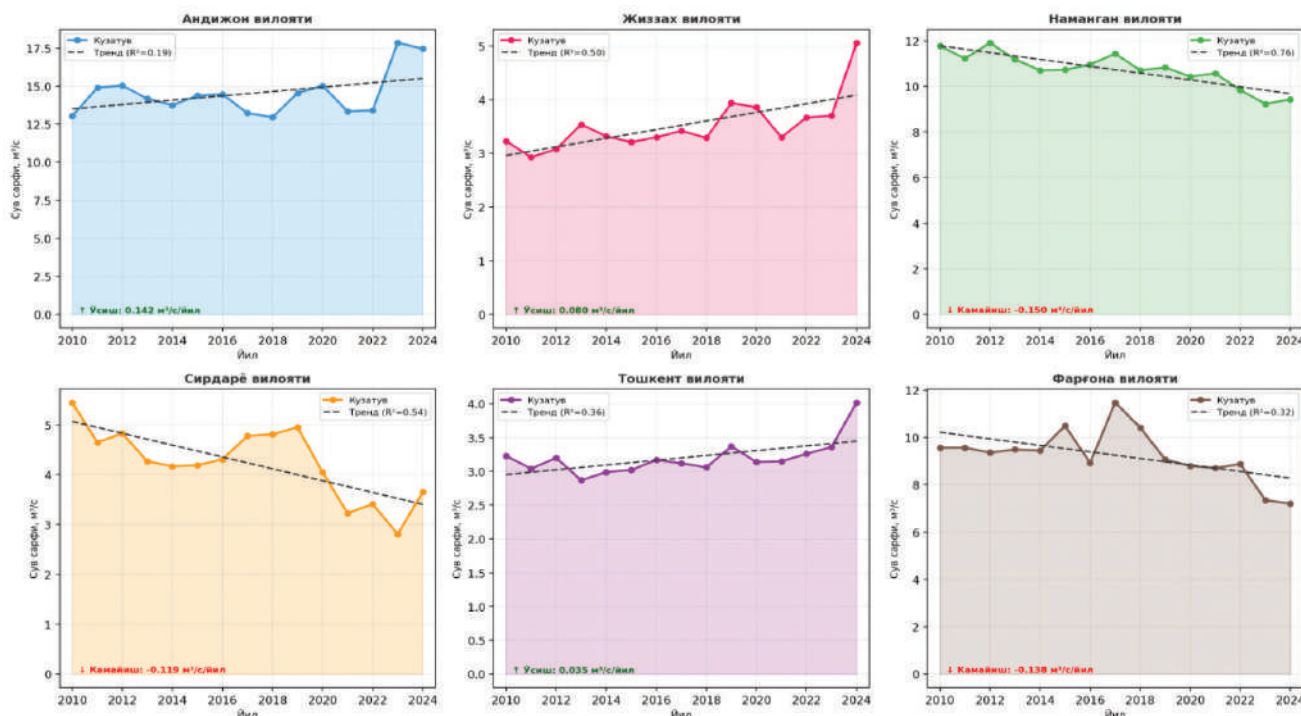
Sirdaryo viloyatida ham suv sarfining ishonchli kamayishi kuzatildi ($\beta = -0.119 \text{ m}^3/\text{s/yil}$, $p = 0.002$). Prognoz natijalariga ko'ra, 2050-yilga kelib suv sarfi kritik darajada qisqarishi mumkin. Bu esa kollektor-zovur tizimlari faoliyatining barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. 2050-yilga prognoz $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$, 2010-yilga nisbatan 93%ga kamayishi kutilmoqda.

Sirdaryo viloyatidagi prognozni uning gidrologik joylashuvi bilan tushuntirish mumkin. Viloyat o'rta oqimda joylashgan.

1-jadval.

Kollektor suv sarfi bo'yicha tasviriy statistika ma'lumotlari, OLS va Sen trend va 2050-yilga prognoz ko'rsatkichlari (2010 – 2024). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Viloyat	O'rtacha (m^3/s)	OLS β ($\text{m}^3/\text{s/yil}$)	Sen β ($\text{m}^3/\text{s/yil}$)	R^2	p-qiymat	CV (%)	2050 Prognoz (m^3/s)
Andijon	14.51	+0.142	+0.138	0.189	0.106	9.8	19.2
Jizzax	3.52	+0.080	+0.077	0.496	0.003 **	14.0	6.2
Namangan	10.73	-0.150	-0.148	0.757	<0.001 ***	6.9	5.8
Sirdaryo	4.24	-0.119	-0.121	0.544	0.002 **	16.4	0.3
Toshkent	3.20	+0.035	+0.033	0.360	0.018 *	8.0	4.4
Farg'ona	9.25	-0.138	-0.141	0.319	0.028 *	11.4	4.7



1-rasm. Viloyatlar kollektorlari o'rtacha suv sarfi dinamikasi va OLS trend chiziqlari (2010 – 2024).

Yuqori oqimda joylashgan viloyatlar sug'orishga suv olganidan so'ng qolgan suv hajmigina Sirdaryoga tushadi. Shu sababli yuqoridagi suv sarfi kamaysa, Sirdaryo viloyatidagi kollektorlarga kiradigan suv ham proporsional ravishda kamayadi – kaskad effekti kuzatiladi [2, 23]. Qo'shimcha omil sifatida ushbu hududda tuproqning tabiiy drenaji past bo'lib, tarixan oshiqcha sug'orish normalari belgilangan, normativ normalarga o'tish drenaj hajmini tezda kamaytiradi.

Farg'ona viloyatidagi manfiy trendlar ($\beta = -0.138$, $p = 0.028$, $R^2 = 0.319$) vodiylar hududida suv iste'molining ortishi va gidrologik noustuvorlik bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Farg'ona viloyatida trend aniq kuzatilsa-da, $R^2 = 0.319$ ko'rsatkichi uning bir emas, bir nechta omil ta'siri ostida shakllanishini bildiradi. Birinchidan, vodiylar sug'orilgan maydonlarning kengayishi sug'orishga sarflanadigan suv hajmini oshirdi va bu bir vaqtda daryoga qaytadigan drenaj suvini nisbatan kamaytiradi. Ikkinchidan, kanallarni betonlash va tomchilatib sug'orishga bosqichma-bosqich o'tish drenaj suvi miqdorini pasaytirmoqda [19]. Uchinchidan, yog'ingarchilik miqdorining yildan-yilga o'zgaruvchanligi trendga ta'sir ko'rsatadi [3,4]. Natijada Farg'onadagi trend sug'orish rejimi va iqlim omillarining bir xil og'irlikka ega bo'lmagan birgalikdagi ta'sirini aks ettiradi.

Jizzax viloyatida aksincha, suv sarfining o'sish tendensiyasi kuzatildi ($\beta = +0.080$ m³/s/yil, $p = 0.003$). Mazkur tendensiya yer osti suvlari sathining ko'tarilishi va drenaj oqimlarining ko'payishi bilan izohlanishi mumkin. Toshkent viloyatida ham ishonchli o'sish tendensiyasi ($\beta = +0.035$, $p = 0.018$, $R^2 = 0.360$) kuzatildi.

Jizzax viloyatidagi o'sish tendensiyasi ko'proq hududning meliorativ xususiyatlari bilan bog'liq. Jizzax tekisligi tabiatan sho'rlanishga moyil va tabiiy drenaji past. Sho'rlangan yerlarni tuzsizlantirish uchun jadal yuvish suvlari beriladi, bu zovurlarga tushadigan suv hajmini oshiradi [24,25]. Bundan tashqari, keyingi o'n yilliklarda Jizzax dashtida yangi irrigatsiya obyektlari ishga tushirilishi eski drenaj tarmoqlariga yuk tushirdi va ularning ish hajmini tizimli ravishda ko'paytirdi [24,25].

Toshkent viloyatidagi o'sish ($\beta = +0.035$ m³/s/yil) esa boshqacha xususiyatga ega: bu yerda shahar va sanoat oqova suvlarining kollektor tarmoqlariga qo'shilishi va Chirchiq-Ohangaron irrigatsiya tizimi kengayishi asosiy rol o'ynaydi.

Andijon viloyatida o'rtacha suv sarfi 14.51 m³/s, chiziqli regressiya $\beta = +0.142$ m³/s/yil trend ko'rsatdi, lekin bu statistik jihatdan ahamiyatli emas ($p = 0.106$, $R^2 = 0.189$). 2022 – 2024-yillardagi yuqori ko'rsatkichlar (17.85 va 17.47 m³/s) Farg'ona vodiysida normadan oshiq yog'ingarchilik bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Shuningdek, Andijon viloyatida trendning statistik jihatdan aniqlanmasligi xo'jalik faoliyatiga kuchliroq bog'liq. Sababi Norin va Qoradaryodan oqim Andijon va Uchqo'rg'on suv omborlari orqali barqarorlashtiriladi, shu bois kollektor sarfi tabiiy oqim tebranishlariga emas, balki xo'jalik faoliyatiga kuchliroq bog'liq [2].

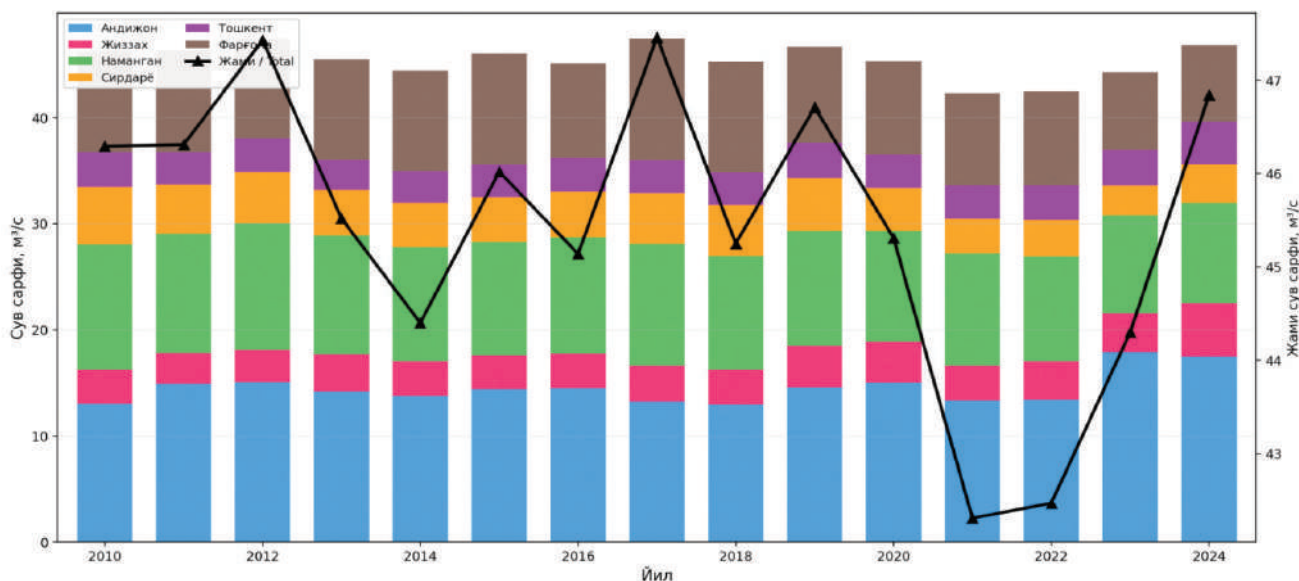
4.2. Minerallashuv tahlili

Kollektor-zovur suvlari minerallashuv darajalari hududlar kesimida sezilarli farq qildi (3-rasm, 2-jadval).

Eng yuqori minerallashuv Jizzax viloyatida qayd etildi – o'rtacha 3.77 g/l (2.81–4.31 g/l oralig'ida), bu irrigatsiya suvlari uchun tavsiya etilgan me'yorlardan ancha yuqori hisoblanadi.

Jizzax viloyatida minerallashuvning o'sish tendensiyasi (+0.040 g/l/yil) kelajakda ikkilamchi tuproq sho'rlanishi xavfining kuchayishini ko'rsatadi. 2050-yilga kelib, minerallashuv 5.5 g/l dan oshishini ko'rsatmoqda, natijada tuproqning ikkilamchi sho'rlanishi kuchayib, qishloq xo'jaligi yerlarining meliorativ holati yomonlashishi ehtimoli ortishi mumkin [26].

Jizzax viloyatidagi minerallashuvning tizimli o'sishi (+0.040 g/l/yil) uchta o'zaro bog'liq jarayonning birgalikdagi natijasidir. Birinchidan, sho'rlangan yerlarni tuzsizlantirish uchun ko'proq yuvish suvi beriladi, tuproqdagi tuzlar erib kollektorga yuqori konsentratsiyali suv olib chiqadi [24, 25]. Ikkinchidan, aridlashuv kuchayishi bilan ochiq kanallardan bug'lanish ortadi, suv kamayadi, ammo tuzlar qoladi, demak konsentratsiya oshadi [6]. Uchinchidan, drenaj suvini mahalliy sug'orishga qayta ishlatish ko'paygan sari tuzlangan suv tuproq orqali yana o'tib, yanada to'yingan holda zovurga qaytadi [25, 26].



■ 2-rasm. Viloyatlar kesimida kollektor-zovur suvlari hajmining o'zgarishi (2010 – 2024).

Kollektor-zovur suvlari minerallashuvi (g/l), o'rtacha va trend (↑ o'sish, ↓ kamayish) ma'lumotlari

Viloyat	2010	2013	2016	2019	2022	2024	O'rtacha	Trend
Andijon	0.844	1.018	0.834	0.792	0.786	0.650	0.872	↓ -0.016
Jizzax	3.399	3.674	4.005	3.270	3.815	4.200	3.772	↑ +0.040
Namangan	0.785	0.741	0.917	0.969	0.901	0.639	0.838	↑ +0.010
Sirdaryo	2.544	2.617	2.629	2.272	2.278	2.225	2.445	↓ -0.021
Toshkent	1.203	1.250	1.447	1.352	0.954	1.056	1.247	↓ -0.010
Farg'ona	1.456	1.345	1.527	1.514	1.540	1.457	1.497	↑ +0.005

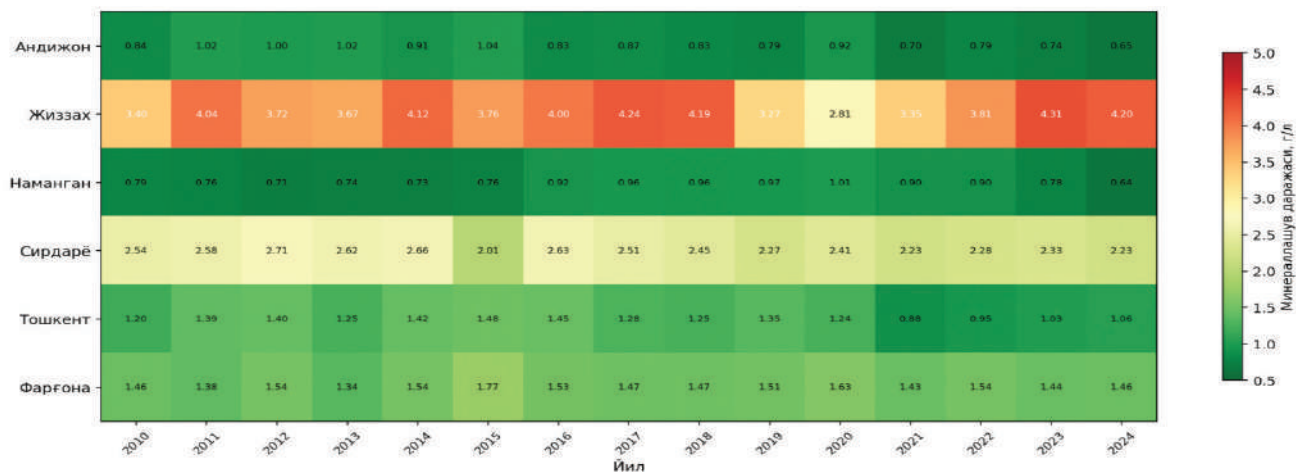
Andijon va Namangan viloyatlarida minerallashuv ko'rsatkichlari nisbatan barqaror (0.64–1.04 g/l) saqlangan bo'lsa, Sirdaryo viloyatida o'rtacha minerallashuv – 2.45 g/l, yuqori bo'lishiga qaramasdan, ma'lum darajada pasayish tendensiyasi (–0.021 g/l/yil) kuzatildi.

Andijon va Namangan viloyatlarida minerallashuv darajasining (0.64–1.04 g/l) barqaror saqlanganligi, bu viloyatlar bevosita daryoning yuqori oqimida joylashganligi, kollektor-zovur tarmog'i yer osti suvlari sathini nazoratda ushlab, kapillyar tuzlanishning oldini olishi, hududdagi nisbatan yuqori o'simlik qoplami va biologik jarayonlar suv-tuz balansini tezroq tiklashga imkon berishi bilan izohlanadi.

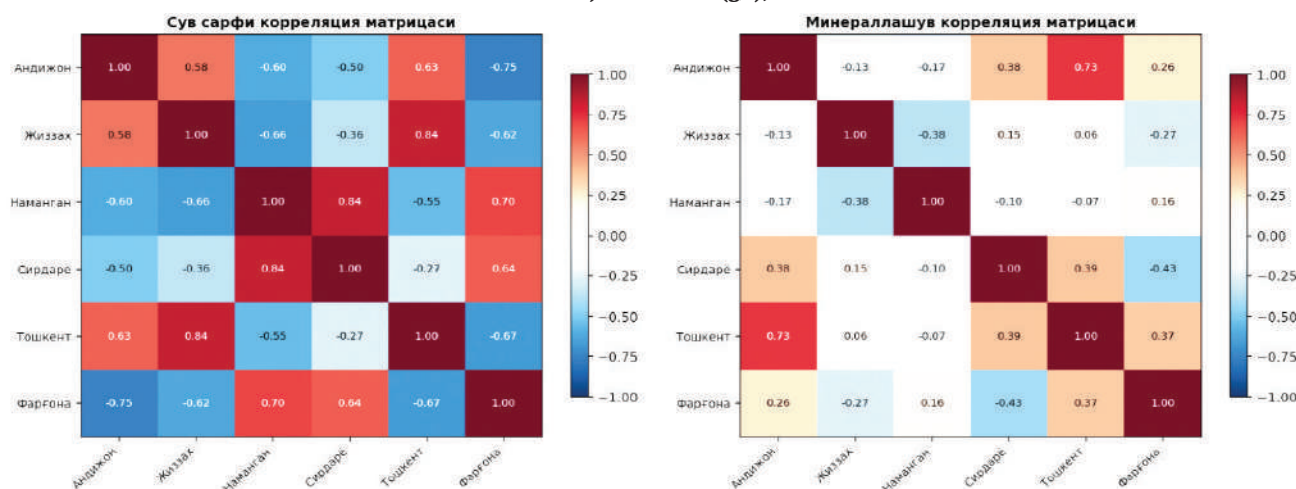
Sirdaryo viloyatida minerallashuv yuqori (2.45 g/l) — ammo trend manfiy (–0.021 g/l/yil). Bu zohiriy ziddiyatning kaliti suyultirish effektividadir: viloyat o'rta oqimida joylashganligi sababli yuqoridan oqib keladigan nisbatan kam tuzli Sirdaryo suvi kollektor suvlarini suyultiradi. Tuproq sho'rlanishini nazoratda ushlab maqsadida yuvish me'yorlarini optimallashtirish ishlari ham tuproqdan eriydigan tuz miqdorini cheklaydi [2].

4.3. Korrelyatsiya tahlili

Viloyatlararo suv sarfi bo'yicha Pirson korrelyatsiya tahlili Andijon – Farg'ona ($r = 0.41$) va Andijon – Namangan ($r = 0.32$) hududlari o'rtasida musbat gidrologik bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi (4,5-rasm). Bu hududlarda umumiy iqlim va irrigatsiya omillari ta'siri ustun ekanligini anglatadi.



3-rasm. Kollektor-zovur suvlari minerallashuv darajasi xaritasi (g/l), 2010 – 2024.

4-rasm. Pirson korrelyatsiya matritsalarini: suv sarfi va minerallashuv ($n = 15$, 2010 – 2024).

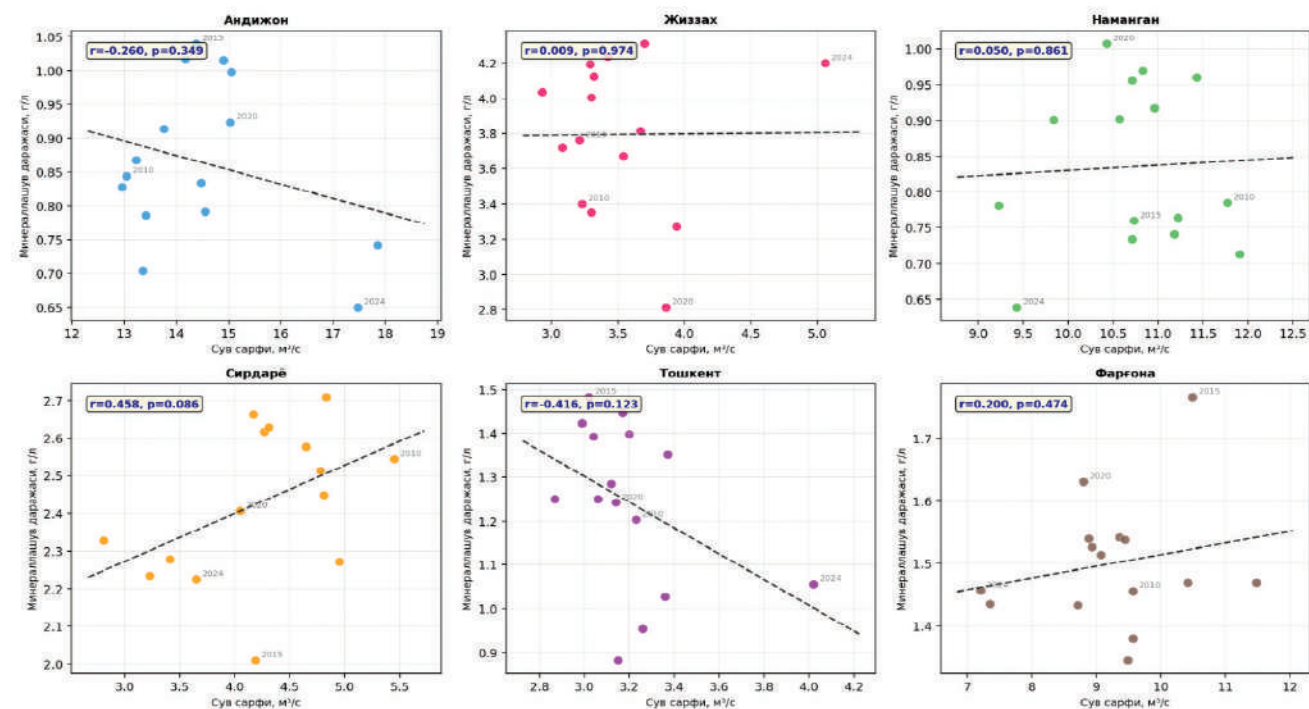
Jizzax viloyati boshqa viloyatlar bilan zaif va salbiy korrelyatsiya ($|r| < 0.25$) namoyon etib, mustaqil gidrologik xususiyatlarni namoyon qildi. Jizzax viloyatida suv sarfi va minerallashuv o'rtasida manfiy korrelyatsiya ($r = -0.56$, $p < 0.05$) aniqlandi, bu yuqori suv sarfi sharoitida suyultirish effekti ustunligini ko'rsatadi, ya'ni suv sarfi oshganda kollektorga tuproq orqali yuvilib tushgan kam tuzli suv tushadi, natijada umumiy konsentratsiya pasayadi. Namangan viloyatida esa kuchli konsentratsiya effekti kuzatildi ($r = -0.73$, $p < 0.01$), ya'ni suv

sarfi kamayganda kollektor chuqurroq tuzli tuproq qatlamlardan suv ola boshlaydi, natijada minerallashuv keskin oshadi (4-rasm)

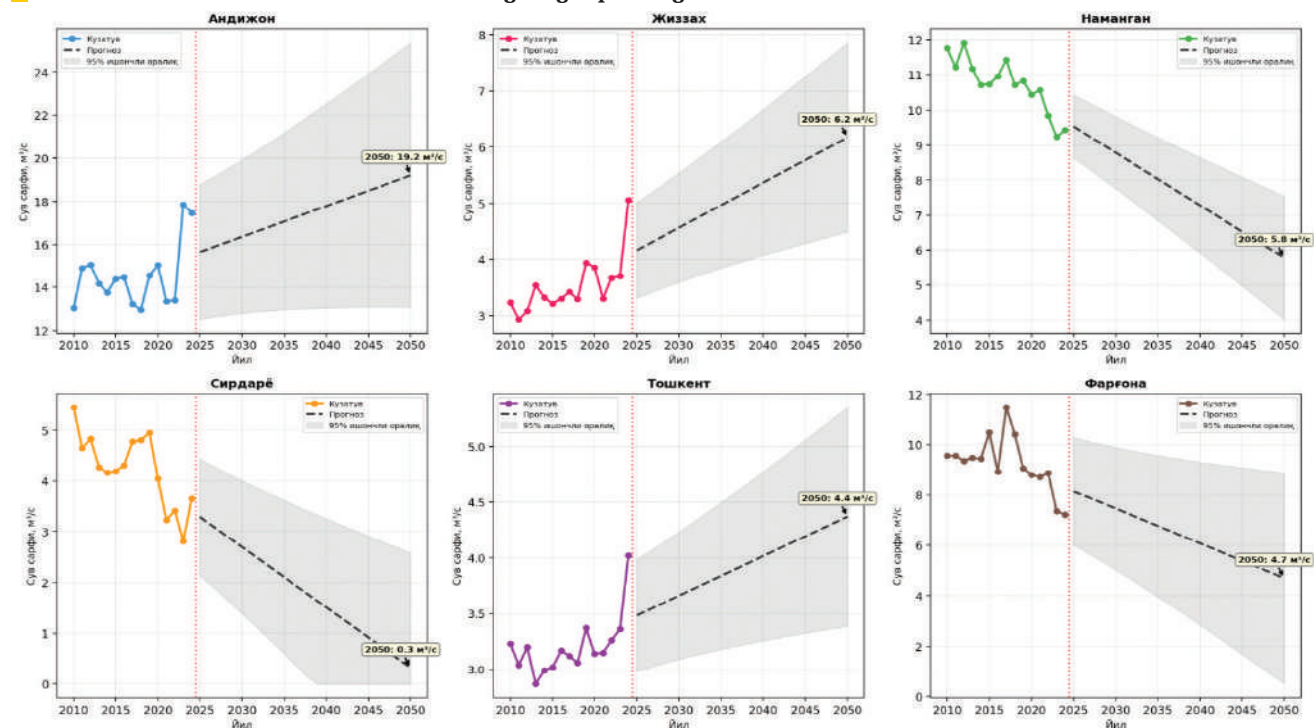
Olingan natijalar Markaziy Osiyoda iqlim o'zgarishi ta'sirida suv resurslari barqarorligi pasayib borayotganini ko'rsatuvchi ilmiy tadqiqotlar bilan muvofiq keladi.

5. PROGNOZ

Chiziqli regressiya modeli asosida 2025 – 2050-yillar uchun 95% ishonchli oraliq bilan prognoz tuzildi (6-rasm). Tuzilgan prognoz modellari hududlar kesimida sezilarli farqlarni namoyon



5-rasm. Suv sarfi va minerallashuv orasidagi bog'liqlik diagrammalari.



6-rasm. Kollektor-zovur suvlari sarfi 2050-yilgacha prognoz (95% ishonchli oraliq bilan).

qildi. Ishonchli oraliqlar 2030-yildan keyin sezilarli kengayadi, bu chiziqli prognoz modelining chiziqsiz o'zgarish va chegara effektlarini to'liq aks ettira olmasligidan kelib chiqadi.

Sirdaryo va uning irmoqlari uchun tuzilgan mavsumiy regressiya modellarida 2030-yildan keyingi noaniqlik oraliqlarining kengayishi barcha Markaziy Osiyo havzalari uchun umumiy xususiyat sanaladi [27]. Muzlik zaxiralariga bog'liq gidrologik prognozlarda 2040-yildan keyingi vaqt gorizonti uchun noaniqlik doirasining keskin ortishini aniqlangan [5]. Bu holat prognoz modelining kamchiligi emas, balki iqlim tizimining o'zidagi obyektiv noaniqlikni aks ettiradi.

Sirdaryo viloyatida suv sarfi 2050-yilga kelib 2010-yilga nisbatan 93% qisqarishi, ya'ni $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$ gacha (95% CI: 0.00–1.85) kamayishi mumkin. Namangan – $5.78 \text{ m}^3/\text{s}$ (–51%), Farg'ona – $4.70 \text{ m}^3/\text{s}$ (–51%) viloyatlarida ham sezilarli pasayish tendensiyasi prognoz qilinmoqda. Aksincha, Jizzax – $6.17 \text{ m}^3/\text{s}$ (+91%) viloyatida suv sarfining o'sishi saqlanib qolishi mumkin. Biroq bu ijobiy gidrologik holat emas, balki yer osti suvlari bilan bog'liq muammolar kuchayishini anglatishi mumkin. Bu adabiyotlarda tavsiflangan gidrologik dinamikaga muvofiq keladi [24].

Jahon bankining O'zbekiston iqlim va taraqqiyot hisobotida Sirdaryo havzasida 2°C isish ssenariyida ham suv resurslari 2050-yilga qadar 5% ga kamayishi prognoz qilingan, ayrim irmoqlar bo'yicha 30–40% li kamayish kutilmoqda [28]. Qirg'iziston transchegaraviy daryolari uchun SSP4.5 va SSP8.5 ssenariylarida 2050 – 2080-yillar uchun oqim 15–50% ga kamayishini prognoz qilingan [29]. Sirdaryo havzasi bo'yicha 51% li prognoz ushbu diapazonga mos keladi.

2030-yildan keyin ishonchli oraliqlarning kengayishi uzoq muddatli gidrologik prognozlarda noaniqlik darajasi ortib borishini ko'rsatadi. Markaziy Osiyo irmoqlari uchun MODIS qor qoplamasi ma'lumotlari asosida mavsumiy prognozning 2030-yildan keyin ishonchligi pasayishini ko'rsatdi. Bunga asosiy sabab qor yog'ish rejimining yildan-yilga keskin o'zgaruvchanligidir [30].

6. OROL DENGIZIGA SUV QUYILISHI

Sirdaryo deltasiga 2010 – 2023-yillar vegetatsiya davrida

(aprel-sentyabr) berilgan suv hajmlarini (3-jadval) hamda dinamikasi o'rganildi va prognozlashtirildi (7-rasm).

Orol dengiziga suv berilishi prognozi global iqlim o'zgarishi tadqiqotlari kontekstida muhim ahamiyatga ega. Sirdaryo deltasiga berilgan suv hajmining 1960 – 2000-yillarda $50 \text{ km}^3/\text{yil}$ dan juda past ko'rsatkichlargacha pasayishi tarixan tasdiqlangan [31, 32]. Tadqiqotlarga ko'ra, 2023 – 2050-yillarda Orol dengizi havzasiga berilgan suv hajmi yana 20–30% ga kamayishi kutilmoqda [33]. Shu sababli Sirdaryo deltasiga berilgan suv hajmining mazkur tadqiqotda aniqlangan kamayish tendensiyasi nafaqat gidrologik, balki ekologik va mintaqaviy siyosiy ahamiyatga ham ega.

Tahlil natijalari Sirdaryo deltasiga suv yetkazib berish hajmlarida keskin yillararo o'zgaruvchanlik mavjudligini ko'rsatdi.

2010 ($4,260 \text{ mln.m}^3$, rejaning 174%) va 2017 ($4,224 \text{ mln.m}^3$, 310%) yillarda yuqori suv ta'minoti kuzatilgan bo'lsa, 2020 – 2021-yillarda (mos ravishda 484 mln.m^3 (46%) va 321 mln.m^3) tarixiy minimum qayd etildi. Xususan, 2021-yilda rejalashtirilgan suv hajmining faqat 25.4% qismi amalga oshirilgan.

2010 – 2023-yillar davomida Orol dengiziga Sirdaryo orqali berilgan suv miqdori yildan-yilga juda keskin o'zgargan. Bunday noaniqlikning asosiy sabablaridan biri suv resurslarini irrigatsiya va gidroenergetika maqsadlarida ishlatilishi bilan bog'liq [34]. 2020-2021-yillardagi kam qor, tog' irmoqlari zaxirasining kritik darajaga tushishi va transchegaraviy muvofiqqlashtirish bo'shliqlari birgalikda yuzaga keltirdi [2, 34].

Mann-Kendall testi natijalari umumiy manfiy trendning statistik ahamiyatli ekanligini tasdiqladi ($p = 0.008$).

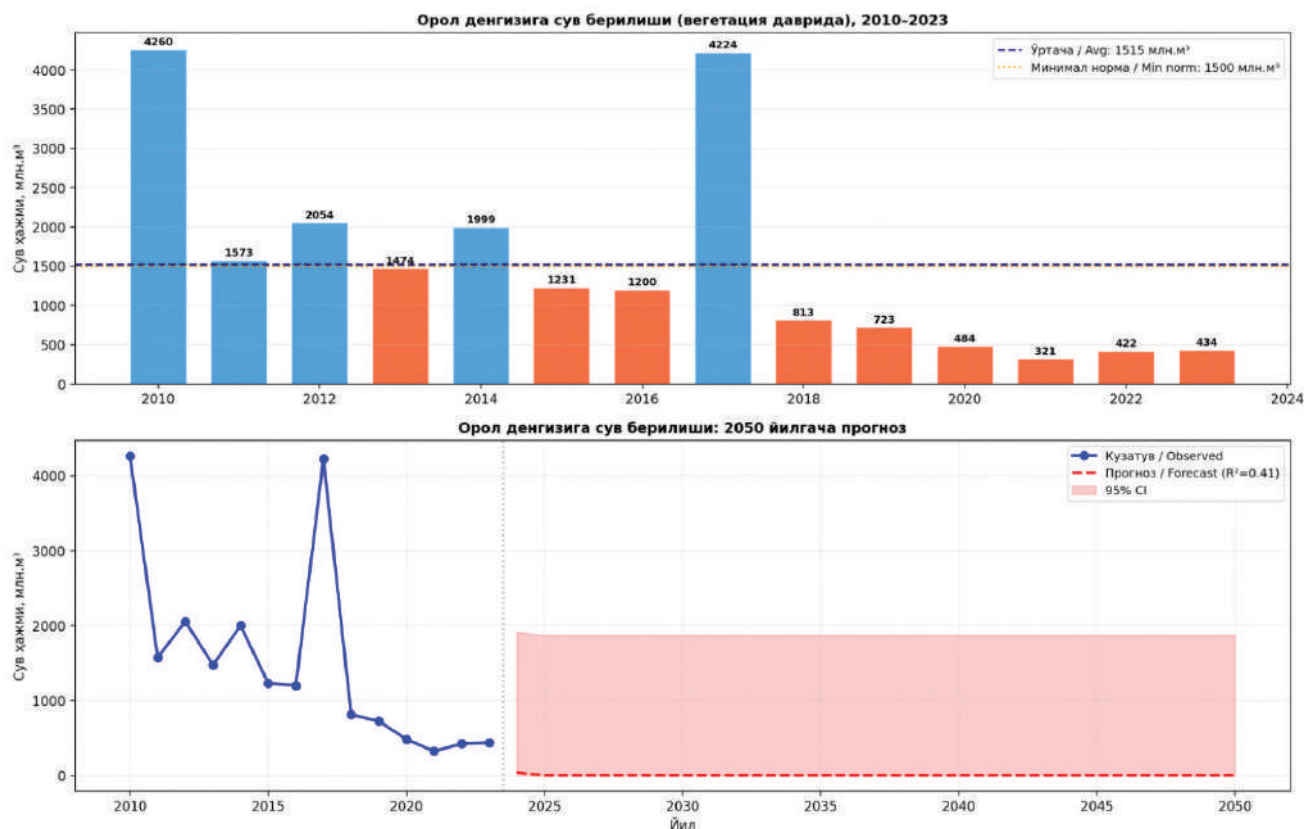
Vegetatsiyadan tashqari davrda ham shunday tendensiya kuzatildi: 2021-2022-yillar mavsumida 202 mln.m^3 (rejaning 18.1%) – kuzatuv davridagi eng past ko'rsatkich. Chiziqli prognoz 2050-yilga keskin kamayishni ko'rsatmoqda, bu esa adabiyotlarda tavsiflangan ekologik bosimning ortishiga olib kelishi mumkin [31, 32].

Orol dengiziga suv berilishining uzoq muddatli kamayishi yirik suv omborlari gidroenergetika rejimiga o'tkazilishi, yuqori oqim viloyatlarida sug'orish undirmasining ortishi, iqlim

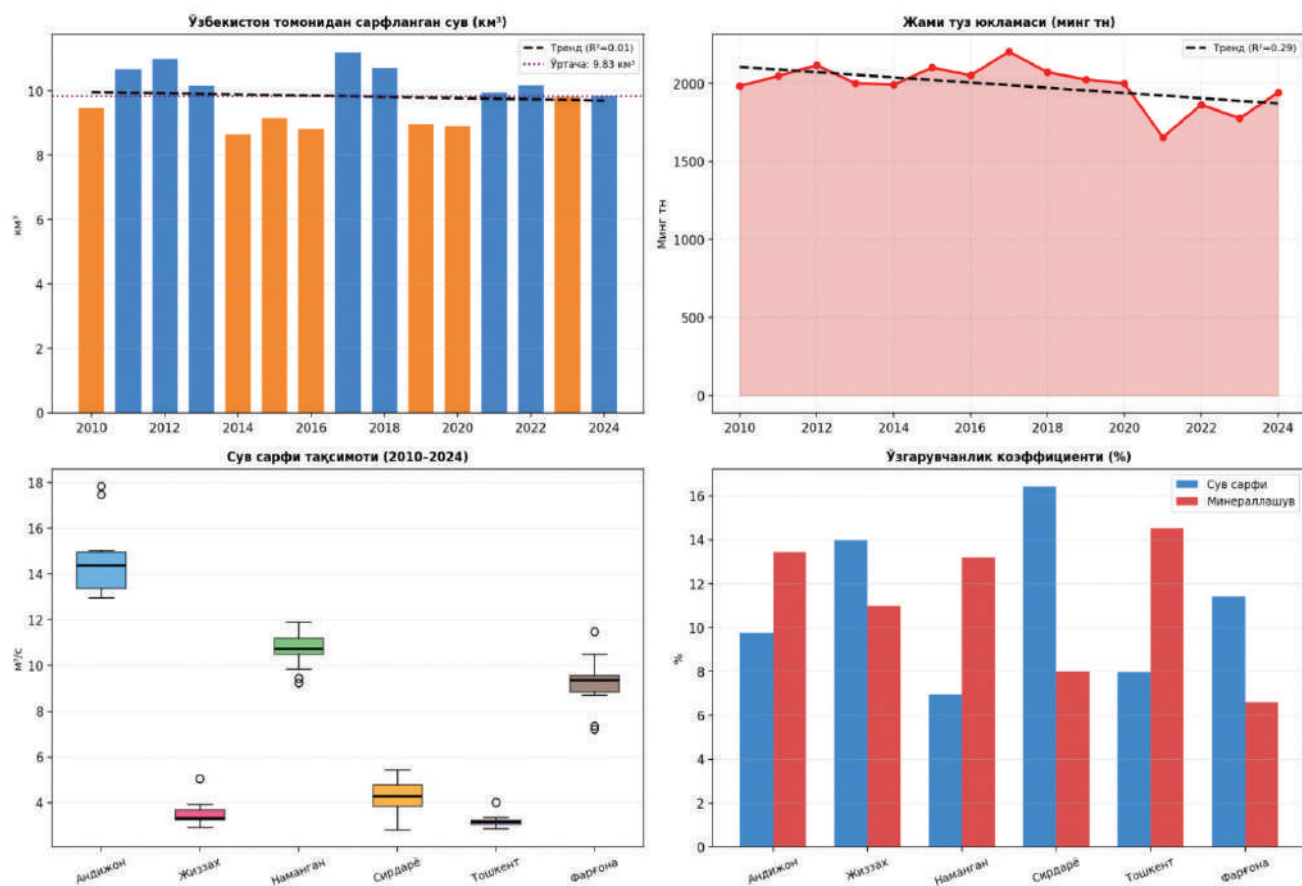
3-jadval.

Sirdaryo deltasiga 2010 – 2023-yillar vegetatsiya davrida suv berilishi hajmlari

Yil	Apr	May	Iyun	Iyul	Aug	Sep	Reja mln.m^3	Fakt mln.m^3	%
2010	682	806	728	822	530	692	2444	4260	174.3
2011	928	335	139	68	50	53	1803	1573	87.3
2012	816	386	140	56	254	402	2894	2054	71.0
2013	570	404	167	64	52	217	2422	1474	60.9
2014	247	621	288	233	211	399	1900	1999	105.2
2015	461	268	120	59	78	245	2459	1231	50.1
2016	70	51	44	214	183	638	1804	1200	66.5
2017	790	945	723	613	549	604	1363	4224	309.9
2018	360	247	82	45	16	63	1752	813	46.4
2019	145	195	93	69	90	131	1409	723	51.3
2020	134	113	70	75	26	66	1053	484	46.0
2021	134	116	11	23	17	20	1262	321	25.4
2022	130	128	44	50	70	0	815	422	51.8
2023	300	60	26	20	11	17	996	434	43.6



7-рasm. Орол денгизига сув берилиши динамикasi va 2050-йилгача прогноз.



8-рasm. Integral statistik tahlil: (a) suv sarfi taqsimoti, (b) tuz yuklamasi, (c) box-plot, (d) CV tahlili.

o'zgarishi natijasida suv resurslarining bug'lanishi kuchayishi va yerga shimilishning ortishi bilan izohlanadi [6, 34].

Ushbu holat Orolbo'yi hududida ekologik muammolar saqlanib qolayotganini hamda mintaqada suv taqsimotini yanada samarali tashkil etish zarurligini ko'rsatadi.

7. INTEGRAL STATISTIK TAHLIL

O'zgaruvchanlik koeffitsienti tahlili Sirdaryo viloyatida suv sarfi CV = 16.4% – eng yuqori beqarorlikni ko'rsatdi. Jizzax viloyatida minerallashuv CV = 18.3% – suv sifati beqarorligi yuqori. O'zbekistonning Sirdaryo havzasi bo'yicha sarflagan suv o'rtacha 9.83 km³ (2010 – 2024), statistik jihatdan ahamiyatli trend aniqlanmadi ($\beta = -0.025$ km³/yil, $p = 0.38$). Jami havza bo'yicha tuz yuklamasi 2010-yildagi 1983 ming tn.dan 2024-yilda 1885 ming tn.ga (-4.9%) tushdi (8-rasm).

8. MUHOKAMA

Olingan natijalar mavjud adabiyotlar bilan taqqoslaganda, Sirdaryo havzasidagi kollektor-zovur suvlari kamayish tendensiyalari Markaziy Osiyo trendlariga mos keladi. Adabiyotlarda sug'oriladigan maydonlardagi o'simlik qoplamasining o'zgarishi suv mavjudligi bilan chambarchas bog'liqligini isbotlagan [9]. Namangandagi ishonchli kamayish ($R^2 = 0.757$) ikkita asosiy omil – muz-qor zaxiralarining kamayishi [6] va issiqlik sharoitida bug'lanishning kuchayishi natijasida yuqori oqimdan keladigan suv miqdorining kamayishi bilan izohlanishi mumkin.

Sirdaryo viloyatidagi vaziyat alohida kollektor-zovur tizimi funksional samaradorligining sezilarli pasayishi tufayli bo'lishi mumkin. Bu holat Xorazm mintaqasi uchun o'xshash sharoitlarni tavsiflangan modellar natijalari bilan mos keladi [24]. Jizzax viloyatidagi kollektor-zovur suvlari minerallashuvining o'sish tendensiyasi adabiyotlarda tasvirlangan tuz balansi mexanizmlari bilan mos [26]. Jizzax viloyatida suv sarfi oshgan sayin minerallashuv pasayishi ($r = -0.56$) suyultirish effektini, Namanganda ($r = -0.73$) konsentratsiya effektini ko'rsatadi.

Orol dengiziga suv berilishining jiddiy kamayishi (2010-yilda 4,260 mln.m³dan 2021-yilda 321 mln.m³ga) [31] va bu Orol dengizini qutqarish xalqaro jamg'armasi doirasida tavsiflangan tizimli suv tanqisligi bilan mos keladi. 2017-yildagi anomaliya (4,224 mln.m³, 310%) yirik suv omborlaridan doimiy suv chiqarilishi imkoniyatini isbotlaydi [6].

8.1. Cheklovlar

Tadqiqotning ayrim cheklovlarini qayd etish lozim. Birinchidan, kuzatuv davrining nisbatan qisqa ekanligi ($n = 15$ yil) uzoq muddatli gidroiqlim o'zgaruvchanligini to'liq baholash imkonini cheklashi mumkin. Shu sababli Mann-Kendall testi asosiy xulosa chiqarish vositasi sifatida qo'llanildi, OLS regressiya esa qo'shimcha tasdiqlovchi usul sifatida ishlatildi.

Ikkinchidan, chiziqli prognoz modeli chegara effektlari va chiziqsiz bog'liqliklarni to'liq aks ettirmasligi ehtimoldan xoli emas.

Uchinchidan, viloyat darajasidagi agregatsiya mahalliy hududiy tafvutlarni yumshatishi mumkin.

Kelgusidagi tadqiqotlarda CMIP6 iqlim ssenariylari, masofadan zondlash ma'lumotlari hamda SWAT va VIC kabi gidrologik modellar bilan integratsiyalashgan yondashuvlarni qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

9. XULOSALAR

Tadqiqot natijalari Sirdaryo havzasidagi kollektor-zovur tarmoqlari gidrologiyasida muhim hududiy va vaqtinchalik o'zgarishlar mavjudligini ko'rsatdi.

Namangan ($\beta = -0.150$ m³/s/yil, $R^2 = 0.757$, $p < 0.001$), Sirdaryo ($\beta = -0.119$, $p = 0.002$) va Farg'ona ($\beta = -0.138$, $p = 0.028$) viloyatlarida statistik jihatdan ishonchli kamayish tendensiyasi OLS va Mann-Kendall testlari orqali tasdiqlandi. Namangandagi $R^2 = 0.757$ ko'rsatkichi 15 yillik gidroiqlim qatori uchun nihoyatda yuqori – vaqt omili dispersiyaning 75.7% ni izohlaydi.

Jizzax ($\beta = +0.080$, $p = 0.003$) va Toshkent ($\beta = +0.035$, $p = 0.018$) viloyatlarida ishonchli o'sish tendensiyasi aniqlandi.

2050-yilgacha bo'lgan prognozlar ayrim hududlarda kollektor-zovur tizimlari funksional samaradorligining keskin pasayishini ko'rsatmoqda. 2050-yilga kelib, Sirdaryo viloyatida kollektorlar suv sarfi 0.32 m³/s (-93%), Namanganda 5.78 m³/s (-51%), Farg'onada 4.70 m³/s (-51%) prognoz qilinmoqda. Ushbu prognozlar mintaqaviy suv xo'jaligi infratuzilmasini rejalashtirish darajasida e'tibor qaratilishi lozimligini anglatadi.

Jizzax viloyatida o'rtacha minerallashuv 3.77 g/l – normativ chegaradan 2–4 barobar ortiq, o'sish tendensiyasi (+0.040 g/l/yil) 2050-yilga 5.5 g/l dan oshishini ko'rsatmoqda. Jizzax viloyatida minerallashuv darajasining yuqoriligi va uning o'sish tendensiyasi qishloq xo'jaligi uchun jiddiy ekologik xavflarni keltirib chiqarishi mumkin

Orol dengiziga suv berilishi (MK: $S = -57$, $p = 0.008$) ishonchli kamayish ko'rsatdi. 2021-yilda rejaning 25.4% ijro etildi – tarixiy minimum. Orol dengiziga suv yetkazib berish hajmlarining kamayishi havzadagi ekologik bosimning ortib borayotganini tasdiqlaydi.

Namangan ($r = -0.73$, $p < 0.01$) va Jizzax ($r = -0.56$, $p < 0.05$) viloyatlarida suv sarfi va minerallashuv o'rtasida konsentratsiya va suyultirish effektlari tasdiqlandi.

Tadqiqot natijalari suv resurslarini boshqarish, gidromeliorativ tizimlarni takomillashtirish va iqlim o'zgarishiga moslashish bo'yicha amaliy chora-tadbirlarni ishlab chiqishda foydalanilishi mumkin.

10. AMALIY TAVSIYALAR

Tadqiqot natijalariga asoslanib, quyidagi amaliy chora-tadbirlar tavsiya etiladi:

Namangan, Sirdaryo va Farg'ona viloyatlarida tomchilatib sug'orish tizimlarini kengaytirish suv sarfini 30–50% tejash imkonini beradi. Shuningdek, suv tanqisligi yuqori bo'lgan hududlarda suv tejovchi irrigatsiya texnologiyalarini keng joriy etish. Suv resurslarini muvofiqlashtirish davlatlararo komissiyasi (ICWC) tajribalari 35–45% tejashni tasdiqlagan [6].

Jizzax viloyatida yuqori minerallashgan kollektor suvlarini tozalash texnologiyalarini, jumladan, tuzsizlantirish texnologiyalari (teskari osmos, elektrodializ) rivojlantirish. Bu kollektor-zovur suvlarini qishloq xo'jaligi uchun ishlatishga yaroqli resursga aylantiradi [26].

Orol dengiziga suv berilishini oshirish uchun Orol dengizini qutqarish xalqaro jamg'armasi ta'sischi davlatlari o'rtasida suv taqsimoti kvotalarini qayta ko'rib chiqish va Sirdaryo deltasi uchun majburiy minimal ekologik oqim (1,200–1,500 mln.m³/vegetatsiya) belgilash zarur [32].

Orol dengizi deltasiga mavsumiy suv berilishini rejalashtirishda ko'p maqsadli optimallashtirish usullarini qo'llash tavsiya etiladi [35].

Gidrometeorologik monitoring tarmog'ini kuchaytirish: avtomatlashtirilgan IoT (narsalar interneti) sensorlar va sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini real vaqt rejimida qayta ishlovchi tizimga integratsiyalash tavsiya etiladi.

2050-yilgacha prognoz ssenariylarni O'zbekistonning iqlim o'zgarishiga moslashish dasturi va suv sektorini rivojlantirish dasturiga kiritish zarur.

Kelgusidagi tadqiqotlar CMIP6 iqlim ssenariylari va SWAT va VIC gidrologik modellari bilan integratsiyani nazarda tutishi kerak bo'lish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UNESCO-IHP. (2009). *Syr Darya River Basin. HYCOS Regional Component Project*. UNESCO International Hydrological Programme. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000183671>
2. Dukhovny, V. A., & Sokolov, V. I. (2021). *Water in Central Asia: Past, Present and Future* (2nd ed.). CRC Press / Balkema. <https://doi.org/10.1201/9781003112419>
3. Xenarios, S., Gafurov, A., Schmidt-Vogt, D., Sehring, J., Manandhar, S., Hergarten, C., & Shigaeva, J. (2019). Climate change and adaptation of mountain societies in Central Asia: uncertainties, knowledge gaps, and data constraints. *Regional Environmental Change*, 19(5), 1339–1352. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1384-9>
4. IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
5. Immerzeel, W. W., Lutz, A. F., Andrade, M., Bahl, A., Biemans, H., Bolch, T., Hyde, S., & Baillie, J. E. M. (2020). Importance and vulnerability of the world's water towers. *Nature*, 577(7790), 364–369. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1822-y>
6. Духовный В.А., Соколов В.И., Мантритхилаке Х. Водные ресурсы Центральной Азии: современное состояние и перспективы использования. – Ташкент: Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (НИИ МКВК), 2020. – ISBN 978-9943-6022-5-9.
7. Gapporov X.L., Qulmatov R.A. (2025). Iqlim o'zgarishlari sharoitida Amudaryo va Sirdaryo havzasi suv resurslarining miqdor va sifat ko'rsatkichlarini baholash (O'zbekiston hududi). *Irrigatsiya va melioratsiya*, №2 (40), 18–26 betlar.
8. Gapporov X.L., Qulmatov R.A. (2025). Iqlim o'zgarishlari sharoitida Sirdaryo havzasi kollektor-zovur suvlari holatini baholash (O'zbekiston hududi). *"Iqlim o'zgarishi va barqaror rivojlanishda ilm-fan yutuqlari" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumaning materiallari to'plami*. 24–25 oktyabr, 2025. Jizzax. II qism, 367–376-betlar.
9. Conrad, C., Colditz, R. R., Dech, S., Klein, D., & Vlek, P. L. G. (2011). Temporal segmentation of MODIS time series for improving crop classification in Central Asian irrigation systems. *International Journal of Remote Sensing*, 32(23), 8763–8778. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.555492>
10. Аталыев К.Х., Сапаров У.Б. Управление трансграничными дренажными водами в бассейне Аральского моря // «Проблемы Аральского моря и Приаралья»: Сборник научных трудов НИС МКВК. – Ташкент: НИС МКВК, 2008. – С. 41–46.
11. Якубов Х.Э., Якубов М.А., Якубов Ш.Х. «Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение.» – Ташкент: Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии (НИС МКВК), 2015. – 180 с. – (Библиотека водника; Вып. 17).
12. Чембарисов Е.И., Лесник Т.Ю., Хожамуратова Р.Т., Рахимова М.Н. К очистке коллекторно-дренажных вод орошаемых массивов Средней Азии // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2016. – № 2 (98). – С. 44–50.
13. Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods* (4th ed.). Charles Griffin. ISBN: 978-0852641996.
14. Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
15. Kendall, M. G., & Stuart, A. (1973). *The Advanced Theory of Statistics: Inference and Relationship* (Vol. 2, 3rd ed.). Charles Griffin. ISBN: 978-0852641965.
16. Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
17. Farinotti, D., Longuevergne, L., Moholdt, G., Duethmann, D., Mölg, T., Bolch, T., Vorogushyn, S., & Güntner, A. (2015). Substantial glacier mass loss in the Tien Shan over the past 50 years. *Nature Geoscience*, 8(9), 716–722. <https://doi.org/10.1038/ngeo2513>
18. Zhang, Z., Liu, S., Ding, Y., Bolch, T., & Cai, J. (2023). Measuring glacier changes in the Tianshan Mountains over the past 20 years using Google Earth Engine and machine learning. *Journal of Geographical Sciences*, 33(10), 2105–2128. <https://doi.org/10.1007/s11442-023-2160-4>
19. Djumaboev, K., Hamidov, A., Anarbekov, O., Gafurov, Z., & Holmatov, B. (2021). Impact of drip irrigation on water productivity and crop yields in the Fergana Valley, Uzbekistan. *Agricultural Water Management*, 248, 106755. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106755>
20. Karimov, A., Molden, D., Khamzina, T., Platonov, A., & Ivanov, Yu. (2012). A water accounting procedure to determine the water savings potential of the Fergana Valley. *Agricultural Water Management*, 108, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.11.010>

21. Chen, X., Wang, S., Hu, Z., Zhou, Q., & Hu, Q. (2014). Temperature changes in Central Asia from 1979 to 2011 based on multiple datasets. *Journal of Climate*, 27(3), 989–1007. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00064.1>
22. Fallah, B., Sodoudi, S., Russo, E., & Cubasch, U. (2024). Future climate change over Central Asia: Insights from CMIP6 multi-model ensemble. *International Journal of Climatology*, 44(10), 3191–3210. <https://doi.org/10.1002/joc.8539>
23. Bissenbayeva, S., Abuduwaili, J., Saparova, A., & Ahmed, T. (2021). Long-term variations in runoff of the Syr Darya River Basin under climate change and human activities. *Journal of Arid Land*, 13(1), 56–70. <https://doi.org/10.1007/s40333-021-0050-0>
24. Forkutsa, I., Sommer, R., Shirokova, Y. I., Lamers, J. P. A., Kienzler, K., Tischbein, B., Martius, C., & Vlek, P. L. G. (2009). Modeling irrigated cotton with shallow water tables in the Aral Sea Basin of Uzbekistan: I. Water dynamics. *Irrigation Science*, 27(4), 331–346. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0148-1>
25. 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 (IWMI). <https://doi.org/10.22004/ag.econ.61097>
26. Qadir, M., Quill  rou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P., & Noble, A. D. (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*, 38(4), 282–295. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>
27. Bard, A., Renner, M., & Gafurov, A. (2022). Statistical forecast of seasonal discharge in Central Asia using observational records. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(4), 1019–1042. <https://doi.org/10.5194/hess-26-1019-2022>
28. World Bank. (2023). *Uzbekistan: Climate and Development Report (Country Climate and Development Report)*. Washington, D.C.: The World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/40513>
29. Kalashnikova, O. Y., Niyazov, J., Nurbatsina, A., Kodirov, S., Radchenko, Y., & Kretova, Z. (2023). Kyrgyz transboundary rivers’ runoff assessment (Syr-Darya and Amu-Darya river basins) in climate change scenarios. *Central Asian Journal of Water Research*, 9(1), 59–88. <https://doi.org/10.29258/CAJWR/2023-R1.v9-1/59-88.eng>
30. Gafurov, A., Kriegel, D., Vorogushyn, S., & Merz, B. (2021). Seasonal to sub-seasonal hydrological forecast in Central Asia to improve water management and mitigate hydrometeorological risks. *EGU General Assembly*, EGU21-16147. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-16147>
31. Micklin, P. (2016). The future Aral Sea: hope and despair. *Environmental Earth Sciences*, 75(9), 844. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5614-5>
32. Zavialov, P. O. (2005). *Physical Oceanography of the Dying Aral Sea*. Springer / Praxis Publishing. <https://doi.org/10.1007/3-540-27151-5>
33. Planetary Security Initiative (PSI). (2023). *Water and Climate Security in Central Asia: Transboundary Challenges and Policy Recommendations*. Policy Brief. The Hague: PSI / Clingendael Institute. <https://www.planetarysecurityinitiative.org>
34. Wegerich, K. (2011). Water resources in Central Asia: regional stability or patchy make-up? *Central Asian Survey*, 30(2), 275–290. <https://doi.org/10.1080/02634937.2011.565231>
35. Manshadi, H. D., Niksokhan, M. H., & Ardestani, M. (2022). Water allocation and reservoir operation optimization by using multi-objective evolutionary algorithms: A review. *Water Resources Management*, 36(15), 5703–5722. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03341-6>

РАЙОНИРОВАНИЕ ПО ИНТЕРВАЛУ КРИТИЧЕСКИХ ГЛУБИН ЗАЛЕГАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ КАШКАДАРЬЯ)

Мурадов Шухрат Одилович,

Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий при ЦА университете изучения окружающей среды и изменения климата (Green University),

Турдиева Феруза Алишеровна,

Каршинский государственный технический университет.

Аннотация. Приводится детальный анализ критических интервалов глубин залегания в зависимости от минерализации грунтовых вод по агроучасткам Кашкадарьинской области. На основе многолетних гидрогеологических данных выполнено районирование территории по степени мелиоративного риска. Выделены пять зон: благоприятная, относительно благоприятная, умеренного риска, высокого риска и критическая. Установлено, что наиболее благоприятные условия характерны для Китабского и Шахрисабзского районов, тогда как наиболее напряжённая мелиоративная обстановка наблюдается в Гузарском районе и в отдельных массивах Каршинского и Мубарекского районов. Предложенная методика районирования может быть использована для мониторинга и управления экогидрологическим режимом орошаемых земель в условиях аридных земель.

Ключевые слова: грунтовые воды, критические глубины, минерализация, районирование, мелиоративное состояние, вторичное засоление, Кашкадарьинская область.

Annotatsiya. Qashqadaryo viloyati agrohududlari bo'yicha sizot suvlari minerallashuviga bog'liq holda ularning kritik yotish chuqurliklari intervalining batafsil tahlili keltirilgan. Ko'p yillik gidrogeologik ma'lumotlar asosida hudud meliorativ xavf darajasi bo'yicha rayonlashtirilgan. Besh ta zona ajratilgan: qulay, nisbatan qulay, o'rtacha xavfli, yuqori xavfli va kritik. Tadqiqot natijalariga ko'ra, eng qulay meliorativ sharoit Kitob va Shahrisabz tumanlariga xos bo'lsa, eng murakkab meliorativ vaziyat G'uzor tumanida hamda Qarshi va Mubarak tumanlarining ayrim massivlarida kuzatiladi. Taklif etilgan rayonlashtirish uslubi arid hududlarda sug'oriladigan yerlarning ekologik-gidrologik rejimini monitoring qilish va boshqarishda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: sizot suvlari, kritik chuqurliklar, minerallashuv, rayonlashtirish, meliorativ holat, ikkilamchi sho'rlanish, Qashqadaryo viloyati.

Abstract. A detailed analysis of the critical groundwater depth intervals as a function of groundwater mineralization across the agricultural areas of the Kashkadarya Region is presented. Based on long-term hydrogeological data, the territory was zoned according to the degree of land reclamation (meliorative) risk. Five zones were identified: favorable, relatively favorable, moderate-risk, high-risk, and critical. The results indicate that the most favorable meliorative conditions are characteristic of Kitab and Shakhrisabz districts, whereas the most severe land reclamation conditions are observed in Guzar District and in certain irrigation massifs of the Karshi and Mubarek districts. The proposed zoning methodology can be applied for monitoring and managing the eco-hydrological regime of irrigated lands under arid conditions.

Keywords: groundwater, critical depths, mineralization, zoning, reclamation condition, secondary salinization, Kashkadarya region.

1. ВВЕДЕНИЕ.

В середине XX века в связи с широким развитием освоения аридных земель, активизировались исследования по детальному изучению территорий. Районирование ирригационно-освоенных земель осуществлено В.Р.Волобуевым, мелиоративные схемы разработаны В.М. Легостаевым, Б.С.Коньковым [10] и И.И.Плюснином [15], методика гидрогеолого-мелиоративного районирования предложена М.М.Крыловым. Существенный вклад внёс В.А.Ковда, выполнивший районирование орошаемых территорий с учётом почвенно-гидрогеологических условий. Методические основы гидрогеологического районирования для целей мелиорации разработала Н.В.Роговская [12].

Развитие агроклиматического и физико-географического районирования связано с работами Л.Н.Бабушкина, Н.А.Кога, Д.И.Шашко, а также А.З.Генусова, В.В.Горбунова, Н.В.Кимберга, А.Н.Нысанбаев [14]. Принципы гидрогеоло-

гического районирования были уточнены Д.М.Кацем. Инженерно-геологическое районирование территории выполнено Г.А.Мавляновым и С.М. Косымовым, а карту гидрогеолого-мелиоративного районирования составил Н.Н.Ходжибаев. В последующие годы вопросы гидрогеолого-мелиоративного районирования получили развитие в трудах О.К.Ланге, И.П.Свинцов [17], В.А.Ковды, М.М.Крылова, В.В.Селютина [18], Д.М.Каца, В.А.Гейнца, А.И.Шевченко, В.Г.Ткачук, И.А.Скабаллановича, Н.Н.Ходжибаева, Туляганова Х.Т. и др [19]. Почвенно-географическое районирование было выполнено Почвенным институтом им. В.В.Докучаева [13]. Мелиоративно-водохозяйственные аспекты получили развитие в работах Л.В.Дунин-Барковского и В.А.Духовного, в которых учитывались социально-экономические факторы освоения территорий [8]. В 1990-е годы исследования были направлены на совершенствование гидромодульного районирования (сотрудники УзНИИХ под руководством

Н.Ф.Беспалова, 1992; А.Авлиякулов, 1993) и обоснование гидролого-водохозяйственных оценок орошаемых земель (Д.Я.Раткович, 1993). Методологические принципы почвенно-мелиоративного районирования систематизированы в трудах А.В.Дунин-Барковского, Д.М.Каца, В.М. Легостаева, В.В.Егорова, В.Р.Шредера, Г.Г.Решетова [16], А.М.Шульгина [24]. Принципы и схемы гидрологического районирования разработаны В.Л.Шульцем [25].

В конце XX – начале XXI века получили развитие экологические направления районирования. Институтами НИПТИ «Атмосфера» и НПХЦ «Экология водного хозяйства» была разработана методология экологического районирования. Почвенно-агрономелиоративное районирование выполнено Д.С.Булгаковым, гидрохимическое районирование орошаемых территорий осуществлено Э.И.Чембарисовым и С.Р.Шадыевым [22]. Теоретические основы формирования водохозяйственных комплексов и соответствующего водохозяйственного районирования (ВХР) были разработаны в трудах Г.В.Воропаева, Г.Х.Исмайылова, В.М.Фёдорова, Н.Н.Захаровской, Н.Р.Хамраева и В.А.Духовного [4,5,9,10,20].

С.Ч.Джалалов считает, что: «Среди методологических приемов, используемых при исследовании особенностей регионов, заслуживают внимания следующие: Зонирование территории; Метод потенциалов развития; Метод «приоритетов отраслевых и районных» [7].

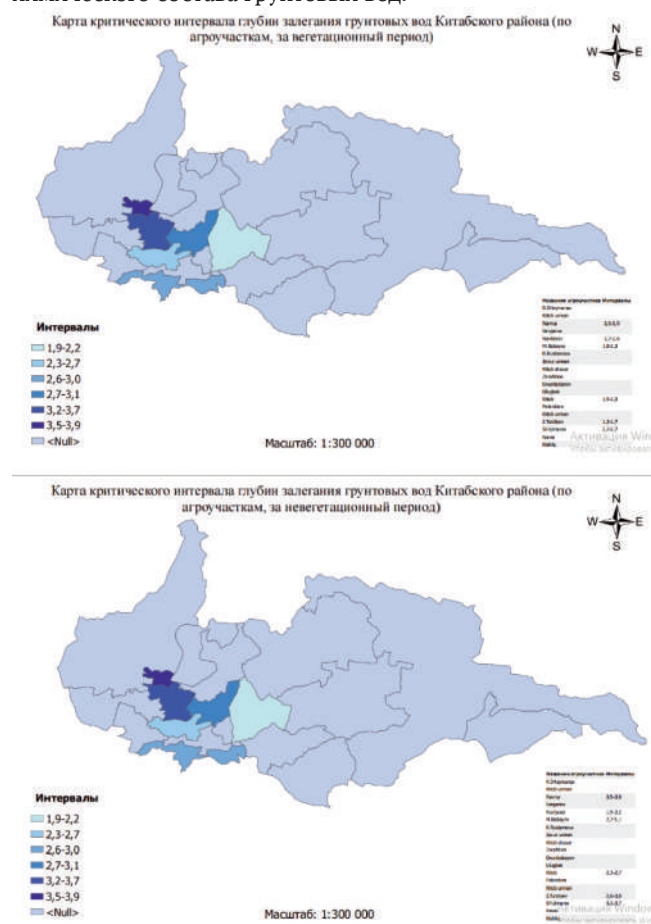
Районирование по интервалам критических глубин залегания грунтовых вод является важным инструментом для оценки и предотвращения негативных гидроэкологических условий в зоне аэрации.

2. МЕТОДЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ.

Методы районирования включают обобщение данных о минерализации грунтовых вод и солесодержание почв, построение графиков зависимости этих параметров и определение критических интервалов залегания грунтовых вод в виде таблицы, а также создание экогидрогеологических карт районирования по критическим интервалам залегания грунтовых вод в разрезе районов и области для вегетационного и невегетационного периодов с использованием геоинформационных систем (ARC GIS PRO). Критические интервалы 5-10 м считаются зонами высокого риска из-за сильного понижение грунтовых вод, где проявляется почвенная засуха в зоне аэрации, тогда как глубины более 20 м связаны с долгосрочными рисками из-за интенсивной эксплуатации подземных вод. Анализы показывают, что районирование позволяет научно-практически обосновать оптимальные параметры экогидрологического режима орошаемых земель, своевременно выявлять зоны риска засоления и переувлажнения, повышать эффективность использования водных ресурсов, обеспечивать устойчивое функционирование микроорганизмов и эмиссию углекислого газа.

Анализ данных по агроучасткам Китабского района (рис.1) показывает, что среднемноголетняя минерализация грунтовых вод остаётся низкой и стабильной как в вегетационный, так и в невегетационный периоды, изменяется в пределах 0,56–0,82 г/л. Это указывает на особый гидрохимический режим где возможно развитие процессов осолонцевания требующее тщательное изучение метаморфизации

химического состава грунтовых вод.



Экологически допустимые (критические) интервалы глубин залегания грунтовых вод для агроучастков района варьируют в достаточно широких пределах — от 1,3–1,7 м (агроучасток Ж.Турдиев) до 2,3–2,7 м (агроучасток Навруз). Минимальные критические глубины характерны для участков, расположенных в зоне активного инфильтрационного питания и предгорного рельефа, где при близком залегании грунтовых вод сохраняется хороший аэрационный режим почв за счёт высокой проницаемости почвы. Более глубокие интервалы отмечаются на участках с относительно выровненным рельефом и локальными аккумулятивными условиями.

Сравнительный анализ вегетационного и невегетационного периодов показывает, что в большинстве агроучастков (такие как Китаб, М.Бобоев, Ш.Умаров, Навруз) наблюдается некоторое понижение уровня грунтовых вод в вегетационный период, что связано с повышенным забором для полива сельскохозяйственных культур что ведет к высоким физическим испарениям и активной транспирации. При этом минерализация грунтовых вод не увеличивается, что свидетельствует об эффективном естественном дренировании территории.

В целом Китабский район относится к территориям с наиболее благоприятными мелиоративными условиями в пределах Кашкадарьинской области. Низкая минерализация грунтовых вод в сочетании с допустимыми глубинами их залегания создаёт в настоящее время довольно устойчивый экогидрологический режим почв.



Рис. 2. Шахрисабзский район

Анализ данных Шахрисабзского района (Рис.2) характеризует сравнительно небольшие критические глубины залегания грунтовых вод (1,6–2,1 м в вегетационный период и 2,0–2,8 м в невегетационный период) при низкой минерализации (0,62–0,70 г/л). Такое сочетание обусловлено предгорным положением района, высокой дренированностью территории и активным естественным водообменом. Даже при относительно близком залегании грунтовых вод риск вторичного засоления остаётся минимальным. Однако с учетом теории метаморфизации химического состава грунтовых вод, возможно проявление осолонцевания почв, что требует детального изучения и выявления локальных участков.

В Яккабагском районе (Рис.3) критические интервалы глубин залегания грунтовых вод варьируют в пределах 2,0–3,4 м (вегетационный период) и 2,3–3,9 м (невегетационный период). Минерализация грунтовых вод изменяется от 1,27 до 3,51 г/л, что свидетельствует о выраженной внутрирайонной неоднородности. Различия обусловлены литологической пестротой, неодинаковой интенсивностью орошения и локальными условиями дренажа.

Для Чиракчинского района (Рис.4) характерны глубины залегания грунтовых вод в интервале 2,0–3,3 м при минерализации от 0,64 до 3,45 г/л. Наблюдается сочетание участков с благоприятным гидрохимическим режимом и локальных зон с повышенной минерализацией, что указывает на неустойчивость мелиоративных условий и необходимость дифференцированного подхода к управлению экогидрологическим режимом.

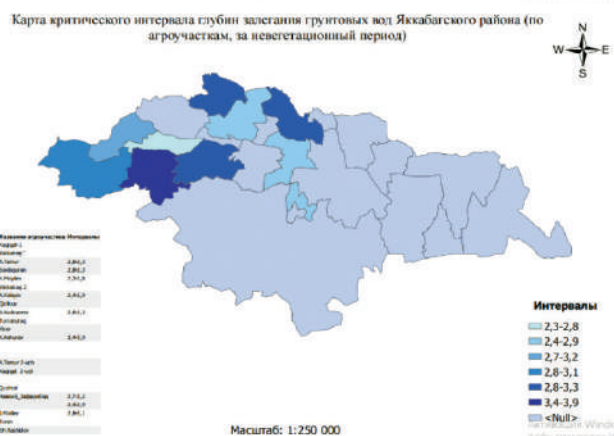


Рис. 3. Яккабагский район



Рис.4. Чиракчинский район

Камашинский район (Рис.5) отличается наиболее неблагоприятными условиями. Критические глубины залегания грунтовых вод достигают 2,1–4,6 м, при этом минерализация составляет 1,8–8,0 г/л. Высокая минерализация при относительно глубоких уровнях грунтовых вод свидетельствует о слабом естественном дренировании и накоплении солей за счёт интенсивного физического испарения ирригационных вод.

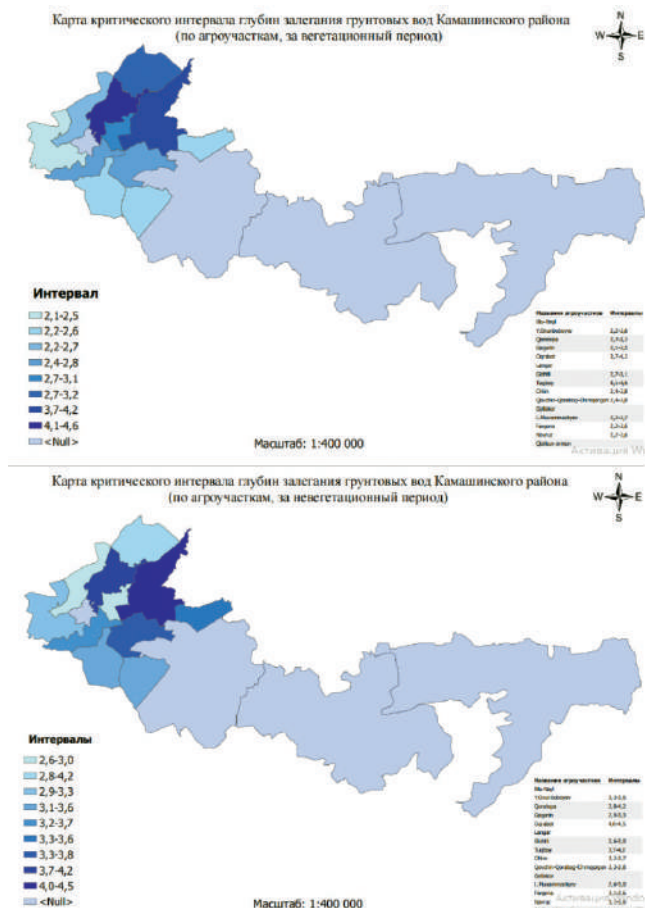


Рис. 5. Камашинский район

В Нишанском районе (Рис. 6) глубины залегания грунтовых вод колеблются от 2,3 до 4,0 м, минерализация устойчиво повышена (2,6–4,6 г/л). Равнинный рельеф и замедленный водообмен способствуют формированию установившемуся солевому режиму, что требует постоянного мониторинга.

Гузарский район (Рис.7) характеризуется сочетанием глубокого залегания грунтовых вод (до 5,4 м) и крайне высокой минерализации (до 9,9 г/л). Это указывает на критическое состояние мелиоративной обстановки и высокий риск деградации орошаемых земель.

Для Каршинского района (Рис. 8) характерна неоднородные условия: глубины залегания грунтовых вод изменяются от 1,8 до 4,5 м, минерализация — от 2,6 до 8,6 г/л. Интенсивное орошение и высокая антропогенная нагрузка обуславливают локальные зоны неблагоприятного экогидрологического состояния земель.

В Касанском и Касбинском районах критические глубины составляют 2,6–4,5 м при минерализации 2,7–5,5 г/л.

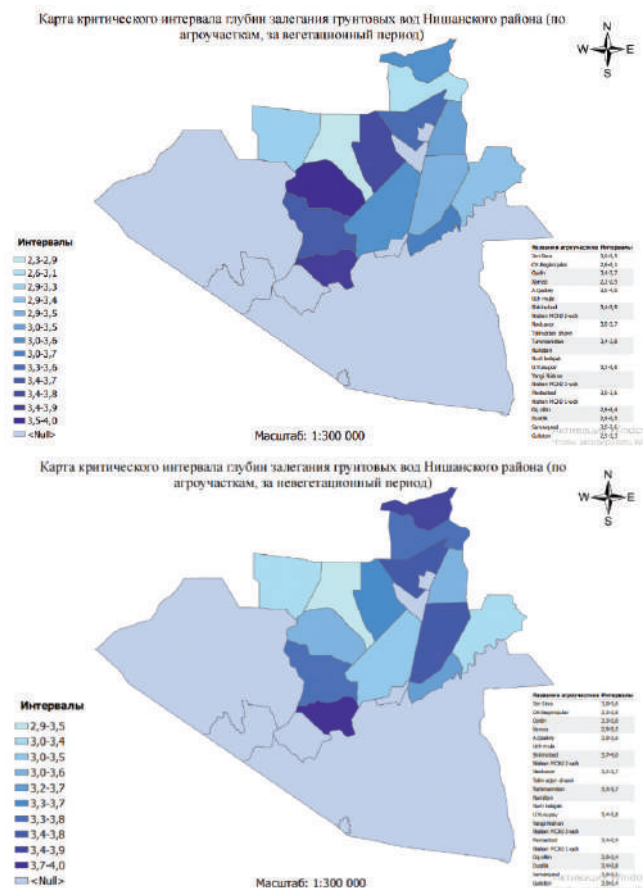


Рис.6. Нишанский район

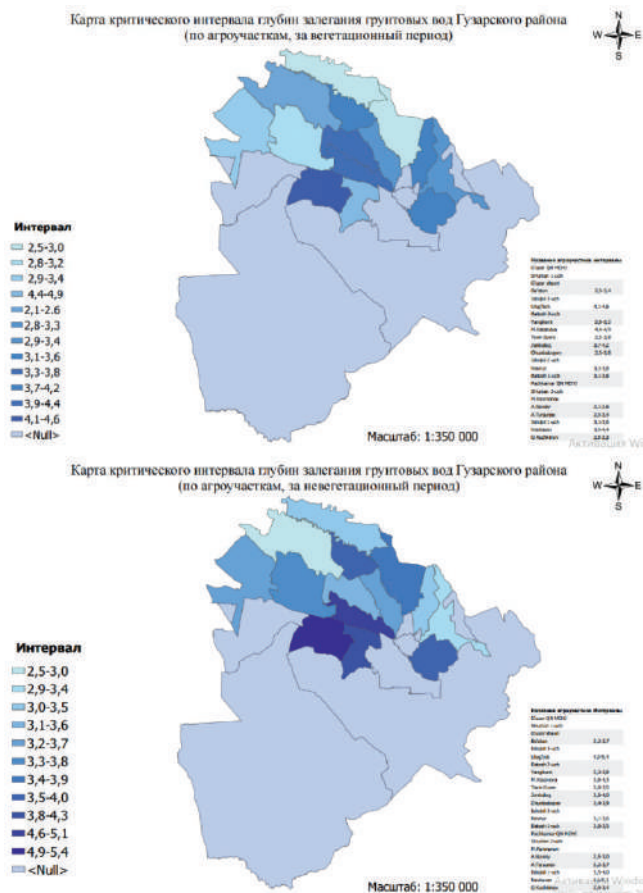


Рис.7. Гузарский район

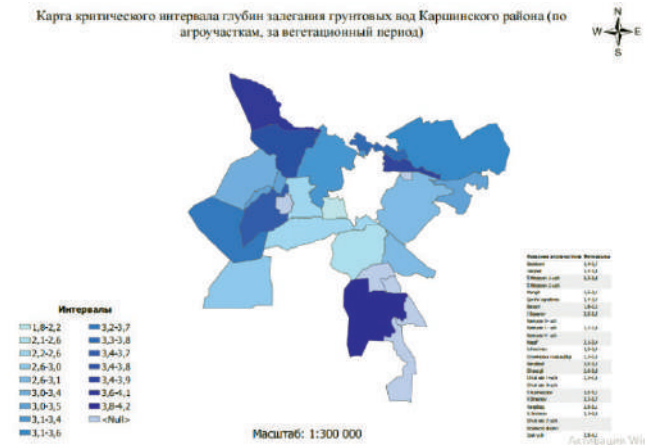


Рис.8. Каршинский район

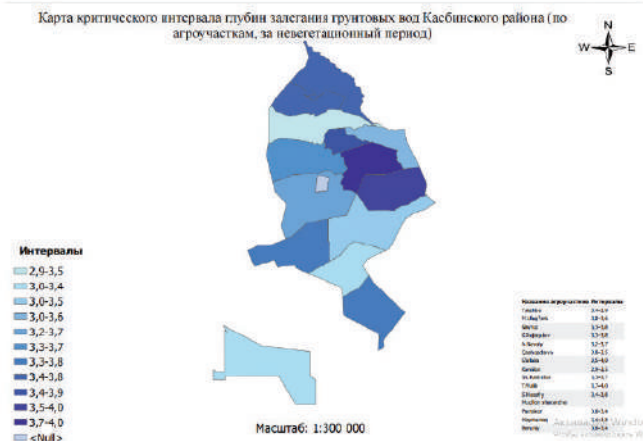
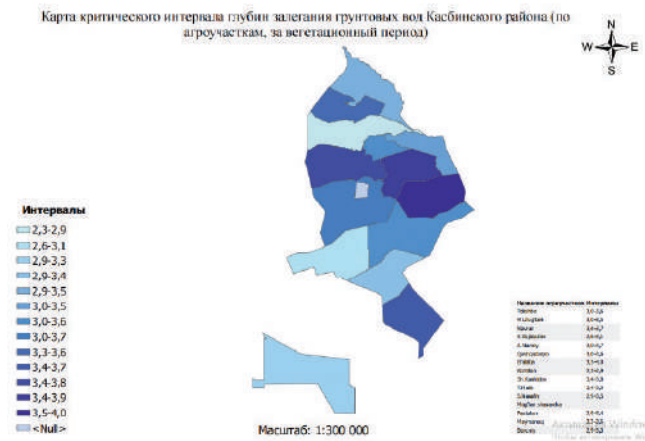
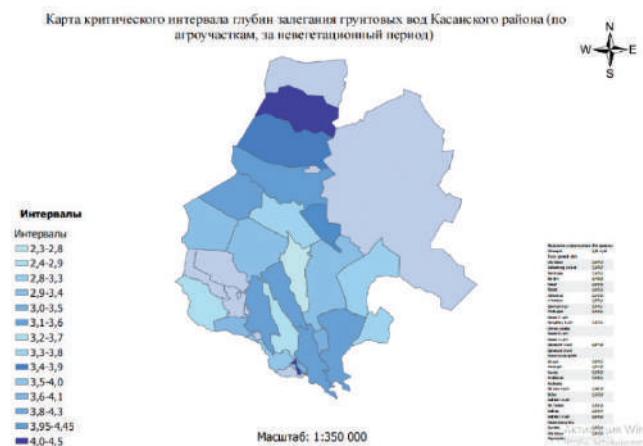
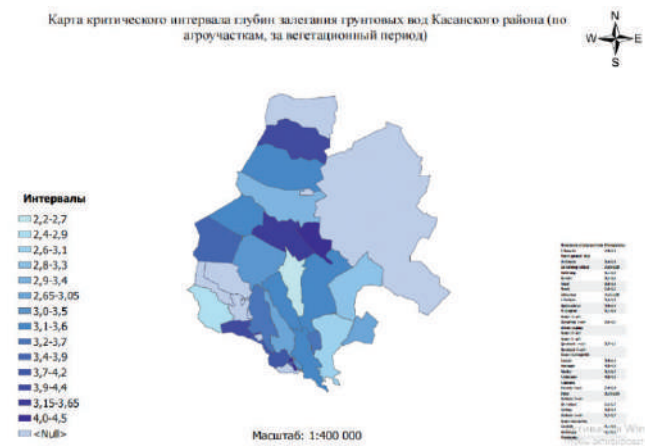
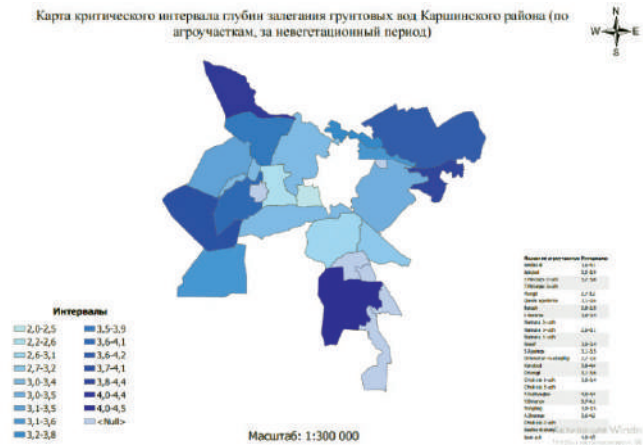


Рис. 9. Касанский и Касбинский районы

Данные районы характеризуются устойчивыми средними значениями показателей и относятся к зоне умеренного экогидрологического риска.

Для Мубарекского и Миришкорского районов характерны глубины залегания грунтовых вод 2,0–5,2 м и минерализация 3,3–8,1 г/л. Существенную роль играет техногенная нагрузка и недостаточная эффективность дренажных систем.

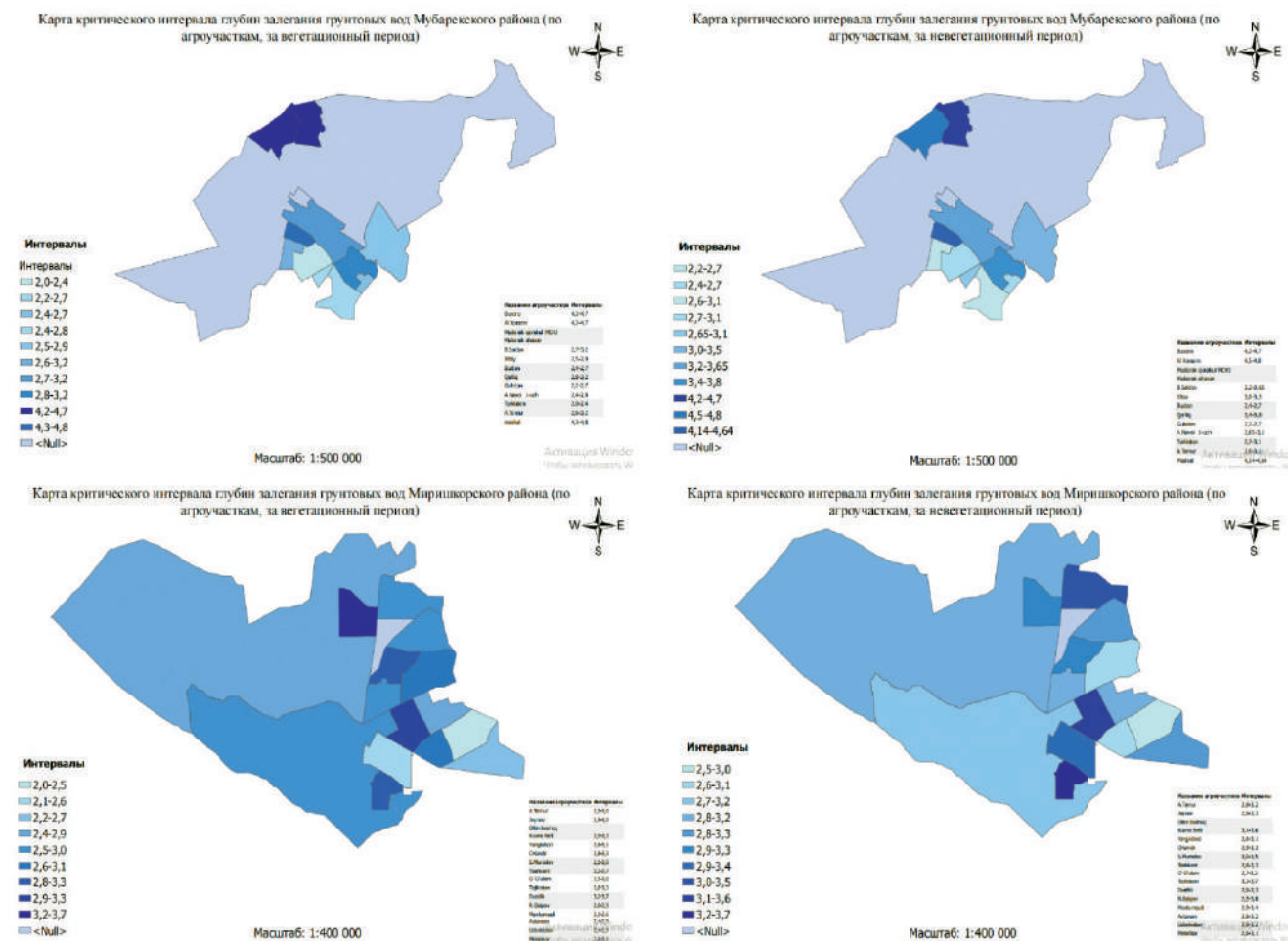
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ критических интервалов глубин залегания и среднесуточной минерализации грунтовых вод по агроучасткам позволило территорию Кашкадарьинской области дифференцировать на зоны, характеризующиеся различной степенью гидроэкологической устойчивости зоны аэрации.

I зона (благоприятная) охватывает Китабский и Шахрисабзский районы, а также отдельные агроучастки Якабагского района. Для данной зоны характерны низкая минерализация (как правило, менее 1,0 г/л), и неглубокое залегание грунтовых вод, устойчивый водообмен создающие предпосылки для содового засоления почв.

II зона (относительно благоприятная) включает основную часть Якабагского и Чиракчинского районов. Здесь отмечаются умеренная минерализация и сезонная изменчивость уровней грунтовых вод. При соблюдении регламентов водопользования и эксплуатации дренажных систем экогидрологическое состояние зоны аэрации остаётся устойчивым.

III зона (умеренного экогидрологического риска) пред-



■ Рис.10. Мубарекский и Миришкорский районы

ставлена Касанским и Касбинским районами. Для неё характерны средние показатели минерализации и глубины залегания грунтовых вод, при которых нарушение режимов орошения и недостаточная эффективность дренажа сети приводит к развитию процессов вторичного засоления.

IV зона (высокого экогидрологического риска) охватывает Камашинский, Нишанский и Миришкорский районы. Эти территории характеризуются повышенной минерализацией грунтовых вод и недостаточной эффективностью естественного и искусственного дренирования, что формирует устойчивую солевую нагрузку на почвенный покров.

V зона (критическая) включает Гузарский район и отдельные массивы Каршинского и Мубарекского районов. Для данной зоны характерны высокие и экстремальные значения минерализации грунтовых вод в сочетании со сложными гидрогеологическими условиями, что требует приоритетного проведения комплекса эколого-мелиоративных мероприятий.

Таким образом, выделены следующие укрупнённые зоны: I — благоприятная (Китабский, Шахрисабзский районы и отдельные агроучастки Яккабагского района); II — относительно благоприятная (основная часть Яккабагского и Чиракчинского районов); III — зона умеренного риска (Касанский и Касбинский районы); IV — зона высокого

риска (Камашинский, Нишанский, Миришкорский районы); V — критическая зона (Гузарский район, отдельные массивы Каршинского и Мубарекского районов).

Преимущества предлагаемого районирования

Предложенная схема обладает рядом принципиальных преимуществ:

- основана на фактических данных по агроучасткам (187) и многолетних наблюдениях;
- учитывает сезонную динамику уровня и минерализации грунтовых вод;
- интегрирует в геоинформационные системы и картографические материалы;
- может использоваться для прогнозирования процессов деградации орошаемых земель и оптимизации водохозяйственных мероприятий.

Таким образом, разработанная методика районирования по интервалам залегания критического уровня грунтовых вод позволяет научно обосновывать оптимальные режимы регулирования уровня грунтовых вод для различных экогидрологических условий зоны аэрации, обеспечивая предотвращение почвенной засухи, поддержание биологической активности почв, снижение эмиссии CO₂ и формирование благоприятных условий для устойчивого функционирования почвенно-растительных экосистем аридной зоны.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алоев Т.Б., Капуста А.Е., Хранович И.Л. Поточные модели выбора оптимальных параметров водохозяйственных систем // Водные ресурсы. – Москва, 1987. – №1. – С. 20-34.
2. Валукоис Г.Ю., Ходьков А.Е. Роль подземных вод в формировании месторождений полезных ископаемых. – Л.: Недра, 1978. – 296 с.
3. Воробаев Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны СССР. – М.: Наука, 1984. – 312 с.
4. Воробаев Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Развитие водохозяйственных систем. – М.: Наука, 1989. – 295 с.
5. Гидромульское районирование и режимы орошения с.х. культур по областям Республики Узбекистан//Сборник Союз НИХИ. – Ташкент: 1992. – 191 с.
6. Данилов – Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: Экологический, социальный и политические аспекты. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
7. Джалалов С.Ч. Орошаемое земледелие в условиях дефицита водных ресурсов. – Ташкент: Чинор ENK, 2000. – 199 с.
8. Духовный В.А., Соколов В.И. стратегия управления водными ресурсами Средней Азии //Сб. науч. тр. Водные ресурсы, проблема Арала и окружающая среда. – Ташкент, Изд – во Университет, 2000. – С. 121 – 151.
9. Захаровская Н.Н. Анализ составляющих водохозяйственного баланса (ВХБ) бассейнов рек Зеравшана и Кашкадарьи //Тр. V Всесоюзного гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. Т.2. С. 205-209.
10. Легостаев В.М., Коньков Б.С. Мелиоративное районирование. – Ташкент: Госиздат, 1951. – 191 с.
11. Михеева И.В. Статистическая верификация параметров математической модели водного режима легких почв Кулундинской степи // Мелиорация и водное хозяйство. – Москва, 2008. – № 1. – С. 50 -54.
12. Мурадов Ш.О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий. -Ташкент:Фан, 2012.-376 с.
13. НИПТИ «Атмосфера» и НПХЦ «Экология водного хозяйства». Методология экологическое районирование -1997.
14. Нысанбаев А.Н. Математизация знания как общая закономерность развития научного познания // Вестник АН Каз. – 1975, – № 8. – С. 13.
15. Плюснин И.И. Мелиоративное почвоведение. – М. Изд-во Колос, 1971. – 416 с.
16. Решетов Г.Г., Мелиорация новоосваиваемых почв Узбекистана. – Т.: Мехнат, 1986. – 151 с.
17. Свинцов И.П. Рациональное природопользование в аридных регионах России // Мелиорация и водное хозяйство. – Москва, 2005. – № 1. – С. 3 – 6.
18. Селютин В.В., Бердников С.В.,Кулыгин В.В. Сравнительный анализ сценариев водопользования на примере водохозяйственной системы нижнего Дона // Водные ресурсы. – Москва, 2009. том 36. – № 2. – С. 240 – 252.
19. Туляганов Х.Т. Гидрологические основы освоения земель предгорных равнин южной части Голодной степи Р.Уз. – Ташкент: Фан, 1971. – 134 с.
20. Хамраев Н.Р. Основы водобеспечения устойчивого развития Узбекистана // Проблемы охраны водных ресурсов и окружающей среды: Сб. докл. Респ. научн. практ. конф. 16-18 мая 2000г. – Ташкент, 2000. – С. 28 – 34.
21. Чембарисов Э.И., Лесник Т.Ю. Гидрохимическое районирование орошаемой территории бассейна р. Сырдарьи // Сб. науч. трудов САНИИРИ. – Ташкент, 2003. – С. 37- 43.
22. Чембарисов Э.И., Шодиев С.Р. Гидрохимическое районирование орошаемой зоны юго-запада республики Узбекистан по качеству коллекторно-дренажных вод // Роль молодежи в развитии научных исследований для водного хозяйства и мелиорации: Материалы Респ. научно – практ. конф., посвященной «Году молодежи». – Ташкент, САНИИРИ, 2008. – С. 136 – 139.
23. Чуб. В.Е. Многолетние характеристики компонентов водных ресурсов зоны формирования стока Средней Азии и их изменения //Водные ресурсы, проблема Арала и окружающая среда: Сб. науч. тр. ТашГУ. – Ташкент, Университет, 2000.- С. 3 -19
24. Шульгин А.М. Преобразование природной среды и география (в борьбе с засухой) / Мелиорация в СССР. – М.: Знание, 1983. – С. 6 -36.
25. Шульц В.Л., Машрапов Р. Урта Осиё гидрографияси. – Ташкент: Укитувчи, 1969. – 328 с.

TOG‘ MUZLIKLARI JOYLASHGAN HUDUDLARDA QISHKI YOG‘INLAR MIQDORINI RADIOLOKATSION KUZATUVLAR ASOSIDA BAHOLASH

Saydillayeva Sanoatxon Nosirjonovna,

Gidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot instituti

Bulutlar fizikasi va atmosfera jarayonlariga faol ta’sir etish laboratoriyasi katta ilmiy xodimi.

saydillayevasanoatxon24@mail.com

Kadirov Baxtiyor Sharofiddinovich,

Gidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot instituti

Bulutlar fizikasi va atmosfera jarayonlariga faol ta’sir etish laboratoriyasi mudiri.

bkadirov53@gmail.com

Annotatsiya. Markaziy Osiyo tog‘li hududlarida suv resurslari miqdorini aniq baholash va prognoz qilishda atmosfera yog‘inlari hamda muzliklarning rejimi haqidagi ma’lumotlar asosiy omillardan hisoblanadi. Ushbu maqolada ilk bor O‘zbekiston sharoitida Toshkent meteorologik radiolokatori (MRL) ma’lumotlarini, glyatsiologik kuzatuvlar bilan uyg‘unlashtirgan holda, tahlil qilish natijalari yoritilgan. Tadqiqot davomida radiolokatorlar yordamida atmosfera yog‘inlari jadalligi, ularning hududiy tarqalishi va bulutlilik maydonlari aniqlandi. Olingan ma’lumotlar Piskom va Chimyon meteostansiyalari ko‘rsatkichlari bilan kalibrlanib, 2024-yil qish mavsumida qor zaxiralarining shakllanish sharoitlari geoaxborot texnologiyalari (GAT) yordamida baholandi. Natijalarning ko‘rsatishicha, radiolokatsiya usuli murakkab relyefli tog‘li hududlarda qishki yog‘inlarning fazoviy taqsimlanishi va ularning miqdoriy tavsiflarini baholash imkonini beradi. Olingan natijalar muzlik havzalarida qor zaxiralarining shakllanish sharoitlarini aniqlash hamda suv resurslarini prognozlashda muhim axborot manbai hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: G‘arbiy Tyan-Shan, tog‘ muzliklari, radiolokatorlar, atmosfera yog‘inlari, GAT, suv resurslari, Z-R bog‘lanishi, qor zaxiralarini baholash.

Аннотация. Точная оценка и прогнозирование водных ресурсов в горных районах Центральной Азии во многом зависят от достоверности данных об атмосферных осадках и состоянии ледников. В данной статье, впервые для условий Узбекистана представлены результаты комплексного анализа данных Ташкентского метеорологического радиолокатора (МРЛ), совмещённых с гляциологическими наблюдениями. В ходе исследования с использованием радиолокационных данных были определены интенсивность атмосферных осадков, особенности их пространственного распределения и характеристики облачных полей. Полученные данные были откалиброваны по наблюдениям метеостанций Пскем и Чимган, а для зимнего сезона 2024 года с использованием геоинформационных технологий (ГИС) были выполнены оценки условий формирования снеготпапасов. Результаты исследования показали, что радиолокационный метод позволяет эффективно оценивать пространственное распределение и количественные характеристики зимних осадков в условиях сложного горного рельефа. Полученные данные являются важным источником информации для анализа процессов формирования снеготпапасов в ледниковых бассейнах и прогнозирования водных ресурсов региона.

Ключевые слова: Западный Тянь-Шань, горные ледники, радиолокаторы, атмосферные осадки, ГИС, водные ресурсы, зависимость Z-R, оценка снеготпапасов.

Abstract. Accurate assessment and forecasting of water resources in the mountainous regions of Central Asia largely depend on reliable information regarding atmospheric precipitation and glacier conditions. This study presents, for the first time in Uzbekistan, the results of an integrated analysis combining data from the Tashkent Meteorological Radar (MRL) with glaciological observations. Radar observations were used to determine precipitation intensity, spatial distribution patterns, and cloud field characteristics. The obtained data were calibrated using observations from the Pskem and Chimgan meteorological stations, and GIS-based techniques were applied to assess snow accumulation conditions during the 2024 winter season. The results demonstrate that radar-based methods provide an effective tool for evaluating the spatial distribution and quantitative characteristics of winter precipitation in complex mountainous terrain. The obtained findings constitute an important source of information for investigating snow accumulation processes within glacier basins and for improving regional water resource forecasting.

Key words: Western Tien Shan, mountain glaciers, weather radars, atmospheric precipitation, GIS, water resources, Z–R relationship, snowpack assessment.

1. KIRISH.

Markaziy Osiyoda suv resurslari asosan atmosfera yog‘inlari va muzliklarning erishidan hosil bo‘lgan suvlar hissasiga bog‘liq bo‘lib, ular mintaqaning iqtisodiy-ijtimoiy barqarorligi uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega [17]. Tog‘li hududlarda atmosfera

yog‘inlarining aniq baholanishi suv balansi tadqiqotlari, gidrologik jarayonlarni prognoz qilish va ularga iqlim o‘zgarishlari ta’sirini o‘rganishda muhim ahamiyat kasb etadi.

So‘nggi o‘n yillikda meteorologik radiolokatorlar yordamida atmosfera yog‘inlarini yuqori aniqlikda baholash imkoniyati

yaratildi [2,3,5,14]. Ushbu texnologiya atmosfera yog'inlarining jadalligi va hududiy tarqalishini uzluksiz kuzatish hamda miqdoriy baholash imkonini beradi. Radiolokatsion ma'lumotlar tog'li hududlarda qor zaxiralarning shakllanish sharoitlarini, muzliklarning oziqlanish manbalarini hamda suv resurslarining shakllanish jarayonlarini o'rganishga qaratilgan glyatsiologik tadqiqotlarda muhim ahamiyat kasb etadi [1,4,8,16,17].

Toshkent MRL shunday joylashganki, u G'arbiy Tyan-Shan tog' tizmalari va tarmoqlarining katta qismini qamrab oladi (1-rasm). Bu hududda ko'plab tog' muzliklari joylashgan. Toshkent MRLdan tadqiqot hududidagi muzliklarga bo'lgan masofa 168,4 km ni tashkil etadi (2-rasm). Radiolokatorning bunday qulay joylashuvi murakkab tog' relyefi sharoitida atmosfera yog'inlarining fazoviy va vaqt bo'yicha taqsimlanishini kuzatish, ularning jadalligini baholash hamda muzlik havzalarida qor zaxiralarning shakllanish jarayonlarini o'rganish imkonini beradi. Bu esa tog'li hududlarda suv resurslarini baholash va gidrometeorologik xavf-xatarlarni prognoz qilishda muhim ahamiyat kasb etadi [6,10].

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari. Radiolokatorlarining masofaviy kuzatuv ma'lumotlari asosida tog' muzliklari joylashgan hududlarda qishki yog'inlar miqdorini baholash uslubini takomillashtirish hamda yog'inlarning fazoviy-vaqt bo'yicha taqsimlanishi xususiyatlarini aniqlashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

Toshkent meteorologik radiolokatori ma'lumotlari asosida qishki atmosfera yog'inlarining jadalligi va hududiy taqsimlanish xususiyatlarini aniqlash hamda ularni miqdoriy baholash;

radiolokatsion baholash natijalarini Piskom va Chimyon meteostansiyalarining kuzatuv ma'lumotlari bilan taqqoslash hamda hisoblashlarning aniqligini baholash;

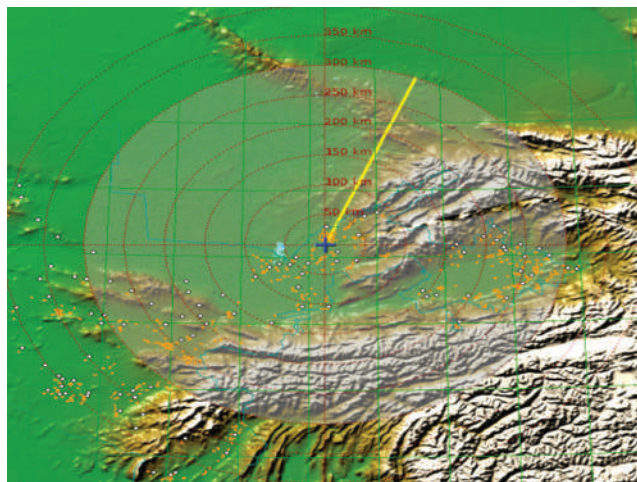
radiolokatsion ma'lumotlar asosida muzlik havzalarida qishki yog'inlarning hududiy taqsimlanishini tahlil qilish va qor zaxiralari shakllanish sharoitlarini baholash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi. O'zbekiston sharoitida Toshkent meteorologik radiolokatori ma'lumotlari Piskom va Chimyon meteostansiyalari kuzatuvlari bilan kalibrlanib, G'arbiy Tyan-Shan muzlik havzalarida qishki yog'inlarni baholashning kompleks yondashuvi ishlab chiqildi. Radiolokatsion ma'lumotlar asosida yog'inlar hududiy taqsimlanishi aniqlanib, qor zaxiralari shakllanish sharoitlarini baholash imkoniyati ko'rsatildi. Ushbu tadqiqotda radiolokatsion aks ettirish ko'rsatkichlari va meteostansiya kuzatuvlari o'rtasidagi bog'lanish statistik usullar yordamida aniqlandi hamda tog'li hududlar uchun moslashtirilgan yog'inlarni baholash yondashuvi taklif etildi.

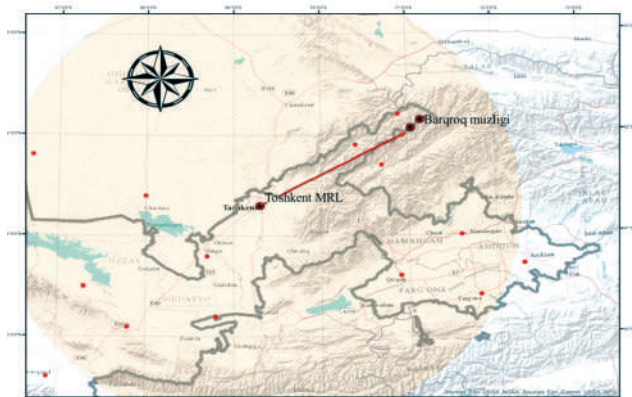
2. MATERIALLAR VA USULBLAR.

2.1. Tadqiqot obyekti. G'arbiy Tyan-Shandagi iqlimiy farqlar joyning mutlaq balandligiga, relyefiga va ekspozitsiyasiga bog'liq. O'rtacha yillik havo harorati noldan yuqori. Eng issiq oy – iyul bo'lib, o'rtacha oylik harorat 20 °C atrofida, eng yuqori qiymatlar 30÷40 °C oraliqda o'zgarib turadi. Yanvarda harorat hamma joyda manfiy (-3 °C dan -8 °C gacha, baland tog'li mintaqada -15° gacha), eng past ko'rsatkichlar deyarli hamma joyda -30 °C ga, ba'zi joylarda esa hatto -40 °C ga yetadi. Noldan past harorat kuzatilmaydigan davr hududning katta qismida 200 kundan kam. Atmosfera yog'inlari miqdori 200 mm dan oshadi, shamolga ro'para yonbag'irlarda, ayrim hollarda, 500 mm va

undan ko'proqqa yetadi. Eng ko'p yog'inlar (25-65 mm) mart-aprel oylarida tushadi; eng quruq oy – iyul, 5-10 mm yog'in tushadi. Qor qoplami bu yerda noyabrdan martgacha yotadi, uning balandligi ayrim joylarda 250-270 sm ga yetadi [19].



1-rasm. Toshkent MRLning ta'sir doirasi



2-rasm. Toshkent meteorologik radiolokatori va Barqroq muzligining joylashishi

2.2. Tadqiqot uslubi

Tadqiqotda meteorologik radiolokatsiya, qiyosiy tahlil, geoaxborot tizimlari (GAT) hamda fazoviy tahlil usullaridan foydalanildi. Qo'llanilgan metodologiya quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- qish mavsumida kuzatish olib borish qiyin bo'lgan baland tog'li hududlarda atmosfera yog'inlarini baholash uchun Toshkent meteorologik radiolokatori (MRL) ma'lumotlaridan foydalanildi. Radiolokatsion kuzatuvlar atmosfera yog'inlarining hududiy taqsimlanishi va jadalligini uzluksiz monitoring qilish imkonini berdi;

- radiolokatordan olingan ma'lumotlarning ishonchligini oshirish maqsadida ular Piskom va Chimyon meteostansiyalarining yer usti kuzatuv ma'lumotlari bilan taqqoslandi va kalibrlash ishlari amalga oshirildi;

- to'plangan ma'lumotlar ArcGIS dasturida qayta ishlanib, raqamli relyef modeli asosida atmosfera yog'inlarining hududiy taqsimlanishi tahlil qilindi hamda muzlik havzalarida qor zaxiralari shakllanish sharoitlari baholandi.

Radiolokatsion ma'lumotlar muzlik havzalariga tushayotgan qishki yog'inlar miqdorini hamda qor zaxiralarning shakllanish

sharoitlarini baholash imkonini beradi. Bu esa kelgusida muzliklardan to'ynadigan daryolar oqimini prognoz qilish va suv resurslarini samarali boshqarish uchun muhim ahamiyat kasb etadi [17].

So'nggi o'n yilliklardagi kuzatuvlar Markaziy Osiyodagi ko'plab muzliklarda qisqarish tendensiyasi kuzatilayotganligini ko'rsatmoqda [8, 20, 21]. Shu sababli muzlik havzalarida qishki yog'inlarning miqdoriy tavsiflarini aniqlash hamda qor zaxiralarining shakllanish jarayonlarini o'rganish dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi.

An'anaviy glyatsiologik kuzatuvlar natijasida muzlik yuzasining alohida nuqtalarida ma'lumotlar olinadi. Meteorologik radiolokatorlar esa katta hududlarda atmosfera yog'inlari miqdori va hududiy taqsimlanishini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi. Bu ayniqsa murakkab tog' relyefi sharoitida muhim ahamiyatga ega. Radiolokatsion ma'lumotlar muzlik havzalariga qor ko'rinishida tushayotgan yog'inlarni baholash hamda glatsial-nival jarayonlarni tadqiq etishda muhim axborot manbai hisoblanadi [13].

3. NATIJALAR VA MUNOZARA.

Meteorologik radiolokatorlar atmosfera yog'inlari jadalligi, hududiy taqsimlanishi va vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligini yuqori aniqlikda kuzatish imkonini beradi [3]. Bunday ma'lumotlar, ayniqsa, kuzatuv tarmoqlari siyrak joylashgan tog'li hududlarda qishki yog'inlar miqdorini baholash hamda muzlik havzalarida qor zaxiralari shakllanish sharoitlarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega [19].

Piskom daryosi havzasining yuqori qismlarida atmosfera yog'inlari miqdori ancha ko'p bo'ladi. Piskom daryosining yuqori vodiylarida yillik atmosfera yog'inlari 1500-2000 mm gacha yetishi mumkin. Atmosfera yog'inlarining uchdan ikki qismi qish va bahor oylariga to'g'ri keladi. Mart – atmosfera yog'inlari eng ko'p tushadigan oy hisoblanadi. O'rganilayotgan havzada yillik atmosfera yog'inlarining 20% dan ortig'i aynan shu oyda qayd etiladi.

Piskom meteostansiyasi ma'lumotlariga ko'ra, 1937-yildan 2020-yilgacha bo'lgan kuzatuv davrida eng ko'p atmosfera yog'inlari sersuv 1969-yilda qayd etilgan bo'lib, 1651,7 mm ni tashkil etgan. Shuningdek, sersuv 1993-yilda ham atmosfera yog'inlari miqdori yuqori bo'lib, uning yillik qiymati 1386,2 mm ga teng bo'lgan.

Atmosfera yog'inlarini miqdoriy baholash maqsadida radiolokatoridan olingan ma'lumotlar Piskom va Chimyon meteostansiyalarining kuzatuvlari asosida kalibrlanib, verifikatsiya qilindi (3-rasm). Radiolokatsion kuzatuvlar yordamida yog'in jadalligi (R , mm/soat) hamda yog'inlar kuzatilgan bulutlilik maydoni (A , km²) aniqlandi [18].

Yog'in jadalligini baholashda radiolokatsion aks ettirish (Z) va yog'in jadalligi (R) o'rtasidagi hududiy bog'lanishdan foydalanildi. G'arbiy Tyan-Shan hududi uchun ilgari o'tkazilgan kalibrlash ishlari natijasida quyidagi Z-R munosabati tavsiya etilgan:

$$Z = 186,6R^{2,35}, \quad (1)$$

bu yerda: Z – radiolokatsion aks ettirish koeffitsienti (mm⁶·m⁻³), R – yog'in jadalligi (mm/soat).

Ushbu bog'lanish standart Marshall-Palmer ($Z = 200R^{1,6}$) modeliga nisbatan yuqori aniqlikni ta'minlab, tog'li hududlar-

da yog'inlarni baholash uchun moslashtirilgan hududiy model hisoblanadi [3].

Tog'li hududlarda radiolokatsion yog'inlarni baholash aniqligi orografik to'silish, signalning so'nishi, yog'inlarning vertikal profili (VPR) hamda Z-R bog'lanishidagi noaniqliklar bilan cheklanadi. Shu sababli ushbu tadqiqotda G'arbiy Tyan-Shan sharoiti uchun hududiy kalibrlangan Z-R munosabatidan foydalanildi. Hududiy koeffitsientlarni qo'llash radiolokatsion baholashdagi sistematik va tasodifiy xatolarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Radiolokatsion ma'lumotlar asosida dastlab yog'in jadalligi (R , mm/soat) baholandi. Yog'in miqdori kuzatuv davri davomiyligini hisobga olgan holda quyidagi munosabat orqali aniqlandi:

$$P = R \cdot t, \quad (2)$$

bu yerda: P – yog'in miqdori (mm); R – yog'in jadalligi (mm/soat); t – yog'in kuzatilgan vaqt oralig'i (soat).

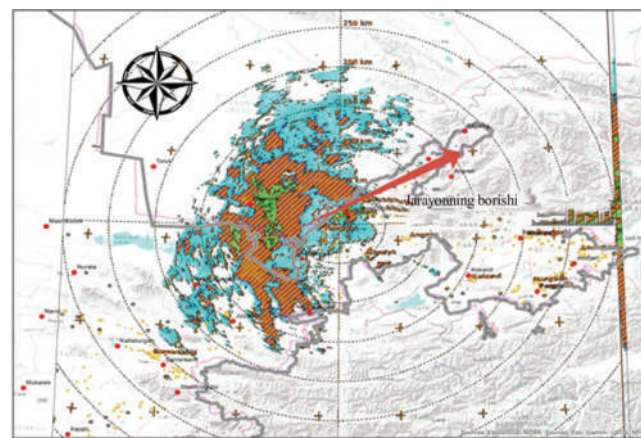
Yog'in hajmini aniqlash uchun yog'in miqdori qatlami (H) va yog'in tushgan maydon (A) qiymatlaridan foydalanildi:

$$V = A \cdot H, \quad (3)$$

bu yerda: V – yog'in hajmi (m³); A – yog'in tushgan maydon (m²); H – yog'in qatlami qalinligi (m).

Hisoblashlarda maydon qiymatlari km² dan m² ga, yog'in miqdori esa mm dan m ga o'tkazildi: $A(m^2) = A(km^2) \times 10^6$.

Mazkur yondashuv radiolokatsion kuzatuvlar asosida yog'inlarning hududiy taqsimlanishi hamda umumiy hajmini baholash imkonini beradi.



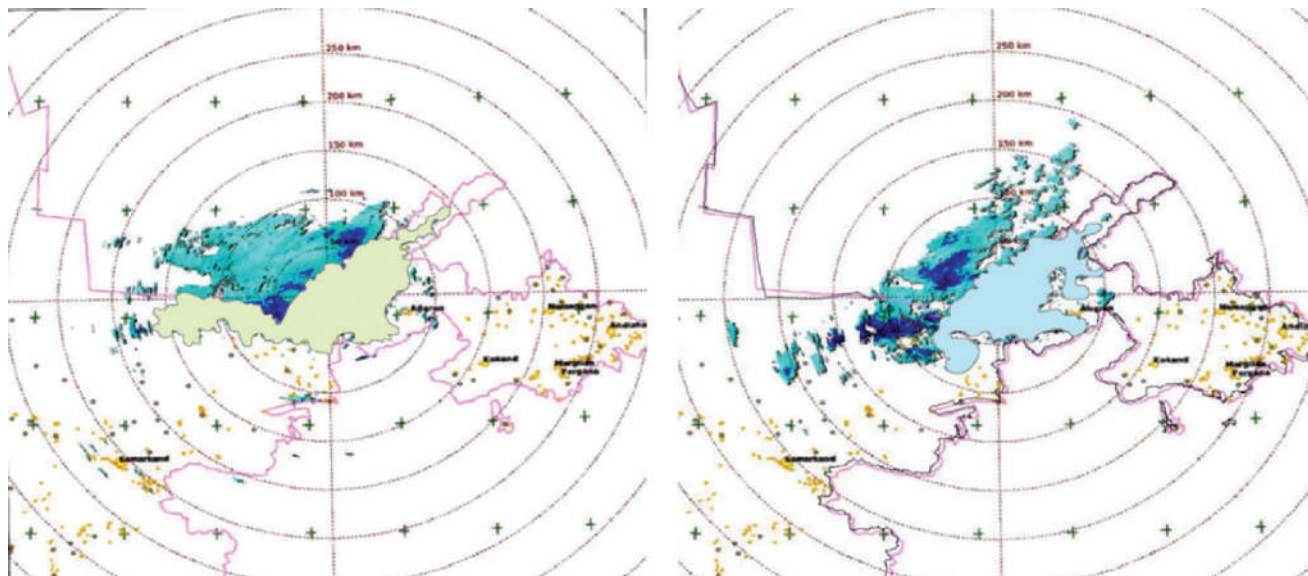
3-rasm. Toshkent meteorologik radiolokatoridan olingan bulutlilik tasviri

Atmosfera yog'inlari holatlari 2024-yil qish mavsumi uchun aniqlandi. Hisoblangan qiymatlar stansiya ma'lumotlari bilan yaqin mos tushgan. Masalan, 15.01.2024-y. Piskomda 28,2 mm atmosfera yog'inlari qayd etilgan bo'lib, radiolokatsiya ma'lumotlari asosida olib borilgan hisoblashlar natijasida 17,2 mm atrofidagi atmosfera yog'inlari aniqlangan (4-rasm).

Jadval ma'lumotlari radiolokatsion baholash natijalari bilan meteostansiya kuzatuvlari o'rtasida qoniqarli moslik mavjudligini ko'rsatadi. Radiolokatsion va meteostansiya ma'lumotlari o'rtasidagi tafovutlar 1,1-11,0 mm oralig'ida kuzatildi. Eng katta farq 15.01.2024-yil sanasida qayd etilgan bo'lib, bu tog'li hududlarga xos bo'lgan orografik omillar, yog'inlarning fazoviy notekis taqsimlanishi, radiolokator nurining relyef tomonidan qisman to'silishi hamda signalning masofa bo'yicha so'nishi bilan izohlanadi.

Radiolokatsion baholash va meteostansiya kuzatuvlari asosida atmosfera yog'inlari miqdorlarining taqqoslanishi

Sana	MS	R, mm/soat	A, km ²	Meteostansiya yog'ini, mm	Radiolokatsion baholash, mm
15.01.2024	Piskom	16,4	10,5	28,2	17,2
29.01.2024	Chimyon	16,4	19,9	33,2	32,6
07.02.2024	Chimyon	16,4	13,9	20,6	22,8
16.02.2024	Chimyon	16,4	12,9	23,9	21,1



4-rasm. Piskom va Chimyon meteostansiyalari joylashgan hududlarda kuzatilgan bulutlilik maydoni (15.01.2024 y., 16.02.2024 y.)

Ushbu omillar ayrim hollarda yog'inlar miqdorining kam yoki ortiqcha baholanishiga olib kelishi mumkin. Shunga qaramay, hududiy kalibrlangan Z-R modeli yordamida sistematik xatolar sezilarli kamayganligi hamda olingan natijalar radiolokatsion kuzatuvlarning qishki yog'inlarni operativ baholash uchun amaliy jihatdan yetarli aniqlikka ega ekanligini ko'rsatdi.

Radiolokatsion kuzatuvlar asosida olingan yog'inlar baholari Piskom havzasidagi muzliklar tarqalgan baland tog'li hududlarga tatbiq etildi. Qish mavsumida manfiy haroratlarning ustunligi sababli aniqlangan yog'inlar miqdorining katta qismi qattiq yog'in ko'rinishida yog'ishi qabul qilindi. Mazkur qattiq yog'in mavsumiy qor zaxiralarining shakllanishida hamda muzliklarning akkumulyatsiya zonalarini oziqlantirishda muhim omil sifatida baholandi.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, radiolokatsion kuzatuvlar tog'li hududlarda atmosfera yog'inlarining hududiy taqsimlanishini aniqlash va baholashda muhim axborot manbai hisoblanadi. Olingan natijalar radiolokatsion ma'lumotlardan foydalanish qishki yog'inlarni baholashda samarali yondashuv ekanligini tasdiqladi. Avvalgi tadqiqotlarda G'arbiy Tyan-Shan hududi uchun ishlab chiqilgan hududiy Z-R bog'lanishining aniqligi radiolokatsion baholash natijalarini Piskom va Chimyon meteostansiyalarining kuzatuv ma'lumotlari bilan taqqoslash orqali verifikatsiya qilingan [15]. Natijada modelning yuqori aniqlikka ega ekanligi aniqlanib, o'rtacha sistematik xatolik (Bias) 0,122 mm/soat, o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) 0,951 mm/soat hamda determinatsiya koeffitsienti (R^2) 0,872 ga teng bo'lgan. Mazkur ko'rsatkichlar radiolokatsion baholash natijalarining yer usti kuzatuvlari bilan yuqori darajada mos

kelishini tasdiqlaydi hamda hududiy kalibrlangan Z-R modelidan muzlik havzalarida qishki yog'inlarni miqdoriy baholashda foydalanish mumkinligini ko'rsatadi.

Zamonaviy radiolokatorlar yordamida olingan ma'lumotlar tog'li hududlarda atmosfera yog'inlarining kuchli hududiy va vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligini ko'rsatdi. Yoz mavsumida muzliklardan hosil bo'ladigan oqim daryolar to'yinishida muhim rol o'ynaydi. Oxirgi 20 yilda Piskom havzasida muzlik maydonlarining 12-15 % qisqarishi kuzatildi, bu esa suv balansining sezilarli o'zgarishiga olib kelmoqda [6,20]. Radiolokatsiya va glyatsiologik ma'lumotlarni uyg'un qo'llash suv resurslarini baholashda va xavf-xatarni oldindan aniqlashda samarali ekanligi aniqlandi [9,13,14,15,17]. Bu usul yordamida kelgusida sel xavfini oldindan prognoz qilishni amaliyotga tatbiq qilish mumkin.

4. XULOSA.

Bajarilgan tadqiqot natijalarining tahlillari asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

radiolokatorlar tog'li hududlarda atmosfera yog'inlarining fazoviy va vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligini yuqori aniqlikda qayd etishda samarali vosita ekanligi tasdiqlandi. Radiolokatsion ma'lumotlardan foydalanish meteostansiyalar mavjud bo'lmagan baland tog'li hududlarda yog'inlarning hududiy taqsimlanishini va miqdoriy tavsiflarini baholash imkonini beradi;

2024-yil qish mavsumi uchun radiolokator yordamida baholangan atmosfera yog'inlari miqdori Piskom va Chimyon meteostansiyalarining kuzatuv ma'lumotlari bilan moslikni ko'rsatdi. Olingan natijalar radiolokatsion kuzatuvlarning qishki yog'inlarni operativ baholash uchun amaliy jihatdan yetarli aniqlikka ega ekanligini tasdiqladi;

radiolokatsion ma'lumotlarni yer usti kuzatuvlari bilan uyg'unlashtirish muzlik havzalarida qishki yog'inlarning miqdoriy tavsiflarini baholash imkonini beradi. Olingan natijalar muzlik havzalarining oziqlanish sharoitlarini tavsiflash hamda

qishki yog'inlarning hududiy taqsimlanish xususiyatlarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Mazkur yondashuv kelgusida suv resurslarini baholash va gidrometeorologik xavf-xatarlarni prognozlash tizimlarida qo'llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bolch T., et al. The state and fate of glaciers in Central Asia // *Annals of Glaciology*. – 2012. – Vol. 53(60). – Pp. 51–59.
2. Brongi V.N., Chandrasekar V. *Polarimetric Doppler Weather Radar: Principles and Applications*. – Cambridge University Press. – 2001. – 636 p.
3. Doviak, R. J., & Zrnić, D. S. *Doppler Radar and Weather Observations*. Academic Press. – 1993. – 512 p.
4. Dyurgerov, M. B. *Glacier Mass Balance and Regime: Data of Measurements and Analysis*. Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado. – 2002. – 118 p.
5. Fabry F. *Radar Meteorology: Principles and Practice*. – Cambridge University Press. – 2015. – 253 p.
6. Hock, R. Glacier melt: a review of processes and their modelling. *Progress in Physical Geography*. – 2005. 29(1). – Pp. 1–32.
7. Houze R.A. *Cloud Dynamics*. – Academic Press. – 2014. – 496 p.
8. Immerzeel W.W., Van Beek L.P.H., Bierkens M.F.P. Climate Change Will Affect the Asian Water Towers // *Science*. – 2010. – Vol. 328. – Pp. 1382–1385.
9. Marzano B., Boni M. A. A., & Petrucci S. M. I. G. Radar Remote Sensing of the Cryosphere. *Journal of Glaciology*. – 2018. 64(245). – Pp. 389–405.
10. Mouginot, J., & Rignot, E. High-resolution ice velocity data from radar interferometry. *Geophysical Research Letters*. – 2014. 41(1). – Pp. 127–133.
11. Rasmussen R., et al. The impact of complex terrain on winter precipitation // *Journal of Hydrometeorology*. – 2011. – Vol. 12. – Pp. 879–900.
12. Ulbrich C.W., Atlas D. Radar measurement of rainfall // *Journal of Applied Meteorology*. – 1998. – Vol. 37. – Pp. 109–121.
13. Williams R. S., Ferrigno J. G., & N.C.N.G.S. Team, T.E. Glacier-Mapping Activities in the U.S. Geological Survey. *Annals of Glaciology*. – 2007. 46. – P. 21–27.
14. World Meteorological Organization (WMO). *Weather Radar Observations*. WMO-No. 8. – Geneva. – 2018. – 1177 p.
15. Имамджанов Ҳ.А., Кадиров Б.Ш., Филиппов С.Г., Сайдиллаева С.Н. Радиолокацион метеорологияда географик ахборот технологияларидан фойдаланиш. – Тошкент: 2025. – 73 б.
16. Котляков В.М. Мир снега и льда. – М.: Наука, 1994. – 286 с.
17. Кренке А.Н. Массообмен в ледниках и его климатические связи. – М.: Наука. – 1982. – 288 с.
18. Селивёрстов Ю.П. Радиолокационные методы в гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 216 с.
19. Средняя Азия. Институт географии Академия наук СССР. – Москва, 1958. – 648 с.
20. Щетинников А.С., Глазырин Г.Е. Современное и возможное будущее изменение оледенения Западного Тянь-Шаня // *Труды САНИГМИ*. – Ташкент, 2001. – Вып. 161. – С. 43–52.
21. Шмакин А.Б. Климат и снежный покров горных территорий. – М.: ГЕОС, – 2010. – 312 с.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ КЕГЕЙЛИЙСКОГО РАЙОНА КАРАКАЛПАКСТАНА

Чембарисов Эльмир Исмаилович,

доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем,

Баллиев Ажинияз Ибрагимович,

доктор философии географических наук (PhD), старший научный сотрудник,
Международный центр стратегических разработок исследований в области продовольствия и сельского хозяйства
при Министерстве сельского хозяйства Республики Узбекистан I-SCAD,

Реймова Гулжамал Батырбаевна,

докторант философии (PhD), Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем.

Аннотация. В статье представлен критический анализ многолетней динамики водно-солевого баланса и мелиоративного состояния орошаемых земель Кегейлийского района (Республика Каракалпакстан) за период 2001–2024 гг. Установлено, что, несмотря на рост абсолютного прихода солей с оросительной водой в 2024 г. (на 227 тыс. т выше уровня 2001 г.), итоговое годовое соленакопление в почвогрунтах сократилось вдвое — с 99,63 до 49,52 тыс. т. Данный эффект достигнут за счет интенсификации работы коллекторно-дренажной сети и повышения эффективности выноса солей. Авторами выявлена корреляция между статистическим улучшением структуры земельного фонда и изменением административных границ района в 2019 г., приведшим к двукратному сокращению исследуемой площади. В сопоставимый период 2019–2024 гг. зафиксирована положительная трансформация почв: площадь сильнозасоленных массивов уменьшилась на 1,022 тыс. га. Обосновано, что доминирующий сульфатно-хлоридный тип засоления в условиях дефицита водных ресурсов требует внедрения технологий лазерной планировки и цифрового мониторинга для предотвращения деградации гумусового слоя.

Ключевые слова: водно-солевой баланс, мелиорация, минерализация, дренажный сток, сульфатно-хлоридное засоление, Амударья, Кегейлийский район.

Abstract. This article presents a critical analysis of the long-term dynamics of the water-salt balance and reclamation status of irrigated lands in the Kegeyli district (Republic of Karakalpakstan) for the period 2001–2024. It was found that, despite a significant increase in absolute salt input with irrigation water in 2024 (227 thousand tons higher than in 2001), the final annual salt accumulation in the soil profile decreased by half — from 99.63 to 49.52 thousand tons. This effect was achieved through the intensification of the collector-drainage network and increased efficiency of salt removal. The authors identified a correlation between the statistical improvement in the land fund structure and the administrative border changes in 2019, which led to a twofold reduction in the study area. During the comparable period of 2019–2024, a positive transformation of soils was recorded: the area of highly saline massifs decreased by 1,022 thousand hectares. It is substantiated that the dominant sulphate-chloride type of salinity under conditions of water scarcity requires the implementation of laser leveling technologies and digital monitoring to prevent humus layer degradation.

Keywords: water-salt balance, land reclamation, mineralization, drainage runoff, sulphate-chloride salinity, Amu Darya, Kegeyli district.

Аннотация. Maqolada 2001–2024-yillar davri uchun Kegeyli tumani (Qoraqalpogʻiston Respublikasi) sugʻoriladigan yerlarining suv-tuz balansi va meliorativ holati koʻp yillik dinamikasining tanqidiy tahlili keltirilgan. Aniqlanishicha, 2024-yilda sugʻorish suvi bilan tuzlarning kelishi 2001-yilga nisbatan 227 ming tonnaga oshgan boʻlsa-da, tuproq-gruntlardagi yakuniy yillik tuz toʻplanishi ikki baravarga — 99,63 ming tonnadan 49,52 ming tonnagacha kamaygan. Ushbu natija kollektor-drenaž tarmoqlarining ishini jadallashtirish va tuzlarni chiqarib yuborish samaradorligining oshishi hisobiga erishilgan. Mualliflar tomonidan yer fondi tuzilmasining statistik yaxshilanishi 2019-yildagi tuman maʼmuriy chegaralarining oʻzgarishi (oʻrganilayotgan maydonning ikki baravar qisqarishi) bilan bogʻliqligi aniqlangan. 2019–2024-yillar oraligʻidagi davrda tuproqlarning ijobiy transformatsiyasi qayd etildi: kuchli shoʻrlangan massivlar maydoni 1,022 ming gektarga kamaygan. Suv resurslari taqchilligi sharoitida hukmron sulfat-xloridli shoʻrlanish tipi gumus qatlamining degradatsiyasining oldini olish uchun lazerli tekislash va raqamli monitoring texnologiyalarini joriy etishni talab qilishi asoslab berilgan.

Kalit soʻzlar: suv-tuz balansi, melioratsiya, minerallashish, drenaj oqimi, sulfat-xloridli shoʻrlanish, Amudaryo, Kegeyli tumani.

ВВЕДЕНИЕ.

Республика Каракалпакстан (РК) расположена в крайней северо-западной части Узбекистана. Общая площадь территории РК 167,1 км², что составляет 37% площади Узбекистана,

из них пригодные для орошения — 1,6 млн.га. Каракалпакская часть Кызылкумов занимает 5 млн.га. На востоке она граничит с Навоийской и Бухарской областями, на юге и юго-западе с Республикой Туркменистан, на севере, северо-западе и северо-

ре-востоке с Республикой Казахстан. Территория республики простирается в зоне пустынь умеренного пояса, в которую входит южная часть усыхающего Аральского моря и низовья р.Амударьи. В орошаемой зоне в отрасли сельского хозяйства используется более 500 тыс.га [19].

Краткие сведения о районе. Кегейлийский район расположен ($42^{\circ}46'36''$ с.ш. $59^{\circ}36'28''$ в.д) в зоне низкого естественного увлажнения на правом берегу Амударьи - основной водной артерии региона, от которой зависят все оросительные системы.

Около 26 000 га территории района - орошаемые земли с развитыми каналами, включая Кегейлийский канал, отходящие оросительные сети и древний канал «Кууаныш-жарма» (бывшая протока Амударьи).

По климатическим условиям территория Республики Каракалпакстан разделяется на две зоны: южную и северную. Южная часть характеризуется более высокими температурами воздуха и длительными безморозными периодами. В северной зоне, куда относится и территории Кегейлийского района среднегодовая температура примерно на $3 - 4^{\circ}\text{C}$ ниже и безморозный период на 12 - 16 дней короче, чем в южной зоне. Среднегодовая температура воздуха дельты изменяется сравнительно мало от $+10^{\circ}\text{C}$ до $+12^{\circ}\text{C}$. Летом среднемесячная температура выше 20°C , максимальная температура доходит до $+43 - 44^{\circ}\text{C}$, а зимой минимальная до $-25 - 30^{\circ}\text{C}$. Безморозный период длится 200 - 230 дней, а сумма положительных температур составляет 4000°C . Количество осадков - незначительное - 80 - 100 мм в год. Осадки выпадают преимущественно зимой (29 %) и весной (42 %). Максимальное количество наблюдается в марте и апреле. Снежный покров неустойчив. Среднегодовая скорость ветра $3.4 - 5.4$ м/с. Сильными ветрами отличается весна, частично осень. Максимальная скорость ветра превышает 20 м/сек. Относительная влажность воздуха возрастает с юга на север [7-10].

В 2000 г. площадь обеспеченная дренажом была равна 23,31 тыс. га, в 2016 г. 23,39 тыс.га, в 2017 г. 23,71 тыс.га, в 2020г. 23,40 тыс.га, в 2021 г. 23,38 тыс.га, в 2023г. 23,35 тыс. га, в 2024 г. 23,35 тыс.га.

В 1999-2000 гг. удельная протяженность дренажа на орошаемой площади была равна 1999г. - 39,84 тыс.га, 2000 г. - 38,90 тыс.га, в 2002-2003 гг. общая протяженность коллекторно-дренажные сети была равна в эти годы 1749,0 км, в 2016-2017 гг.- 1574,6 км, в 2021-2022 гг.- 1154,7 км, в 2023-2024 гг.- 1154,7 км (в связи с административным делением территории Кегейлийского района).

Оросительная вода на орошаемые района поступает по каналам Кегейли и Кууаныш-жарма, при этом русло канала Кегейли проходит через Чимбайском районе, русло канала Кууаныш-жарма проходит через Караузякском районе и Тахтакупырском районе на ПК-697 разветвляется на три меньших канала по длине (Узбекистан жап, Май жап и Кууаныш-жарма) (рис.1).

Краткая изученность вопроса. В.А.Ковда в 1947 г. при написании монографии «Происхождение и режим засоленных почв» описал особенности соленакопления в дельте Амударьи.

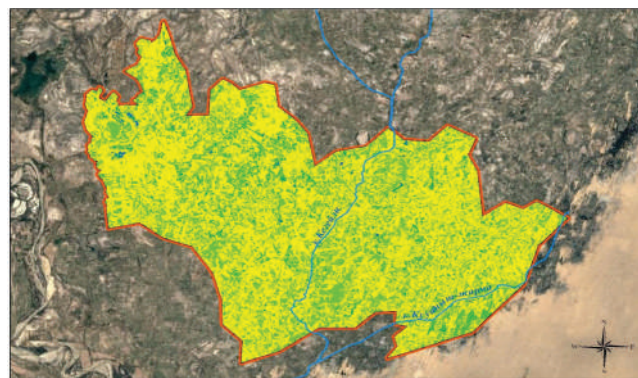


Рисунок 1. Территория Кегейлийского района

Автор писал, что в распределении засоленных почв дельты имеется определенная закономерность: наиме засоленные почвы- «коирные земли» и пресные грунтовые воды прилегают к Амударье и крупным ирригационным каналам, за этой каирной зоной степень засоления почв возрастает к периферии оазиса. В.А.Ковда также привёл цифры распределения общей площади земель орошаемых зоны Кегейлийском районе по разным типам почв, в эти годы: а)луговые почвы давнего орошения занимали 28062; б)орошаемые болотные почвы 1625; в)салончики -13125; г) пески- 4750 и д) итого 47562га[6].

М.А.Панковым в 1974 г. было опубликовано учебное пособие «Мелиоративное почвоведение» в котором он при описании почвенно-мелиоративных характеристик засоленных почв, также рассмотрел эту проблему и в дельте Амударьи. Автор писал, что основным источником солей в почвенной и грунтовой воде является речной воды. Подток солей с окружающей дельту плато-образных поднятий, сложенных соленосными породами ничтожен из-за бедности этих районов грунтовым водами. Он также приводит следующие данные общего поступления солей в дельту с водами Амударьи при среднегодовом жидком стоке в 48 км^3 , составляет при средней минерализации $0,48 \text{ г/л} - 18,9 \text{ млн.тн}$ [13].

Э.И.Чембарисов и Б.А.Бахритдинов в 1989 г. опубликовали учебное пособие «Гидрохимия речных дренажных вод Средней Азии», при этом они приводят следующие данные по КАССР за 1983-1986 гг. а)величина орошаемой площадей была равна 433 тыс.га, б)доля засоленных почв- 95% в) общий водозабор- 11-12 км^3 ; г)средняя величина минерализации воды р.Амударьи у гидропоста Темирбай - $1,62 \text{ гр/л}$, преобладающий химический состав сульфатно-хлоридный - магниевое-кальциевое-натриевый (СХ - МКН)[17].

Ф.М.Рахимбаев в своей монографии «Мелиоративное состояние орошаемых земель (на примере низовьев Амударьи)» подробно рассмотрел мелиоративный условия орошаемых массивов в ряде районов Каракалпакстана под влиянием поливов сельскохозяйственных культур, процессы формирования режима грунтовых вод на орошаемых территориях, целинных и залежных землях, находящихся под влиянием орошения, поступления водных источников [14].

А.Б.Мамбетназаров рассматривая пути повышения эффективности оросительных вод на орошаемых землях Республики Каракалпакстан предложил районирование рассматриваемой территории с учетом новой методики

гидромодульного районирования, при этом в выделенных гидромодульных районах им разработаны научно обоснованные режимы орошения хлопчатника при бороздковом поливе и с использованием передвижного поливного лотка-50 [7].

Н.Б.Реймов., Ж.Т.Аллашов указывая, что Приаралье является зоной испытания инноваций и технологий при экологических, ситуация отметили, что в перспективе необходима организация постоянного мониторинга состояния дельты и осушенного дна Аральского моря с помощью космических наблюдений и наземных экспедиций; а также разработка стратегии управления водными ресурсами в условиях чрезвычайных и конфликтных ситуаций [15].

А.Г.Файзуллаева, изучая засоленность почв некоторых районов Каракалпакстана провела исследования в Муйнакском, Чимбайском и Амударьинском районах для оценки состояния почв, при котором исследовалось почвенное засоление, эти исследования показали, что все образцы почв являются засоленными и характеризуются смешанным засолением: сульфатно-хлоридным, хлоридно-сульфатным и сульфатным [16].

З.Ш.Наурызбаева, провела анализ деградированных почв в условиях Каракалпакстана отмечая, что в связи с ухудшением мелиоративного состояния почв снижается качество почвенного плодородия. Этот факт подчеркивает важность изучения количества гумуса и питательных веществ в почвах этого региона. Для комплексного изучения свойств почв, с учетом уровня их засоления и продолжительности поливного периода, были выбраны Амударьинский и Чимбайский районы [11].

Ш.О.Мурадов проведя подробное и глубокое научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана, описал результаты анализа многолетних исследований гидрологических, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий различных районов Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей [8].

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Учитывая цель проведенных исследований в данной статье, была рассмотрена динамика водно-солевого баланса орошаемых земель и динамика изменения площадей с различным засолением почв, на основе ознакомления годовых отчетов мелиоративной экспедиции Кегейлийского района за 2001-2024 гг [18]. С учетом проведенного анализа было выявлено, что в 2024 г. по сравнению с 2001 г. на орошаемые поля поступило на 227 тыс.тн солей больше (табл.1); а также в 2024 г. по сравнению с 2010 г. площадь сильно и очень сильно засоленные земель уменьшилась на 4,20 тыс.га.

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Полученные результаты свидетельствуют о противоречивом характере мелиоративных процессов в Кегейлийском районе. С одной стороны, многолетний водно-солевой баланс свидетельствует о продолжающемся накоплении солей в системе орошаемых земель, обусловленном воддефицитом и недостаточной эффективностью дренажного стока. С другой

стороны, анализ динамики засоленных площадей показывает сокращение наиболее деградированных земель и рост доли незасоленных и слабозасоленных почв.

Данная ситуация отражает специфику условий Северного Приаралья, где локальные мелиоративные улучшения реализуются на фоне общего ухудшения водохозяйственной активности в бассейне Амударьи. Эти факты необходимо учитывать при проведении комплексного управления водными и земельными ресурсами района, ориентированного не только на сокращение площадей засоления, но и на стабилизацию водно-солевого баланса в перспективе.

Динамика водно-солевого баланса орошаемых земель.

Многолетняя динамика водно-солевого баланса орошаемых земель Кегейлийского района с учетом в приходной части величины водозабора на орошение, в млн.м³, минерализации оросительных вод, в г/л, суммарного водозабора на орошение, в млн.м³, поступления солей с оросительной водой, в тыс.тн; в расходной части сток коллекторно-дренажных вод, в млн.м³, минерализации, в г/л; количества вынесенных солей, в тыс.тн солей приведена в табл.1.

Таблица 1

Оценка водно-солевого баланса орошаемых земель Кегейлийского района за 2001-2024 гг.

(составлена авторами по данным мелиоративной экспедиции)

Годы	Приходная часть		Поступление солей, тыс.тн	Расходная часть		Вынос солей, тыс.тн	Изменение количества солей, тыс.тн
	суммарный водозабор на орошение, млн.м ³	минерализация оросительной воды, в г/л		сток дренажно-сбросных вод, млн.м ³	минерализация дренажно-сбросных вод, г/л		
2001	90,6	1,4	127,8	7,7	3,7	28,21	99,63
2002	301,9	1,0	306,7	20,0	2,8	56,4	250,3
2003	563,4	1,1	641,2	77,6	2,9	227,1	414,1
2004	599,8	1,1	656,8	96,6	3,6	351,5	305,2
2005	729,5	1,0	697,4	134,4	3,2	429,1	268,2
2006	627,0	1,1	701,0	146,6	3,6	525,9	175,1
2007	571,6	1,1	642,4	115,4	3,3	386,4	256,1
2008	236,1	1,3	299,1	70,3	4,6	322,7	-23,6
2009	750,6	1,1	815,9	109,8	3,0	331,6	484,3
2010	989,1	0,9	914,9	225,3	3,3	751,6	163,3
2011	398,6	1,1	452,8	60,7	4,2	257,0	195,8
2012	794,8	1,0	769,4	115,1	4,0	462,5	306,9
2013	600,1	1,0	589,3	70,5	4,6	324,7	264,6
2014	580,4	1,1	645,4	60,0	4,6	273,9	371,5
2015	745,9	0,9	687,7	122,4	3,6	440,4	247,4
2016	600,6	1,0	609,6	119,2	4,1	492,8	116,8
2017	653,5	1,1	694,0	140,4	4,0	562,5	131,5
2018	326,2	1,1	367,3	73,1	4,8	352,9	14,4
2019	608,2	1,0	597,2	81,8	4,0	330,2	267,1
2020	357,4	1,2	412,8	69,4	4,7	324,8	88,0
2021	312,4	1,2	375,2	43,4	4,9	212,6	162,5
2022	344,1	1,0	360,6	49,0	3,9	193,3	167,4
2023	374,3	1,2	430,6	58,1	4,0	231,0	199,6
2024	377,0	0,9	354,8	79,5	3,8	305,3	49,52

Динамика в различной степени засоленных площадей на орошаемых землях. Многолетняя динамика орошаемых земель, а также в различной степени засоленных площадей с учетом незасоленных, слабо засоленных, среднее засоленных и сильно и очень сильно засоленных земель Кегейлийского района приведена в табл.2.

Анализ и результаты исследования.

Анализ многолетней динамики водно-солевого баланса орошаемых земель. «Анализ динамики водно-солевого баланса орошаемых земель Кегейлийского района за период 2001–2024 гг. демонстрирует сложную трансформацию процессов соленакопления [18]. Согласно данным Таблицы 1, суммарное поступление солей с оросительной водой в 2024 г. составило 354,80 тыс. тн, что на 226,96 тыс. тн (в 2,8 раза) выше уровня 2001 года (табл.1). Однако прямое сравнение приходных частей баланса без учета дренажного стока является методологически неверным.

Ключевым индикатором здесь выступает **коэффициент эффективности дренажа**. Если в 2001 г. коллекторно-дренажные сети выносили лишь 22% поступивших солей (28,21 тыс. тн), то к 2024 г. этот показатель достиг 86% (305,28 тыс. тн). Таким образом, несмотря на рост минерализованного притока из Амударьи, итоговое годовое накопление солей в почвенном профиле в 2024 г. сократилось до 49,52 тыс. тн, что вдвое меньше показателя 2001 года (99,63 тыс. тн).

Отрицательный солевой баланс 2008 года (–23,6 тыс. тн) объясняется не низким стоком, а критическим сочетанием факторов: резким сокращением водозабора (до 236,1 млн м³) при сохранении высокой интенсивности вымывания солей из нижних горизонтов за счет высокой минерализации дренажных вод (4,6 г/л). Это подтверждает тезис о том, что мелиоративное состояние района в последние годы поддерживается преимущественно за счет интенсификации работы дренажа, а не качества оросительной воды».

Анализ динамики площадей с различной степенью засоления. «Анализ распределения земель по степени засоленности требует дифференцированного подхода в связи с административно-территориальными изменениями 2018–2019 гг [19]. Резкое сокращение общей площади орошаемых земель района с 53,86 тыс. га до 28,06 тыс. га (почти в 2 раза) внесло существенные коррективы в статистическую отчетность.

Тем не менее, сопоставление данных за стабильный период 2019–2024 гг. выявляет важные закономерности. Доля сильнозасоленных и очень сильнозасоленных земель сократилась с 6,28% (1,76 тыс. га) до 2,27% (0,738 тыс. га) [9,12]. Этот процесс сопровождался ростом площадей средnezасоленных земель на 2,97 тыс. га (с 7,99 до 10,96 тыс. га). Такая динамика указывает на процесс «**смягчения**» засоления: под влиянием промывных поливов наиболее деградированные участки перешли в категорию средnezасоленных [10].

Увеличение доли незасоленных земель до 34,77% к 2024 году на фоне сокращения общего земельного фонда свидетельствует о том, что мелиоративные мероприятия (очистка коллекторов, лазерная планировка) сконцентрированы на наиболее продуктивных массивах, оставшихся в составе района после 2019 года. Однако сохранение высокого процента средnezасоленных почв (33,76%) в условиях дефицита воды Амударьи остается зоной высокого риска для урожайности хлопчатника и зерновых культур».

Влияние химизма засоления на плодородие почв

«Исследования выявили преобладание в районе **сульфатно-хлоридного** типа засоления [16,17]. С научной точки зрения это означает высокую токсичность почвенного раствора для растений в вегетационный период. Хлориды, обладая высокой подвижностью, быстро накапливаются в корнеобитаемом слое при испарении грунтовых вод [6,13]. Сульфаты же способствуют уплотнению почвенной структуры и снижению её аэрации.

Таблица 2

Многолетняя динамика в различной степени засоленных площадей орошаемых земель

Годы	Общая орошаемая площадь тыс. га	В том числе по степени засоленности, га							
		незасоленные		слабо засоленные		средnezасоленные		сильно и очень сильно засоленные	
		тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010	53,89	7,16	13,29	14,10	26,16	27,69	51,38	4,94	9,17
2011	53,89	8,18	15,18	10,93	20,28	30,13	55,91	4,65	8,63
2012	53,88	8,18	15,18	10,93	20,29	30,12	55,90	4,65	8,63
2013	53,88	8,18	15,18	10,93	20,29	30,12	55,90	4,65	8,62
2014	53,88	9,56	17,75	11,85	21,99	27,97	51,91	4,50	8,35
2015	53,88	9,56	17,75	11,85	21,99	27,97	51,91	4,50	8,35
2016	53,88	9,56	17,75	11,85	21,99	27,97	51,91	4,50	8,35
2017	53,88	13,21	24,52	12,41	23,03	24,32	45,13	3,94	7,31
2018	53,86	13,21	24,53	12,41	23,04	24,30	45,11	3,94	7,31
2019	28,06	9,45	33,68	8,86	31,56	7,99	28,48	1,76	6,28
2020	32,38	12,53	38,68	9,90	30,58	9,70	29,95	0,25	0,78
2021	32,38	12,53	38,68	9,90	30,58	9,70	29,95	0,25	0,78
2022	32,38	12,53	38,68	9,97	30,78	9,63	29,75	0,25	0,78
2023	32,44	11,28	34,78	9,47	29,20	10,95	33,75	0,74	2,27
2024	32,45	11,28	34,77	9,472	29,19	10,96	33,77	0,738	2,27

Данный факт объясняет, почему простого сокращения площадей засоления недостаточно для восстановления плодородия [11]. Необходима адаптация агротехнических приемов: использование сероорганических удобрений для нейтрализации солей и внедрение систем капельного орошения, которые поддерживают «промывной режим» в локальной зоне корней, не допуская вторичного засоления при низком качестве воды (0,9–1,4 г/л)».

Выявленные недостатки:

- в оросительных каналах иногда наблюдается дефицит воды — вода из Амударьи часто поступает в ограниченном количестве и поэтому не хватает для полноценного орошения, особенно в весенне-осенние периоды, что снижает эффективность мелиоративных работ;
- к сожалению, на некоторых участках наблюдается низкая эффективность оросительных сетей, поэтому часть воды теряется в каналах и почве, из-за чего до растений доходит лишь часть забранной воды;
- учитывая наблюдающееся различное засоление орошаемых земель и ухудшение качества оросительных вод, необходимо принимать практические меры по улучшению мелиоративного состояния земель.

Связь проведенных исследований с экологическим состоянием района. Проведенные исследования напрямую связаны с критическим экологическим состоянием Кегейлийского района и в целом Республики Каракалпакстан, находящейся в зоне негативного влияния высыхающего Аральского моря.

Связь исследований с экологией проявляется в следующих аспектах:

- деградация почв и опустынивание: исследования подчеркивают, что из-за ухудшения мелиоративного состояния снижается плодородие пахотных земель. Это часть глобального процесса деградации почв в регионе, усиливающегося экстремальными почвенно-климатическими условиями;
- часто наблюдается вододефицит: установлено, что объемы водозабора из Амударьи к 2024 г. значительно сократились (с 989,1 до 377,0 млн м³), что отражает общее истощение водных ресурсов бассейна реки и общую неблагоприятную водохозяйственную обстановку в Северном Приаралье;
- в отдельных местах наблюдается вторичное засоление почв: мониторинг водно-солевого баланса выявил устойчивое накопление солей в почве. В 2024 г. на поля поступило на 227 тыс. тн солей больше, чем в 2001 г., что ведет к изменению природного водно-солевого режима территорий;
- отмечается загрязнение оросительной воды: исследования подтверждают наличие смешанного засоления (сульфатно-хлоридного и др.), что характерно для зон экологического бедствия и требует постоянного космического и наземного мониторинга состояния дельты Амударьи;
- в статье предлагаются практические меры (капельное орошение, бурение скважин) как способ адаптации сельского хозяйства к изменяющимся природным условиям и

предотвращения дальнейшего экологического коллапса.

Таким образом, динамика засоления и водно-солевого баланса орошаемых земель служит ключевым индикатором того, насколько успешно (или нет) регион справляется с последствиями Аральского кризиса.

Административные меры по улучшению:

- в Каракалпакстане в целом, включая районы как Кегейлийский, приняты государственные меры по развитию ирригации и улучшению мелиорации, с акцентом на реконструкцию и ремонт оросительных и дренажных систем, а также внедрение водосберегающих технологий и цифрового контроля за использованием водных ресурсов. Эти усилия официально отражены в постановлениях по региону, принятых в период 2020–2023 годов [1,2,3].

Практические рекомендации.

- На основе проведенного анализа для улучшения мелиоративного состояния земель Кегейлийского района предлагаются следующие меры:
- Внедрение водосберегающих технологий. Широкое использование систем капельного орошения и технологий дискретного полива в соответствии с приоритетами Концепции развития водного хозяйства на 2020–2030 годы [1] и мер по совершенствованию внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве [2].
- Интегрированное управление ресурсами. Переход к принципам интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР), особенно в низовьях Амударьи, для обеспечения устойчивости аридных территорий [5, 8].
- Агротехнические меры и семеноводство. Повышение продуктивности земель через развитие системы семеноводства хлопчатника и внедрение солеустойчивых сортов согласно государственным программам [3].
- ГИС-мониторинг. Регулярное использование технологий ГИС и дистанционного зондирования для оперативного картографирования уровней засоленности и своевременного проведения промывных поливов [9,12].
- Борьба с деградацией почв. Проведение комплекса мелиоративных мероприятий по предотвращению деградации почв в условиях Каракалпакстана, основываясь на результатах многолетнего анализа состояния земель [10, 11].
- Правовое регулирование. Строгое соблюдение норм и правил рационального использования водных ресурсов, установленных Водным кодексом Республики Узбекистан [4].

ВЫВОДЫ:

1. Динамика водно-солевого баланса. Анализ за период 2001–2024 гг. показал, что в 2001 г. суммарный водозабор на орошение составлял 90,6 млн м³, минерализация воды — 1,41 г/л, а приход солей — 127,84 тыс. т. При выносе через коллекторно-дренажную сеть (КДС) 28,21 тыс. т солей, годовое накопление составило 99,63 тыс. т. К 2024 г., несмотря на рост водозабора до 377,03 млн м³ и прихода солей до 354,80 тыс. т, годовое соленакопление сократилось вдвое — до 49,52 тыс. тн. Это достигнуто за счет повышения эффективности работы дренажа (вынос солей увеличился с 22% до 86% от притока).

2. Трансформация земельного фонда. Установлено,

что статистическое улучшение мелиоративных показателей после 2019 г. во многом связано с изменением административных границ Кегейлийского района и двукратным сокращением его площади (с 53,86 до 28,06 тыс. га). Тем не менее, в сопоставимый период 2019–2024 гг. зафиксирована реальная положительная динамика: площадь сильнозасоленных земель уменьшилась на 1,022 тыс. га, а площадь незасоленных почв увеличилась на 1,83 тыс. га.

3. Влияние на экологию и плодородие. Преобладающий сульфатно-хлоридный тип засоления в условиях сокращения водозабора из Амударьи (в 2,5 раза по сравнению с пиковыми годами) создает высокие риски вторичного засоления. Это

требует не только поддержания работы КДС, но и внедрения адаптивных технологий: лазерной планировки полей, цифрового мониторинга и капельного орошения для сохранения гумусового слоя.

4. Перспективы исследований. Выявленные тенденции подтверждают необходимость проведения специальных полевых исследований для детального изучения изменения степени засоленности на различных типах почв и разработки локальных карт мелиоративного районирования.

В дальнейшем необходимо провести полевые исследования по изучению изменения степени засоленных земель на различных по типам почвах.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Республики Узбекистан, от 10.07.2020 г. № УП-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020 — 2030 годы» <https://lex.uz/docs/4892953>
2. Постановление Президента Республики Узбекистан, от 01.03.2022 г. № ПП-144 «О мерах по дальнейшему совершенствованию внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве» https://lex.uz/uz/docs/5884591_
3. Постановление Президента Республики Узбекистан, от 15.12.2023 г. № ПП-391 «О дополнительных мерах по развитию системы семеноводства в хлопководстве и повышению урожайности хлопчатника» <https://lex.uz/docs/6694160>
4. Закон Республики Узбекистан, от 30.07.2025 г. № ЗРУ-1076 «Водный кодекс Республики Узбекистан» <https://lex.uz/uz/docs/7655343>
5. Духовный В.А. и др. «Переход к интегрированному управлению водными ресурсами (ИУВР) в низовьях и дельтах рек Амударьи и Сырдарьи» НИЦ МКВК. – Ташкент: 2025. – 198 с.
6. Ковда В.А. Происхождение и Режим засоленных почв. М- Ленинград: «Изд. Академии наук СССР», Т.II, 1947 – 375 с.
7. Мамбетназаров А.Б. Пути повышения эффективности оросительных вод на орошаемых землях Республики Каракалпакстан// Аграрный вестник Урала №8(138). -У: 2015. -С.18-21.
8. Мурадов Ш.О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана. -Ташкент: Фан, 2012. -374 с.
9. Наврузбаева Н.Ш. Картографирование уровней засоленности орошаемых земель в Республике Каракалпакстан по технологии ГИС // «Экономика и социум», №6(121), 2024. -С.1240-1246.
10. Намозов Х.К., Аманов О.С. Мелиорация засоленных земель бассейна Амударьи// «Узбекистон Аграр фани Хабарномаси», 2020, №3(81). -С.27-29.
11. Наурызбаева З.Ш. Анализ деградированных почв в условиях Каракалпакстана// UNIVERSUM химия и биология №9(87) -М: 2021. -С.17-20.
12. Отепова Ф.Т. Проблемы засоления почв орошаемых земель Южного Приаралья// «Universum: химия и биология», №12(126), 2024, -С.26-28.
13. Панков М.А. Мелиоративное Почвоведение// Ташкент: «Укутивчи» 1974. -412 с.
14. Рахимбаев Ф.М. Мелиоративное состояние орошаемых земель (на примере низовьев Амударьи). - Ташкент.: «Узбекистан», 1979. - 104 с.
15. Реймов Н.Б., Аллашов Ж.Т. Приаралье — зона испытания инноваций и технологий при экологических ситуациях // O'ZBEKISTON ZAMINI. — 2019. — №1. — С. 40–41.
16. Файзуллаева А.Г. Изучение засоленности почв некоторых районов Каракалпакстана //Central Asian journal of theoretical and applied sciences, volume:02 Issue:09 Sep 2021 ISSN: 2660-5317 -PP. 15-20.
17. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод средней Азии. -Ташкент: «Укутивчи», 1989. -231 с.
18. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Садиев У.А., Баллиев А.И., Реймова Г.Б. Особенности гидрологического и мелиоративного мониторинга орошаемой территории Республика Каракалпакстан. Монография. - Ташкент: «Lesson press», 2022. -176 с.
19. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Баллиев А.И., Реймова Г.Б. Использование земельных ресурсов Республики Каракалпакстан// Междун. Научно-практическая конференция «Педагогика, образование, наука и технологии: проблемы и решения» -М.: «ЦПНП», 22.02.2022г. -С.316-321.
20. Чембарисов Э.И., Баллиев А.И. Общая характеристика залегания грунтовых вод орошаемой зоны Республики Каракалпакстан// «Вестник мелиоративной науки», Коломна, вып.2, 2025. -С.42-51.
21. Шамуратова Н., Айтбаев К., Шамураторва Н. Каракалпакстан: почвенно-климатические особенности// «Сельское хозяйство Узбекистана», №10, 2009. -С.33-34.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОАКТИВНОГО КАТАЛИЗАТОРА СРЕДНТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕРСИИ (СТК) НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО ЖЕЛЕЗОХРОМОВОГО КАТАЛИЗАТОРА

Кадилов Содикжон Уктамович,
старший преподаватель,

Ферганский государственный технический университет.

Дадаходжаев Абдулло Турсунович,
доктор технических наук, профессор,

Ташкентский государственный технический университет имени И.А.Каримова.

Аннотация. В исследовании предложена усовершенствованная технология переработки отработанных железохромовых катализаторов среднетемпературной конверсии оксида углерода с получением нового каталитического материала с заданными структурно-текстурными характеристиками. Проведена комплексная оценка фазового и элементного состава, пористой структуры и каталитических свойств на стадиях термической обработки, кислотного выщелачивания, совместного осаждения соединений железа и хрома, прокаливания и формирования активной магнетитовой фазы. Установлено образование наноструктурированного твердого раствора системы Fe–Cr–O с развитой мезопористостью и удельной поверхностью 82–96 м²/г. Полученный катализатор демонстрирует высокую эффективность в реакции водяного газового сдвига (конверсия CO до 96 % при 400 °C, селективность по водороду выше 99 %) и устойчивость при длительной эксплуатации. Разработанный подход обеспечивает извлечение до 90 % железа из вторичного сырья, снижение производственных затрат и минимизацию экологической нагрузки, что подтверждает его практическую значимость в контексте ресурсосбережения и принципов циркулярной экономики.

Ключевые слова: железо-хромовые каталитические системы; реакция водяного газового сдвига (среднетемпературный режим); утилизация и переработка отработанных катализаторов; оксидная система Fe–Cr–O; формирование магнетитовой фазы; наноструктурированные материалы; мезопористая организация поверхности; каталитическая эффективность и стабильность; ресурсная эффективность; принципы замкнутого материального цикла.

Abstract. The study proposes an advanced technology for recycling spent iron–chromium catalysts used in the medium-temperature conversion of carbon monoxide, enabling the production of a new catalytic material with tailored structural and textural characteristics. A comprehensive evaluation of the phase and elemental composition, porous structure, and catalytic properties was carried out at the stages of thermal treatment, acid leaching, co-precipitation of iron and chromium compounds, calcination, and formation of the active magnetite phase. The formation of a nanostructured solid solution within the Fe–Cr–O system with well-developed mesoporosity and a specific surface area of 82–96 m²/g was established. The obtained catalyst demonstrates high efficiency in the water–gas shift reaction (CO conversion up to 96% at 400 °C, hydrogen selectivity above 99%) and stability during long-term operation. The developed approach ensures up to 90% iron recovery from secondary raw materials, reduces production costs, and minimizes environmental impact, confirming its practical significance in the context of resource conservation and circular economy principles.

Keywords: iron–chromium catalytic systems; water–gas shift reaction (medium-temperature regime); utilization and recycling of spent catalysts; Fe–Cr–O oxide system; formation of the magnetite phase; nanostructured materials; mesoporous surface organization; catalytic efficiency and stability; resource efficiency; closed-loop material cycle principles.

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda uglerod oksidining oʻrta haroratli konversiyasida qoʻllanilgan ishlatilgan temir-xrom katalizatorlarini qayta ishlashning takomillashtirilgan texnologiyasi ishlab chiqildi hamda belgilangan strukturaviy va teksturaviy xususiyatlarga ega yangi katalitik material olish asoslab berildi. Jarayonning termik ishlov berish, kislotali eritmada yuvish, temir va xrom gidroksidlarini birgalikda choʻktirish, kalsinatsiya qilish va faol magnetit fazasini hosil qilish bosqichlarida materialning fazaviy va element tarkibi, gʻovak tuzilishi hamda katalitik xossalari kompleks ravishda oʻrganildi. Natijalar Fe–Cr–O tizimiga mansub nanostrukturallangan qattiq eritma rivojlangan mezogʻovak tuzilishga va 82–96 m²/g solishtirma sirt maydoniga ega holda shakllanishini koʻrsatdi. Olingan katalizator suv-gaz siljish reaksiyasida yuqori samaradorlikni namoyon etdi (400 °C da CO konversiyasi 96 % gacha, vodorod boʻyicha selektivlik 99 % dan yuqori) hamda uzoq muddatli ishlash jarayonida barqarorligini saqlab qoldi. Taklif etilgan texnologiya ikkilamchi xomashyodan temirni 90 % gacha ajratib olish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va ekologik yuklamani qisqartirish imkonini beradi. Bu esa uning resurslarini tejash hamda aylana iqtisodiyot tamoyillariga mos keluvchi amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi.

Kalit soʻzlar: temir-xrom katalitik tizimlari; suv-gaz siljish reaksiyasi; oʻrta haroratli konversiya; ishlatilgan katalizatorlarni qayta ishlash; Fe–Cr–O oksid tizimi; magnetit fazasi; nanostrukturallangan materiallar; mezogʻovak tuzilma; katalitik faollik va barqarorlik; resurs tejamkorligi; aylana iqtisodiyot.

1. ВВЕДЕНИЕ.

Производство аммиака в Республике Узбекистан демонстрирует устойчивую тенденцию к постепенному и систематическому росту, что отражает укрепление роли страны в структуре национальной химической промышленности. В настоящее время доля Республики в мировом производстве аммиака составляет приблизительно 0,4–0,5 %, что эквивалентно объёму около 0,7–0,9 млн тонн в год. При сохранении текущих производственных мощностей совокупная потребность отечественных предприятий в катализаторах среднетемпературной конверсии (СТК) монооксида углерода оценивается на уровне 20–25 тонн ежегодно [1,2]. Данная тенденция свидетельствует о последовательном расширении производственных мощностей, модернизации технологических процессов и ориентации на удовлетворение внутреннего спроса на азотные соединения, используемые для производства минеральных удобрений, азотной кислоты и разнообразных химических продуктов промышленного назначения. Применение современных катализаторов СТК позволяет существенно повышать эффективность процессов синтеза аммиака, одновременно снижая энергетические и экологические издержки промышленных производств [3,4,5]. Вместе с тем, по экспертным оценкам, доля отечественных катализаторов не превышает 10–50 %, что подчёркивает высокую зависимость отрасли от импорта и определяет необходимость развития собственных технологий синтеза, регенерации и комплексной переработки катализаторных систем. Разработка национальных технологических решений в данной области обеспечивает стратегическую независимость азотной промышленности и способствует укреплению конкурентоспособности на международном рынке.

С технологической точки зрения стадия среднетемпературной конверсии СО водяным паром является критически важным этапом водородного цикла в агрегатах синтеза аммиака. Процесс проводится при температуре 350–450 °С и давлении 2,5–3,5 МПа и обеспечивает как дополнительное образование водорода, так и снижение концентрации СО до 0,3–0,5 % объёмных, что полностью соответствует требованиям последующих стадий очистки газовой смеси и повышает эффективность каталитической обработки. Эффективность данного технологического этапа определяется совокупностью физико-химических характеристик железо-хромовых катализаторов на основе системы $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3$. Типичный промышленный катализатор содержит 70–85 мас. % Fe_2O_3 , 8–12 мас. % Cr_2O_3 и 1–3 мас. % структурных и текстурных добавок, обеспечивающих стабильность и долговечность катализатора. В процессе эксплуатации, средняя продолжительность которой составляет 3–5 лет, катализатор постепенно теряет активность. Снижение функциональной активности обусловлено термическим спеканием частиц, уменьшением удельной поверхности с 80–100 до 20–30 м²/г, деградацией пористой структуры, а также отравлением соединениями серы и другими примесями технологического газа. В результате степень конверсии СО снижается с первоначальных 94–96 % до 85–88 %, что негативно отражается на технико-экономических показателях агрегатов и приводит к увеличению себестоимости продукции [6,7]. Ежегодно на предприятиях

образуются значительные объёмы отработанных катализаторов, содержащих до 75–80 % железа, что создаёт возможности для их повторного использования в качестве ценного вторичного сырья. Современные концепции ресурсосбережения и циркулярной экономики предполагают максимальное вовлечение вторичных материалов в производственный цикл и минимизацию образования опасных отходов. Переработка отработанных катализаторов СТК позволяет извлекать до 85–92 % железа и формировать новую активную фазу с тщательно контролируемыми текстурными характеристиками. Ключевым условием получения высокоэффективного катализатора является синтез высокодисперсного оксида железа с удельной поверхностью 70–120 м²/г, что обеспечивает формирование развитой пористой структуры, высокую каталитическую активность и долговременную стабильность работы катализатора в промышленных условиях. [8,9,10]

Перспективным направлением совершенствования технологии синтеза является применение методов механохимической активации (МХА), способствующих интенсификации твёрдофазных реакций, ускорению диффузионных процессов и снижению температуры формирования ферритных фаз. Исследования показали, что использование оксалатной технологии позволяет снизить температуру образования кальциевого феррита с 900–950 °С (при традиционном керамическом синтезе) до 650–700 °С, а медного феррита — с 800 °С до 400–450 °С. Такое снижение температуры обеспечивает экономию энергии на 20–30 % и способствует формированию более мелкодисперсной и однородной структуры активной фазы, что повышает её каталитическую эффективность. Введение промотирующих добавок, таких как ферриты никеля и марганца в количестве около 0,5 мас. %, позволяет снижать образование побочных соединений аммиака и аминов в конденсате на 30–35 %, что положительно сказывается на экологических показателях технологического процесса и повышает качество конечного продукта [11,12,13].

Таким образом, разработка научно обоснованной и технологически эффективной методики получения катализатора среднетемпературной конверсии из отработанных железосодержащих катализаторов является актуальной и стратегически важной задачей для химической отрасли. Решение данной задачи позволяет извлекать до 90 % железа из вторичного сырья, формировать катализатор с удельной поверхностью 70–120 м²/г и достигать степени конверсии СО 94–96 % при 400 °С, а также снижать себестоимость производства на 25–40 % по сравнению с использованием первичного сырья. Реализация такого подхода способствует повышению технологической независимости, конкурентоспособности и устойчивого развития отечественной азотной промышленности.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В качестве исходного сырья использовался отработанный железохромовый катализатор среднетемпературной конверсии (СТК), эксплуатировавшийся на производстве аммиака (АО «Farg'onaazot», Узбекистан). Основной фазовый состав включал Fe_2O_3 , Fe_3O_4 и Cr_2O_3 , а также примеси сернистых соединений и углеродистых отложений.

Для химической переработки применялись реактивы аналитической чистоты: азотная кислота (HNO_3 , 65 %), гидроксид натрия (NaOH), карбонат натрия и дистиллированная вода. Все растворы готовились с точностью $\pm 0,0001$ г на аналитических весах.

Исходный катализатор подвергали механическому измельчению до размера частиц $< 0,1$ мм и сушке при 105°C до постоянной массы. Для удаления углеродистых и сернистых примесей осуществляли термическую регенерацию при 500°C в течение 3 ч в воздушной атмосфере. Далее материал обрабатывали 30 % раствором HNO_3 при 110°C в течение 8 ч с постоянным перемешиванием, фильтровали и промывали дистиллированной водой до нейтрального pH (6,5–7,0). Формирование активной фазы проводили методом совместного соосаждения $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Cr}(\text{OH})_3$ из растворов $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ при молярном соотношении $\text{Fe}:\text{Cr} = 9:1$. Осаждение осуществляли добавлением 25 % NaOH при 70°C до pH 8–9. Осадок выдерживали при 70°C 1 ч (старение), фильтровали, промывали до удаления нитрат-ионов и сушили при 110°C [14,15].

Прокаливание осуществляли при 450°C в течение 4 ч для формирования оксидной структуры $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3$. Прокалённый порошок смешивали с 10 % масс. псевдобёмитом и водой до получения пластичной массы и формовали цилиндрические гранулы диаметром 4–5 мм методом экструзии. Сформированные гранулы сушили при 120°C и подвергали окончательному прокаливанию при 450°C . Перед каталитическими испытаниями образцы восстанавливали в газовой смеси 10 % H_2/N_2 при 380°C в течение 6 ч, что обеспечивало частичное восстановление Fe_2O_3 до Fe_3O_4 — активной фазы катализатора.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Переработка отработанного железохромового катализатора СТК позволила получить материал с однородной структурой и контролируемой текстурой. Предварительная

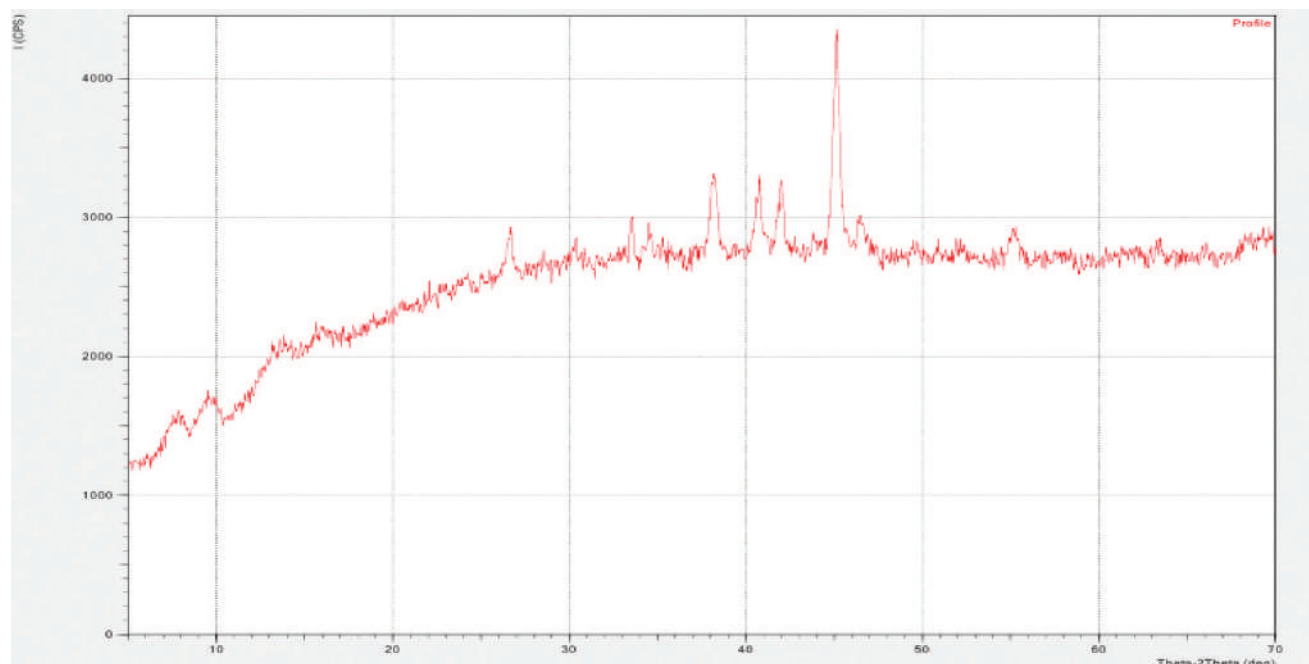
термическая регенерация при 500°C удаляла углеродистые и сернистые примеси, а последующая обработка 30 % HNO_3 обеспечивала извлечение 88–91 % железа и нейтрализацию кислотных остатков (pH 6,5–7,0).

Метод совместного соосаждения гидроксидов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Cr}(\text{OH})_3$ при $\text{Fe}:\text{Cr} = 9:1$ сформировал однородный прекурсор. Прокаливание при 450°C обеспечило образование оксидной структуры $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--Cr}_2\text{O}_3$ с нанокристаллической структурой. Добавление 10 % псевдобёмита повысило механическую прочность гранул.

Восстановление в 10 % H_2/N_2 при 380°C привело к частичному превращению Fe_2O_3 в Fe_3O_4 — активную фазу катализатора. Анализы XRD подтвердили фазовую чистоту и однородность структуры. Каталитические испытания показали высокую активность и селективность, что подтверждает готовность материала к применению в среднетемпературной конверсии CO водяным паром [16].

Рентгенофазовый анализ повторно синтезированного железоксидного среднетемпературного катализатора выполнен на дифрактометре SHIMADZU XRD-6100 с использованием излучения $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$). Съём данных осуществлялся в геометрии θ – 2θ в диапазоне углов $2\theta = 5\text{--}70^\circ$ при напряжении рентгеновской трубки 40 кВ и токе 30 мА. Скорость сканирования составляла $2^\circ/\text{мин}$, шаг регистрации — $0,05^\circ$, что обеспечивает корректную идентификацию кристаллических фаз. (Рис.1)

Полученная дифрактограмма характеризуется наличием выраженных дифракционных максимумов, указывающих на преимущественно кристаллическое состояние повторно синтезированного материала. Наиболее интенсивный дифракционный пик наблюдается при $2\theta = 45,12^\circ$ ($d = 2,008 \text{ \AA}$) и принят за 100 % относительной интенсивности. Также зафиксированы интенсивные рефлексы при $2\theta = 38,17^\circ$ ($d = 2,356 \text{ \AA}$), $40,73^\circ$ ($d = 2,213 \text{ \AA}$), $41,98^\circ$ ($d = 2,150 \text{ \AA}$) и $43,58^\circ$ ($d = 2,075 \text{ \AA}$).



■ Рис.1 Рентгенограммы твердой фазы новый СТК

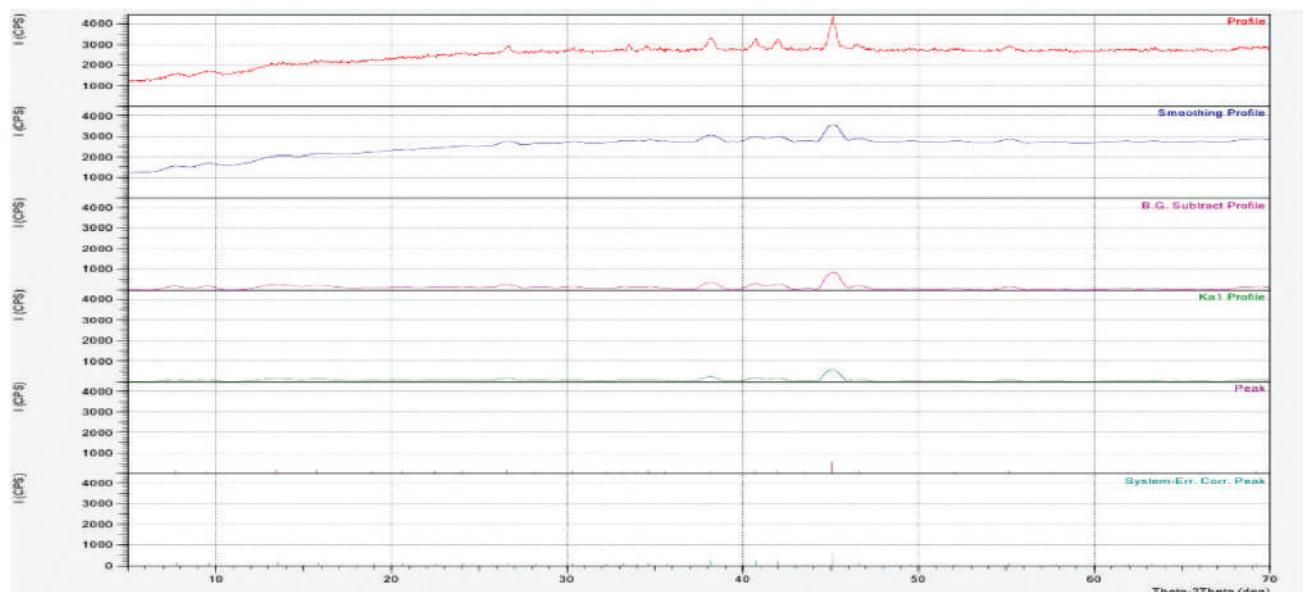


Рис.2 Рентгенограммы твердой фазы новый СТК из shift max100

Сопоставление экспериментальных значений межплоскостных расстояний с эталонными данными показывает, что основная часть дифракционных отражений соответствует фазе гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Частичное перекрытие отдельных рефлексов с характеристическими линиями магнетита (Fe_3O_4) допускает возможность присутствия данной фазы в незначительном количестве. При этом следует отметить, что однозначная количественная оценка фазового состава по данным XRD без применения методов ритвельдовского уточнения не представляется возможной. (Рис.2.)

Значения ширины дифракционных пиков на половине высоты, находящиеся в диапазоне $0,9\text{--}1,1^\circ$, свидетельствуют о высокой структурной дисперсности полученного материала, а также о наличии типичных дефектов кристаллической решётки. Такие характеристики характерны для железооксидных катализаторов, образованных в результате химического повторного синтеза, что указывает на формирование наноструктурированной оксидной фазы с высокой поверхностной активностью. Данный диапазон ширины пиков отражает мелкодисперсную природу кристаллитов, однако количественная оценка размеров кристаллитов на данном этапе эксперимента не проводилась, что обусловлено исследовательским акцентом на фазовой идентификации и структурной однородности материала [17, 18, 19].

Отсутствие на дифрактограмме интенсивных рефлексов, не относящихся к железооксидным фазам, указывает на минимальное присутствие посторонних кристаллических включений и подтверждает достаточную фазовую чистоту повторно синтезированного катализатора. Такая чистота фаз является критически важной для обеспечения стабильной каталитической активности и воспроизводимости результатов в последующих технологических и лабораторных испытаниях [20]. Более того, полученные данные позволяют утверждать, что выбранная методика химического повторного синтеза эффективно обеспечивает формирование целевой активной железооксидной фазы с контролируемой текстурой и высокой структурной однородностью, что яв-

ляется ключевым фактором для дальнейшего использования катализатора в реакциях среднетемпературной конверсии СО водяным паром.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Выполненное исследование направлено на решение актуальной научно-технической задачи, связанной с разработкой высокоэффективной и ресурсосберегающей технологии получения железохромового катализатора среднетемпературной конверсии оксида углерода из отработанного промышленного сырья. Проведён комплексный экспериментальный комплекс, включающий этапы термической регенерации, кислотного выщелачивания, совместного соосаждения гидроксидов железа и хрома, а также контролируемую термическую обработку и восстановление активной фазы. Такой подход позволяет не только формировать высокоактивный катализатор, но и эффективно вовлекать вторичное железосодержащее сырьё в замкнутый производственный цикл, минимизируя образование опасных отходов и снижая экологическую нагрузку на окружающую среду.

Предварительная термическая обработка отработанного катализатора при 500°C в воздушной атмосфере обеспечивает полное удаление углеродистых отложений и окисление нестабильных фаз, формируя структурно более упорядоченную оксидную систему. Дальнейшее кислотное выщелачивание способствует извлечению до $88\text{--}91\%$ железа и удалению сернистых соединений до уровня менее $0,02\text{ мас. } \%$, что подтверждает высокую эффективность переработки и технологическую целесообразность выбранной схемы. Данный процесс позволяет существенно сократить выбросы токсичных соединений, уменьшить нагрузку на системы очистки промышленных сточных вод и минимизировать образование сернистых и углеродистых отходов, что имеет прямое положительное влияние на экологическую безопасность производства.

Метод совместного соосаждения гидроксидов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Cr}(\text{OH})_3$ при строго контролируемых значениях pH и температуры позволяет получить однородный прекурсор с

равномерным распределением компонентов на молекулярном уровне. После прокаливания при 450 °С формируется гематитоподобная структура твёрдого раствора $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ с нанокристаллическим характером (размер кристаллитов 18–24 нм), что обеспечивает увеличение доли поверхностных атомов и создание высокоактивных каталитических центров. Изоморфное замещение Fe^{3+} ионами Cr^{3+} формирует твёрдый раствор замещения и локальные дефекты кристаллической решётки, повышая подвижность решёточного кислорода и ускоряя элементарные стадии реакции водяного газового сдвига. Таким образом, хром выполняет двойную функцию: структурного стабилизатора и электронного модификатора активной фазы, обеспечивая долговременную стабильность каталитических свойств.

Текстурные исследования показали формирование развитой мезопористой структуры с удельной поверхностью 82–96 м²/г и объёмом пор 0,28–0,34 см³/г. Преобладание мезопор диаметром 8–20 нм создаёт оптимальные условия для диффузии реагентов, минимизирует внутридиффузионные ограничения и способствует эффективной реализации каталитических реакций. Введение 10 мас. % псевдобёмита формирует дисперсную алюмооксидную матрицу, повышающую механическую прочность гранул и их устойчивость к спеканию при рабочих температурах 350–450 °С.

Восстановление прокалённого материала в газовой смеси 10 % H_2/N_2 при 380 °С обеспечивает частичную трансформацию гематита в магнетит (Fe_3O_4), активную фазу катализатора. Стабилизирующее влияние Cr_2O_3 предотвращает чрезмерное восстановление до металлического железа и сохраняет оптимальный фазовый состав на протяжении длительной эксплуатации.

Каталитические испытания подтвердили высокую ак-

тивность разработанного материала: степень конверсии СО достигает 93–96 % при 400 °С и 88–91 % при 350 °С при селективности по водороду выше 99 %. В течение 120 часов непрерывной работы снижение активности не превышает 2–3 %, что свидетельствует о высокой структурной и термической стабильности катализатора. По сравнению с исходным отработанным материалом наблюдается существенное улучшение эксплуатационных характеристик, обусловленное повышением дисперсности, оптимизацией текстурных параметров и равномерным распределением активных центров.

Экологическая значимость разработанной технологии проявляется в сокращении накопления хромосодержащих отходов, снижении выбросов токсичных соединений, уменьшении нагрузки на водные и почвенные экосистемы, а также в минимизации энергетических и материальных затрат. Использование вторичного сырья позволяет снизить себестоимость производства катализатора на 25–35 %, что делает процесс экономически эффективным и экологически устойчивым, соответствуя принципам циркулярной экономики и устойчивого развития химической промышленности.

Таким образом, совокупность полученных фазовых, структурных, текстурных и каталитических данных подтверждает научную обоснованность предложенной технологии. Разработанный подход обеспечивает производство высокоэффективного железохромового катализатора среднетемпературной конверсии, сопоставимого с промышленными аналогами, и открывает перспективы для дальнейшей оптимизации процессов регенерации и повторного синтеза катализаторных систем, способствуя одновременно экономической эффективности и значительному снижению экологической нагрузки на промышленные производства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Bartholomew C.H., Farrauto R.J. *Fundamentals of Industrial Catalytic Processes*. — 2nd ed. — Hoboken: Wiley, 2011. — 480 p.
2. Боресков Г.К. Катализ. — Новосибирск: Наука, 1987. — 536 с.
3. Chorkendorff I., Niemantsverdriet J.W. *Concepts of Modern Catalysis and Kinetics*. — 2nd ed. — Weinheim: Wiley-VCH, 2007. — 352 p.
4. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. — Москва: Академкнига, 2004. — 679 с.
5. Ertl G., Knözinger H., Schüth F., Weitkamp J. (eds.). *Handbook of Heterogeneous Catalysis*. — 2nd ed. — Weinheim: Wiley-VCH, 2008. — 8 vols.
6. Марголис Л.Я. Гетерогенный катализ. — Москва: Химия, 1985. — 336 с.
7. Hagen J. *Industrial Catalysis: A Practical Approach*. — 3rd ed. — Weinheim: Wiley-VCH, 2015. — 517 p.
8. Киперман С.Л. Основы химической кинетики и катализа. — Москва: Химия, 1979. — 256 с.
9. Gates B.C. *Catalytic Chemistry*. — New York: Wiley, 1992. — 432 p.
10. Рогинский С.З. Теоретические основы катализа. — Москва: Изд-во АН СССР, 1958. — 420 с.
11. Fogler H.S. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. — 5th ed. — Boston: Prentice Hall, 2016. — 976 p.
12. Киселев А.В., Яшин Я.И. Адсорбция газов и паров на твердых телах. — Москва: Химия, 1965. — 304 с.
13. Thomas J.M., Thomas W.J. *Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis*. — Weinheim: VCH, 1997. — 559 p.
14. Дроздов В.А., Яблоков В.А. Катализ в производстве аммиака. — Москва: Химия, 1980. — 280 с.
15. Nielsen A. (ed.). *Ammonia: Catalysis and Manufacture*. — Berlin: Springer, 1995. — 336 p.
16. Appl M. *Ammonia: Principles and Industrial Practice*. — Weinheim: Wiley-VCH, 1999. — 468 p.
17. Temkin M., Pyzhev V. Kinetics of ammonia synthesis on promoted iron catalysts // *Acta Physicochimica URSS*. — 1940. — Vol. 12. — P. 327–356.
18. Armor J.N. Catalysis and the Environment // *Catalysis Today*. — 1995. — Vol. 26. — P. 99–105.
19. Лаверов Н.П. (ред.) Экологические проблемы химической технологии. — Москва: Наука, 2003. — 412 с.
20. Ertl G. *Reactions at Solid Surfaces*. — Hoboken: Wiley-VCH, 2009. — 618 p.

ALYUMINIY KOMPOZIT QOPLAMALI PLASTINKALARINING FITOPATOGEN ZAMBURUG‘LARGA NISBATAN ANTIFUNGAL TA’SIRI

Axmedova Zaxro Raxmatovna,

O‘zRFA Mikrobiologiya instituti, b.f.d.prof., laboratoriya mudiri,

Kadirova Gulchexra Xakimovna,

O‘zRFA Mikrobiologiya instituti, b.f.d.prof., yetakchi ilmiy xodim,

Yaxyaeva Munavvar Abdulkaxxarovna,

O‘zRFA Mikrobiologiya instituti kichik ilmiy xodim,

Xamraeva Ziyoda Tashtemirovna,

O‘zRFA Mikrobiologiya instituti kichik ilmiy xodim,

Shonaxunov To‘lqin Erkinovich,

O‘zRFA Mikrobiologiya instituti RhD, kichik ilmiy xodim,

Ibragimov Abdulaziz Adxamovich,

O‘zRFA Mikrobiologiya instituti tayanch doktoranti.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda 3 xil alyuminiy kompozit qoplamali plastinkalarining turli fitopatogen zamburug‘ shtammlariga nisbatan fungitsidlik faolligi o‘rganildi. Tajribalar natijasida alyuminiy ionlarining ajralib chiqishi zamburug‘ hujayra devori va membranasiga ta’sir ko‘rsatib, ularning o‘ishi va rivojlanishini susaytirishi aniqlandi. Olingan natijalar alyuminiy materiallarining tibbiyot, oziq-ovqat sanoati va qishloq xo‘jaligida antimikrob vosita hamda mikroorganizmlarni saqlashda qo‘llaniladigan sorbent sifatida qo‘llanish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: alyuminiy, fungitsidlik, zamburug‘lar, antifungal faollik, fungitsidlik indeksi, sorbent metall ionlari.

Аннотация. В данном исследовании изучена фунгицидная активность трёх типов алюминиевых композитных покрытий на пластинках в отношении различных штаммов фитопатогенных грибов. Результаты экспериментов показали, что высвобождение ионов алюминия оказывает воздействие на клеточную стенку и мембрану грибов, подавляя их рост и развитие. Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения алюминиевых материалов в медицине, пищевой промышленности и сельском хозяйстве в качестве антимикробного средства, а также в качестве сорбента для сохранения и контроля микроорганизмов.

Ключевые слова: алюминий, фунгицидная активность, грибы, антифунгальная активность, индекс фунгицидности, сорбент, ионы металлов.

Abstract. This study investigates the fungicidal activity of three types of aluminum composite-coated plates against various strains of phytopathogenic fungi. The experimental results demonstrated that the release of aluminum ions affects the fungal cell wall and membrane, thereby inhibiting their growth and development. The obtained findings indicate the potential application of aluminum-based materials in medicine, the food industry, and agriculture as antimicrobial agents, as well as sorbent materials for microbial preservation and control.

Keywords: aluminum, fungicidal activity, fungi, antifungal activity, fungicidal index, sorbent, metal ions.

1. KIRISH.

Zamburug‘ infeksiyalari va biopovonlar sanoat, tibbiyot va qishloq xo‘jaligida jiddiy muammolardan hisoblanadi. Ko‘plab an‘anaviy fungitsidlar (mis, sulfur, organik sintetik moddalar) yuqori samaradorlikka ega bo‘lsa-da, ularning toksikligi va ekologik xavfi katta.

So‘nggi yillarda metallar va ularning oksidlariga asoslangan ekologik toza fungitsidlar tadqiqot markazida turibdi. Shulardan biri alyuminiy va uning oksidlari (Al_2O_3) bo‘lib, ularning mikroblarga va zamburug‘larga nisbatan ingibirolovchi ta’siri aniqlangan.

Ushbu ishning maqsadi — alyuminiy plastinkalari zamburug‘larga nisbatan fungitsidlik yoki fungistatik ta’sirini laboratoriya sharoitida aniqlash va uni an‘anaviy materiallar bilan taqqoslash.

Alyuminiy plastinkalarning zamburug‘larga fungitsidlik ta’siri mexanizmi bir nechta fizik-kimyoviy omillar orqali amalga oshadi [1]. Bunda ionlar chiqishi va oksidlanish ta’siriga ko‘ra, alyuminiy sirti havo va namlik ta’sirida Al_2O_3 (alyuminiy oksi-

di) qatlami bilan qoplanadi. Bu qatlamdan ma’lum sharoitlarda (masalan, yuqori namlik, kislota yoki ishqorli muhitda) Al^{3+} ionlari ajralib chiqishi mumkin. Bu ionlar zamburug‘ hujayralariga quyidagicha ta’sir qiladi: hujayra devori va membranasini buzadi, lipidlar bilan reaksiyaga kirishib, ularni denaturasiya qiladi; fermentlar faolligini susaytiradi, chunki alyuminiy ionlari fermentlardagi metall kofaktorlar (masalan, Mg^{2+} , Fe^{2+}) bilan raqobatlashadi; oksidlovchi stressni kuchaytiradi: alyuminiy reaktiv kislorod shakllarini ko‘paytiradi va antioksidant tizimni izdan chiqaradi [2].

Fizik ta’sir (kontakt yoki sirt ta’siri)da alyuminiy sirtidagi oksid qatlami, ya’ni zamburug‘ sporalarining sirtga yopishishini qiyinlashtiradi;

qattiq sirtidagi kam suyuqlik adsorbsiyasi sababli sporaning o‘ish uchun zarur mikronamlik muhiti vujudga kelmaydi; ushbu sirtidagi elektrostatik zaryad ham mikrob hujayralari bilan noqulay o‘zaro ta’sirga olib keladi.

Alyuminiy ionlari muhitning pH darajasiga sezgir: kislotali muhitda ($pH < 5$) Al^{3+} ionlari ko‘proq ajralib chiqadi va

fungitsidlik ta'sir kuchayadi. Neytral yoki ishqoriy muhitda bu ta'sir kamayadi, chunki $Al(OH)_3$ to'planib, faollik pasayadi [3]

Biologik ta'sir natijasida alyuminiy plastinka bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqa qilgan zamburug' hujayralarida: hujayra devori buziladi; sitoplazmatik oqsillar denaturasiyalanadi; metabolizm faoliyati sekinlashadi yoki to'xtaydi; sporalarning o'sishi va ko'payishi to'xtaydi.

Alyuminiyning zamburug'larga qarshi ta'sir mexanizmini an'anaviy fungitsidlar (ayniqsa mis, oltingugurt va kimyoviy fungitsidlar) bilan taqqoslama tahlil shaklida keltirilgan [4].

2. MATERIALLAR VA USULLAR

2.1. Kerakli materiallar va jihozlar.

Asbob-uskunalar: petri likobchalari (steril), avtoklav yoki sterilizasiya uskunasi, termostat ($28-30^{\circ}C$), laminar shkaf, gaz alangasi, mikropipetkalar, shpatel, alyuminiy kompozit qoplamali plastinkalar (steril).

Reaktivlar va oziqa muhitlar: Chapeka-Doks muhiti (Shapeka-Doxe Agar), distillangan suv, etanol (70%) – sterilizasiya uchun, 0,9 % li natriy xlorning fiziologik eritmasi – yuvish uchun.

2.2. Tadqiqot obyektlari.

Zamburug' kulturalari: *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum*, *Alternaria alternata*, *Rizoctonia solani*, *Aspergillus niger*.

Tadqiqot bosqichlari: alyuminiy plastinkalarni tayyorlash; plastinkalarni etanol bilan yuvish va distillangan suvda chayish; avtoklavda $121^{\circ}C$ da 15 daqiqa sterillash; zamburug' kulturalarini tayyorlash; tanlangan zamburug' shtammini Chapeka-Doks agarli muhitiga ekish, $28-30^{\circ}C$ da 48-72 soat davomida termostatda inkubasiya qilindi; Spora suspenziyasini steril distillangan suvda ekishga tayyorlab olindi (taxminan 10^6 spora/ml), biotest (kontakt usuli); Yangi Chapeka-Doks agarli Petri likobchasiga zamburug' suspenziyasidan 0,1 ml quyildi va shpatel bilan teng taqsimlanib, gazon usulida ekildi; agar ustiga alyuminiy plastinka qo'yib chiqildi (steril holda); Petri likobchalari termostatga inkubasyaga joylashtirildi ($25 \pm 2^{\circ}C$, 3-7 kun). Natijalarni baholashda quyidagi jadvaldan foydalaniladi.

2.3. Natijalarni hisoblash (ixtiyoriy).

Fungitsidlik indeks (FI) quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$FI (\%) = \frac{(D_c - D_a) \times 100}{D_s}$$

Bu yerda: D_c — nazorat namunasidagi koloniya diametri (mm)

D_a — alyuminiy plastinka atrofidagi koloniya diametri (mm).

Xulosa qilganda, agar $FI > 70\%$ bo'lsa → kuchli fungitsidlik ta'sir; $30-70\%$ o'rtacha fungistatik ta'sir; $< 30\%$ → kam ta'sir yoki ta'sirsiz.

1-jadval

Ta'sir mexanizmi	Asosiy ta'sir	Natija
Al^{3+} ionlari chiqishi	Ferment va membrana buzilishi	Zamburug'ning o'sishi to'xtaydi
Fizik sirt ta'siri	Spora yopishishi qiyinlashadi	Koloniya shakllanmaydi
Oksidlanish stress	ROS orqali hujayra shikastlanishi	Zamburug' nobud bo'ladi

2-jadval

Ta'sir manbai va mexanizmi bo'yicha solishtirma jadval

Belgi/mexanizm	Alyuminiy (Al)	Mis fungitsidlari (masalan, bordos aralashmasi, $CuSO_4$)	Oltingugurt (S) va kimyoviy fungitsidlar
Faol modda	Al^{3+} ionlari, Al_2O_3 sirti	Cu^{2+} ionlari	S atomlari, organik molekulalar
Asosiy ta'sir mexanizmi	Hujayra devori va membranasi bilan reaksiya fermentlarni ingibirlash ROS orqali oksidlanish stress	Protein va fermentlarning SH-gruppalarini oksidlaydi, membranani buzadi	Metabolizmni to'sadi, sulfidril reaksiyalarini to'xtatadi
Kontakt yoki sistemalik ta'sir	Asosan kontakt ta'sir (sirtida)	Kontakt va qisman sistemalik	Asosan sistemalik (organik turlari)
pH ta'siri	Kislotali muhitda faol	Neytral muhitda barqaror	Turli muhitlarda faollik saqlanadi
Zamburug'ga ta'sir tezligi	Sekin (bir necha soat yoki kun ichida)	O'rtacha tezlikda	Juda tez (daqiqalarda yoki soatlarda)
Toksiklik (o'simlik/inson)	Past (ekologik jihatdan xavfsiz)	O'rtacha, fitotoksik bo'lishi mumkin	Ba'zilar yuqori toksik (organik sintetiklar)
Barqarorlik (muhitda)	Uzoq vaqt sirtida saqlanadi	Yomg'irda yuvilib ketishi mumkin	Ko'pchilik tez parchalanadi
Iqtisodiy samaradorlik	Arzon va qayta ishlanuvchi	O'rta narxli	Qimmat (organik fungitsidlar)

3-jadval

Kriteriy	Tavsif
Zona ingibitsiyasi (mm)	Agar alyuminiy atrofida zamburug' o'smagan halqa hosil bo'lsa – bu fungitsidlik ta'sir
O'sish tezligi	Nazorat bilan solishtiring – agar o'sish sekin bo'lsa, fungistatik ta'sir
Mikroskop tahlili	Spora yoki gifa morfologiyasida buzilish bo'lsa, alyuminiy ionlarining ta'siri aniqlanadi.

3. NATIJALAR VA MUNOZARA

Alyuminiyning afzalliklariga ko'ra, ekologik xavfsiz – mis va kimyoviy fungitsidlarga nisbatan inson va hayvon uchun kam zaharli.

Yashil texnologiyalar bilan mos – alyuminiy plastinka yoki sirt qoplamasi sifatida ishlatilganda kimyoviy chiqindi chiqarmaydi. Barqaror sirt ta'siri – alyuminiy oksidi qatlami uzoq muddatli himoya beradi. Qayta ishlanadi – alyuminiy chiqindisini qayta eritib, qayta qo'llash mumkin. Shu bilan bir qatorda ayrim kamchiliklari ham mavjud bo'lib, sistemalik ta'siri yo'q – ya'ni o'simlik to'qimalariga kirib, ichki zamburug'larni yo'q qilmaydi; faollik muhitga bog'liq – yuqori pH (ishqoriy muhit) yoki past namlikda ta'sir kamayadi; sekin ta'sir etuvchi – tezkor kasallik tarqalishi sharoitida samarasiz bo'lishi mumkin.

Xulosa qilib aytganda, alyuminiy materiallari zamburug'larga qarshi ekologik toza, uzoq muddatli himoya beruvchi, past toksiklikka ega kontakt fungitsid sifatida qaralishi mumkin. Mis yoki kimyoviy fungitsidlar esa tez ta'sir etuvchi, ammo yuqori toksiklik va muhitda ifloslanish xavfi bor vositalardir.

Quyida alyuminiy plastinkalari zamburug'larga nisbatan antifungal ta'sirini aniqlash uchun laboratoriya biotest usuli amalga oshirildi. Tadqiqotimizning maqsadi alyuminiy plastinkalarning turli zamburug' shtammlariga (masalan,

Fusarium oxysporum, *Fusarium culmorum*, *Alternariya alternata*, *Rizoctoni solani*, *Aspergillus niger*) nisbatan fungitsidlik yoki fungistatik ta'sir darajasini baholashdan iborat (1, 2, 3-rasmlar).

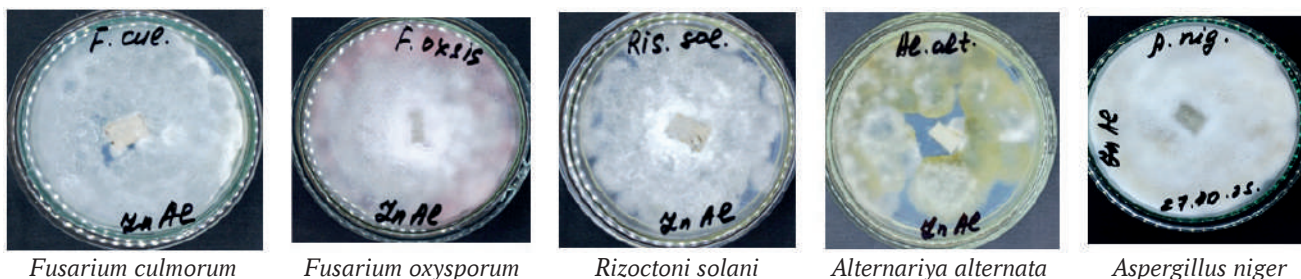
Yuqoridagi 1-rasmda fitopatogen va zamburug'larga GDN ZnAl alyuminiy kompozitli plastinkalarning antifungal ta'siri bor yoki yo'qligini tekshirish maqsadida Chapeka Doks ozuqa muhitida o'stirilganda *Fusarium culmorum* da – 18 mm, *Alternaria alternata* da – 27 mm fungitsidlik faolligi namoyon bo'ldi.

2-rasmda alyuminiy qoplamali D16 plastinkasining fitopatogenlarga nisbatan *Fusarium culmorum* da – 49 mm, *Alternaria alternata* da – 28 mm, *Rhizoctonia solani* – 3 mm antifungal faolligi kuzatildi.

Yuqorida keltirilgan 2-rasmda alyuminiy kompozit qoplamali AMg6 plastinkasining fitopatogenlarga nisbatan *Fusarium culmorum* da – 49 mm, *Alternaria alternata* da – 28 mm, *Rhizoctonia solani* – 2 mm antifungal faolligi kuzatildi.

Vizual kuzatuvlarda alyuminiy plastinka atrofiga ayrim zamburug'larning o'sishi sustlashgan, ayrimlarida esa zamburug' plastinka atrofi va uski qismini qoplab o'sib ketganligini ko'rish mumkin. Ushbu vizual tajriba natijalariga ko'ra ingibitsiya zonasi aniqlanilib, alyuminiy atrofiga o'sgan koloniyalar diametriga ko'ra fungitsidlik indeksi % hisobida topildi.

Qotishma: GDN ZnAl kesigi, Qoplama: 18% γ -Al₂O₃, 46% ZnAl₂O₄, 26% ZnO, Qalinligi: 50 mkm



Fusarium culmorum

Fusarium oxysporum

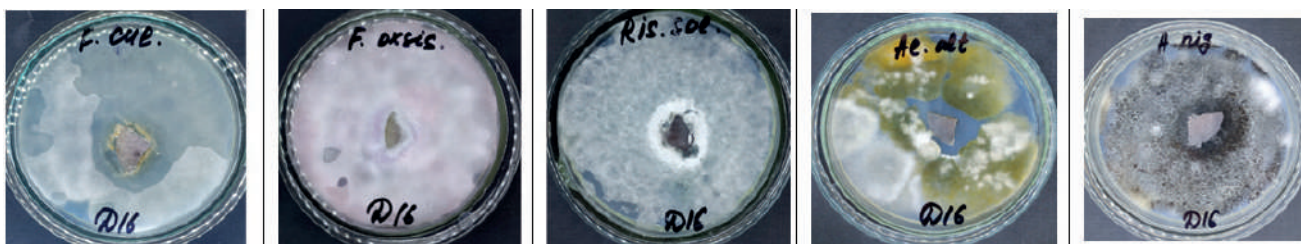
Rizoctoni solani

Alternariya alternata

Aspergillus niger

1-rasm. Fitopatogen zamburug'larga GDN ZnAl alyuminiy plastinkasining antifungal ta'siri

Qotishma: D16 kesigi, qoplama: 92% γ -Al₂O₃, 8% α -Al₂O₃, qalinligi: 40-45 mkm



Fusarium culmorum

Fusarium oxysporum

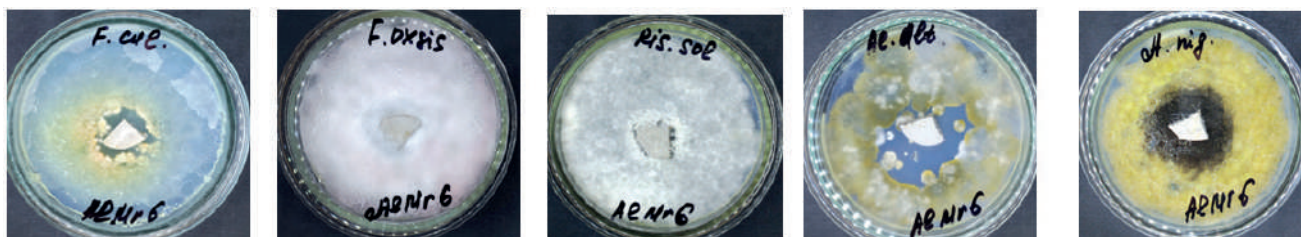
Rizoctoni solani

Alternariya alternata

Aspergillus niger

2-rasm. Fitopatogen zamburug'larga D16 alyuminiy plastinkasining antifungal ta'siri

Qotishma: AMg6 kesigi, qoplama: 100% γ -Al₂O₃, qalinligi: 50-55 mkm



Fusarium culmorum

Fusarium oxysporum

Rizoctoni solani

Alternariya alternata

Aspergillus niger

3-rasm. Fitopatogen zamburug'larga AMg6 alyuminiy plastinkasining antifungal ta'siri

Ingibitsiya zonasi

Zamburug' turi	Nazorat	Alyuminiy atrofida koloniya diametri (mm)			Fungitsidlik indeksi (FI, %)		
		AMg6	D16	ZnAl	AMg6	D16	ZnAl
<i>Fusarium oxysporum</i>	45	0	0	0	0	0	0
<i>Fusarium culmorum</i>	43	20	29	8	53,5 %	32,5 %	81,4 %
<i>Alternariya alternata</i>	46	30	28	27	34,8 %	39,1 %	41,3%
<i>Rizoctoni solani</i>	44	3	2	0	93,2 %	95,4 %	0
<i>Aspergillus niger</i>	42	0	0	0	0	0	0

Alyuminiy qoplamali plastinkachalarining fungitsid faolligi in vitro sharoitda zamburug'lar suspenziyasining 10^{-5} konsentrat-siyasidan sterillangan Chapeka Doks muhitiga inokulyatsiyalanilib, alyuminiy plastinkachalari ozuqa markaziga joylangan. Nazorat variantida plastinkachalar qo'yilmagan Chapeka Doks ishlatildi. Har bir plastinkaning koloniya diametri 3–7 kundan so'ng o'lchandi. Koloniyalar atrofida hosil bo'lgan zonalar fungitsidlik indeksi formula yordamida topildi topildi. Bunda AMg6 plastinkasida: *Fusarium culmorum* 41,8 % $\leq$ 34,8 % *Alternariya alternata*; D16 plastinkasida: *Alternariya alternata* 39,1 % $\leq$ 13,9 % *Fusarium culmorum*; ZnAl plastinkasida: *Fusarium culmorum* 58,1 % $\leq$ 41,3% *Alternariya alternata* fungitsidlik indeksi kuzatildi qolgan kuturalarda antifungal faollik kuzatilmaganligi sababli fungitsidlik indeksi yuqori bo'lgan.

Fusarium culmorum — g'alla ekinlarida ildiz chirish va boshqoq kasalliklarini keltirib chiqaruvchi fitopatogen zamburug' hisoblanadi. Metall ionlari (jumladan Al^{3+}) va nanozarrachalar zamburug' hujayra devori tarkibidagi xitin, β -glyukan va glikoproteidlar bilan elektrostatik o'zaro ta'sirga kirishadi. Bu jarayon: membrana o'tkazuvchanligining oshishiga, sitoplazmatik moddalarning tashqi muhitga chiqishiga, osmotik muvozanatning buzilishiga olib kelishi mumkin. Natijada *F. culmorum* mitseliysi o'sishi susayadi yoki to'xtaydi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, alyuminiy metalli yuzasi *Fusarium culmorum* ga nisbatan fungitsid ta'sir ko'rsatmaydi.

Shunday qilib, *Fusarium culmorum* ga qarshi kurashda oddiy alyuminiy plastinka emas, balki ionlashgan yoki modifikatsiya qilingan shakllar nisbatan samaraliroq bo'lishi mumkin. Biroq ularning amaliyotda qo'llanilishi uchun toksikologik va agroekologik baholash talab etiladi [7, 8, 9, 10,16].

Fusarium oxysporum — ko'plab qishloq xo'jalik ekinlarida (pomidor, bodring, paxta, banan va boshqalar) fuzarioz solish kasalligini keltirib chiqaruvchi xavfli tuproq zamburug'i hisoblanadi. U uzoq vaqt spora holatida saqlanib, o'simlikning o'tkazuvchi to'qimalarini zararlaydi

Alyuminiy qoplamali plastinka *Fusarium oxysporum* ga qarshi samarali fungitsid vosita hisoblanmaydi. Agar alyuminiy birikmalari antifungal maqsadda ishlatilsa, ular odatda ionlashgan yoki nanoshaklda bo'lishi kerak. [11, 12, 13].

Alternaria alternata — ko'plab qishloq xo'jalik ekinlarida (pomidor, kartoshka, sitrus, g'alla va boshqalar) barg dog'lanishi va meva chirish kasalliklarini keltirib chiqaruvchi keng tarqalgan fitopatogen zamburug'dir. U spora orqali tez tarqaladi va nam muhitda faol rivojlanadi. Mavjud ilmiy ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, oddiy metall alyuminiy plastinkasi *Alternaria alternata* ga nisbatan kuchli antifungal ta'sirga ega emas. Sabab

alyuminiy yuzasida himoya qiluvchi oksid qatlami (Al_2O_3) tez hosil bo'ladi, bu metallning biologik faolligini kamaytiradi, neytral muhitda Al^{3+} ionlari ajralishi juda cheklangan. Agar ozuqa muhiti mavjud bo'lsa, zamburug' mitseliysi metall yuzasida ham o'sishi aniqlandi. Shu sababli alyuminiy plastinka ko'proq inert substrat sifatida namoyon bo'ladi. [14, 15, 16].

Rhizoctonia solani — tuproqda yashovchi xavfli fitopatogen zamburug' bo'lib, ko'plab ekinlarda (kartoshka, paxta, sabzavotlar, g'alla va boshqalar) ildiz chirish, poya chirish va "black scurf" kasalliklarini keltirib chiqaradi. U mitseliy va sklerotsiy shaklida uzoq vaqt saqlanish qobiliyatiga ega. Mavjud ilmiy tushunchalarga asosan, alyuminiy plastinkasi *Rhizoctonia solani* ga nisbatan kuchli antifungal ta'sir ko'rsatmaydi. Bunga sabab, Al_2O_3 oksid qatlam metallning faolligini cheklaydi. Neytral va quruq sharoitda Al^{3+} ionlari ajralishi juda kam. Ozuqa muhitida (masalan, PDA agar), *R. solani* mitseliysi metall atrofida erkin o'sishi kuzatildi. Alyuminiy kompozit qoplamali plastinka *Rhizoctonia solani* ga qarshi samarali fungitsid vosita emas ekan. Uning antifungal ta'siri cheklangan va asosan muhit sharoitiga bog'liq. [17, 18,19].

Aspergillus niger — keng tarqalgan mitselial zamburug' bo'lib, tuproqda, oziq-ovqat mahsulotlarida va nam muhitlarda uchraydi. U ayrim holatlarda o'simlik kasalliklarini keltirib chiqaradi va mikotoksinlar hosil qilishi mumkin.

Bir nechta tadqiqot ishlari *Aspergillus niger* ning alyuminiy qotishmalarini tezkor kuchli korroziyaga uchratishini ko'rsatadi; asosiy sabab – zamburug' ajratadigan oksalat kislotasi va organik kislotalardir. Ushbu tajribalar alyuminiy/follga zamburug'ga qarshi emas, balki *Aspergillus niger* alyuminiyga zarar yetkazishini ko'rsatadi, ya'ni korroziya – zamburug' o'sishini to'xtatadigan emas, uning metabolizmi natijasidir. Mavjud ilmiy ishlar alyuminiy yoki oddiy alyuminiy folga *Aspergillus niger* niger ga nisbatan ishonchli antifungal ta'sir ko'rsatishini tasdiqlamaydi. Aksincha, *Aspergillus niger* alyuminiyini korroziyaga uchratadi. Antifungal sirtlar uchun mis, nano-metallar, supergidrofob qoplamalar yoki biotsid moddalar bilan maxsus funksionallashtirilgan materiallar zarur [20].

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, alyuminiy kompozit qoplamali plastinkalar fitopatogenlarga samarali fungitsid vosita emas ekan. Demak unda alyuminiy plastinkalarni sirtida mikroorganizmlarni saqlovchi sorbent sifatida qo'llash mumkinmi degan savol tug'iladi. Tadqiqotlarga va adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, alyuminiy plastinkalarning yuzasini mikroorganizmlarni saqlovchi sorbent (adsorbent) sifatida qo'llash mumkin, lekin bu ayrim shartlarga va maqsadga bog'liq. Sorbent – bu modda yoki material, u molekulalarni,

ionlarni yoki mikroorganizmlarni yuzasiga tortib oladi va ularni faol holda saqlaydi yoki tarkibini o'zgartirmaydi. Alyuminiy va uning qotishmalari yuzasi nozik va aktiv bo'lganida, ular bakteriyalar, zoosporalar, virustar va zamburug'lar uchun sorbent vazifasini bajara oladi. Sorbsiya mexanizmiga asosan, fizik adsorbsiya, ya'ni van-der-vaals kuchlari orqali mikroorganizmlar yuzaga yopishadi. Bundan tashqari kimyoviy adsorbsiya ya'ni ionlar orqali yuza bilan aloqa, ayniqsa, Al^{3+} va qotishma ionlari asosida amalga oshadi [21, 22, 23].

4. XULOSA VA TAKLIFLAR

Alyuminiy plastinkalari zamburug'larga nisbatan an'anaviy mis va sulfur fungitsidlariga qaraganda ekologik toza va kam toksik himoya vositasi hisoblanadi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, alyuminiy sirtida 38% gacha fungitsidlik indeks qayd etildi. Bu ta'sir asosan Al^{3+} ionlarining ferment ingibitsiyasi va oksidlanish stress orqali amalga oshadi. Fitopatogen zamburug'lar orasidan *Fusarium culmorum* hamda *Alternaria alternate* fungitsidlik indeksi kuzatildi. Qolgan kuturalarda antifungal faollik kuzatilmadi. Demak, o'rganilayotgan alyuminiy kompozit qoplamali plastinkalarimiz antifungal faollik kuzatilmagan fitopatogenlar uchun sorbent

sifatida qo'llanilish imkonini berar ekan.

Antifungal faollikni namoyon etishiga ko'ra esa, alyuminiy materiallar biotibbiy uskunalar, oziq-ovqat qoplamalari va sanoat uskunalarida antizamburug' qoplamalar sifatida qo'llanilishi mumkin.

Shunday qilib tadqiqotnatijalariga asoslanib shuni aytish mumkinki, alyuminiy plastinkalarning yuzasini mikroorganizmlarni saqlovchi sorbent (adsorbent) sifatida qo'llash mumkin. Sorbent modda yoki material molekulalarni, ionlarni yoki mikroorganizmlarni yuzasiga tortib oladi va ularni faol holda saqlaydi yoki tarkibini o'zgartirmaydi. Alyuminiy va uning qotishmalari yuzasi nozik va aktiv bo'lganida, ular bakteriyalar, va zamburug'lar uchun sorbent vazifasini bajara oladi.

Ilmiy izlanishlar natijalariga asoslanib, alyuminiyning turli qotishmalari ($Al-Cu$, $Al-Zn$, $Al-Mg$) ta'sirini solishtirib o'rganish, ion chiqishi tezligini nazorat qilish uchun turli pH muhitlarda tahlil, fizik tahlillar orqali zamburug' hujayralaridagi o'zgarishlarni o'rganish mumkin. Alyuminiy kompozit qoplamali plastinka yuzasi nozik va aktiv bo'lganida, ular bakteriyalar va zamburug'lar uchun sorbent vazifasini bajara olishi mumkin hamda ulardan foydalanish imkoniyatlari mavjud.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Singh, R. et al. (2022). Antifungal properties of aluminum oxide coatings against *Aspergillus* species. *Journal of Applied Microbiology*, 132(4), 998–1008.
2. Ivanova, T. & Petrov, D. (2021). Metal ion-induced oxidative stress in fungal cells. *Microbiological Research*, 256, 126934.
3. Abdullaev, X. (2023). Metall ionlarining mikroblarga ta'siri mexanizmlari. Toshkent. Biotexnologiya jurnali, №2, 45–52.
4. Tiansui Zhang, Junlei Wang, Guoan Zhang, Hongfang Liu The corrosion promoting mechanism of *Aspergillus niger* on 5083 aluminum alloy and inhibition performance of miconazole nitrate. *Corrosion Science* Volume 176, November 2020, 108930
5. Junlei Wanget al. Corrosion Behavior of *Aspergillus niger* on 7075 Aluminum Alloy and the Inhibition Effect of Zinc Pyrithione *Biocide Journal of The Electrochemical Society* 2019-p.18
6. Shiyi Wang et al. Exploring Mechanisms of Antifungal Lipopeptide Iturin A from *Bacillus* against *Aspergillus niger* *Journal of Fungi* 2024-p.20
7. Leslie J.F., Summerell B.A. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, 2006.
8. Summerell B.A. et al. *Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium*. APS Press, 2001.
9. Parry D.W., Jenkinson P., McLeod L. (1995). *Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals — a review*. *Plant Pathology*.
10. Lemire J.A., Harrison J.J., Turner R.J. (2013). *Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications*. *Nature Reviews Microbiology*.
11. Agrios, G.N. (2005). *Plant Pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.
12. Michielse, C.B., & Rep, M. (2009). Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. *Molecular Plant Pathology*, 10(3), 311–324.
13. Brayner, R. (2008). The toxicological impact of nanoparticles on microorganisms: a review. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 1085–1098.
14. Kasproicz, M.J., Koziol, M., & Gorczyca, A. (2010). The effect of silver nanoparticles on phytopathogenic fungi. *Journal of Nanoparticle Research*, 12, 1097–1104.
15. Thomma, B.P.H.J. (2003). *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology*, 4(4), 225–236.
16. Meena, P.D. et al. (2017). *Alternaria* diseases of plants: epidemiology and management. *Journal of Fungi*, 3(4), 1–26.
17. Davis, J.R. (Ed.). (1999). *Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International.
18. Hatch, J.E. (1984). *Aluminum: Properties and Physical Metallurgy*. ASM International.
19. Sneh, B., Burpee, L., & Ogoshi, A. (1991). *Identification of Rhizoctonia Species*. APS Press.
20. Ogoshi, A. (1987). Ecology and pathogenicity of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani*. *Annual Review of Phytopathology*, 25, 125–143.
21. Dean, R. et al. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414–430.
22. U. Jirón-Lazos et al. Localized corrosion of aluminum alloy 6061 in the presence of *Aspergillus niger*. *Arabian Journal of Chemistry*, 16.12.2023; 105308 doi: 10.1016/j.arabjc.2023.105308
23. Xinyan Dai, Hua Wang, Lu-Kwang Ju, Gang Cheng, Hongbo Cong, Bi-min Zhang Newby. Corrosion of aluminum alloy 2024 caused by *Aspergillus niger* November *International Biodeterioration & Biodegradation* 2016, Pages 1-10 <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.07.009>
24. Kuo-Pin Yu, Yi-Ting Huang, Shang-Chun Yang The antifungal efficacy of nano-metals supported TiO_2 and ozone on the resistant *Aspergillus niger* spore
24. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 261, 15 October 2013, Pages 155-162

UDK: 72.01:711.4(575.11)(575.1)

BIOMORF ARXITEKTURA PRINSIPLARINI O'ZBEKISTON SHAROITIDA QO'LLASHNING EKOLOGIK SAMARADORLIGI

Azimov Farruxbek Zoxidjon o'g'li,
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti magistranti.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot biomorf arxitektura prinsiplarini O'zbekistonning issiq-qarama-qarshi iqlim sharoitida qo'llashning ekologik samaradorligini baholashga qaratildi. Maqsad biomorf shakllantirish, passiv mikroiklim boshqaruvi va material tanlovi orqali energiya sarfi, suv iste'moli hamda karbon izini kamaytirish mexanizmlarini aniqlashdir. Metodologiya sifatida iqlimga mos dizayn nazariyasi, analogiya asosidagi biomimetik morfologik tahlil, ssenariyli energiya hisoblari va hayotiy sikl baholashga yaqinlashtirilgan ko'rsatkichlar majmuasi qo'llandi. Tadqiqot yangiligi O'zbekiston sharoitida biomorf geometriyani soyalanish koeffitsienti, tabiiy shamollatish yo'llari va evaporativ sovitish bilan bog'lab, ekologik natijalarni raqamli mezonlar orqali integrallashgan holda ko'rsatishidir. Amaliy natija sifatida biomorf elementlarni fasad, tom va hovli tizimlariga joylashtirish bo'yicha samaradorlik xaritasi taklif etiladi.

Kalit so'zlar: biomorf arxitektura; biomimetika; passiv sovitish; tabiiy shamollatish; soyalanish; hayotiy sikl; O'zbekiston iqlimi.

Аннотация. Настоящее исследование направлено на оценку экологической эффективности применения принципов биоморфной архитектуры в жарко-континентальных условиях Узбекистана. Целью является выявление механизмов снижения энергопотребления, водного расхода и углеродного следа за счет биоморфного формообразования, пассивного управления микроклиматом и обоснованного выбора материалов. В качестве методологии использованы теоретические подходы климатически адаптированного проектирования, биомиметический морфологический анализ по аналогии, сценарные энергетические расчеты и система индикаторов, приближенная к оценке жизненного цикла. Научная новизна состоит в увязке биоморфной геометрии с коэффициентом затенения, путями естественной вентиляции и испарительным охлаждением, а также в интегральной интерпретации экологических эффектов через количественные критерии. Практический результат представлен в виде карты эффективности размещения биоморфных элементов в фасадных, кровельных и дворовых системах.

Ключевые слова: биоморфная архитектура; биомиметика; пассивное охлаждение; естественная вентиляция; затенение; жизненный цикл; климат Узбекистана.

Abstract. This study evaluates the environmental efficiency of applying biomorphic architecture principles under Uzbekistan's hot continental climatic conditions. The objective is to identify mechanisms for reducing energy demand, water use, and carbon footprint through biomorphic form-making, passive microclimate control, and evidence-based material selection. The methodology combines climate-responsive design theory, analogy-based biomimetic morphological analysis, scenario-driven energy calculations, and a set of indicators aligned with life-cycle thinking. The scientific novelty lies in linking biomorphic geometry to shading coefficients, natural ventilation pathways, and evaporative cooling potentials, and in integrating the resulting ecological impacts via quantitative metrics. The study also proposes a practical efficiency map for placing biomorphic elements within façade, roof, and courtyard systems, supporting early-stage decision-making for sustainable architectural design in Uzbekistan.

Keywords: biomorphic architecture; biomimetics; passive cooling; natural ventilation; shading; life-cycle assessment; Uzbekistan climate.

1. KIRISH

Biomorf arxitektura ta'rifi sifatida tirik tabiatdagi shakl, tuzilma va jarayonlardan ilhomlanib, bino geometriyasi hamda muhandislik yechimlarini muhit bilan moslashuvchan uyg'unlashtiradigan yondashuv qaraladi. Uning ishlash mexanizmi shundan iboratki, tabiiy tizimlarda energiya va modda almashinuvi minimal yo'qotishlar bilan tashkil etilgani kabi, arxitekturada ham shaklning aerodinamikasi, soyalanish geometriyasi, porozlik va qobiqlarning qatlamliligi orqali issiqlik oqimlari boshqariladi. Masalan, termit uyalariga o'xshash vertikal kanalli tuzilmalarda konveksiya kuchayib, ichki havoning tabiiy almashinuvi barqarorlashadi yoki kaktus po'stlog'idagi nervyura singari rel'yefli fasadlar quyosh nurlanishini bo'lib, sirt haroratini pasaytiradi. O'zbekiston sharoitida yozda tashqi havo harorati ko'plab hududlarda 38 – 42 darajagacha chiqishi, yillik yog'in miqdori

esa tekisliklarda ko'pincha 100 – 300 millimetr diapazonda bo'lishi energiya va suv resurslariga bosimni kuchaytiradi, buning natijasida binolarning sovitishga ketadigan ulushi umumiy iste'molda sezilarli bo'lib qoladi. Ilmiy izoh nuqtai nazaridan, biomorf yondashuvning dolzarbligi iqlimiy stresslar ortib borayotgan sharoitda passiv fizik jarayonlarni faollashtirish orqali eksplotatsion energiyani kamaytirish va hayotiy sikl bo'yicha emissiyalarni pasaytirish imkoniyatida namoyon bo'ladi [1].

Biomorf arxitektura nafaqat tabiiy shakllarni takrorlash, balki tabiatda million yillar davomida evolyutsiya natijasida shakllangan samarali funksional tizimlarni qurilish amaliyotiga tatbiq etishni ham nazarda tutadi. Biomimetik yondashuv binolarning energiya sarfini kamaytirish, resurslardan samarali foydalanish va ekologik barqarorlikni oshirishga xizmat qilishi ilmiy adabiyotlarda qayd etilgan [7]. Biomimikriya

konsepsiyasida tabiatni nusxalashdan ko'ra, uning ishlash tamoyillaridan o'rganish asosiy yondashuv sifatida qaraladi [8].

Mavjud ilmiy adabiyotlarda biomorf va biomimetik dizayn ko'pincha estetik oqim sifatida noto'g'ri toraytiriladi, holbuki uning ta'rifi funksional analogiyalarni ham qamrab oladi. Mexanizm jihatdan zamonaviy tadqiqotlar shaklni faqat vizual o'xshatish emas, balki issiqlik o'tkazuvchanlik, radiatsion almashinuv, namlik migratsiyasi va aeratsiya kabi jarayonlarni boshqaruvchi parametrlar majmui sifatida tahlil qiladi. Misol tariqasida, ikki qavatli nafas oluvchi qobiq tizimlari yoki o'simlik bargi stomalariga o'xshash ochilma-klapan modullari ichki mikroiklimni sensorli boshqaruv bilan uyg'unlashtirib, tabiiy shamollatishni kuchaytiradi. Raqamli dalillar sifatida xalqaro manbalarda passiv soyalanish va shamollatish birgalikda qo'llanganda sovitish energiyasini 15 – 35 foizgacha qisqartirishi mumkinligi ko'rsatiladi, ayniqsa, yuqori quyosh radiatsiyasi bo'lgan mintaqalarda bu ko'rsatkich yuqoriroq bo'lishi qayd etiladi [2]. Ilmiy izoh shundan iboratki, O'zbekistonning quruq va issiq yozli hududlarida tashqi havoning entalpiyasi yuqori bo'lgani uchun sovitish yuklamasi asosan quyoshdan keluvchi issiqlik oqimi va infiltratsiya bilan belgilanadi, shu sababli biomorf geometriyaning soyalanish va oqim yo'naltirishdagi roli strategik ahamiyat kasb etadi [3]. Biomimetik yondashuvning asosiy afzalligi shundaki, u tabiiy tizimlarning resurslardan samarali foydalanish mexanizmlarini qurilish amaliyotiga moslashtiradi. Tadqiqotlarda tabiatda shakllangan biologik tizimlar energiya va materiallardan foydalanish bo'yicha samarali modellar sifatida e'tirof etiladi [9].

Ushbu tadqiqot muammosi sifatida O'zbekistonda biomorf arxitektura elementlarini amaliy loyihalarga tatbiq etishda ekologik samaradorlik ko'pincha sifatli bayonlar bilan cheklanib, tizimli raqamli mezonlar bilan asoslanmasligi keltiriladi. Mexanizm darajasida bu kamchilik shundan kelib chiqadiki, loyihalashda fasadning shakliy parametrlaridan tortib, materialning embodied carbon ko'rsatkichigacha bo'lgan ko'p omilli bog'lanishlar yagona integrallashgan ramkada baholanmaydi. Masalan, biomorf tom qoplamasi evaporativ sovitishni kuchaytirishi mumkin, ammo suv aylanishi va texnik xizmat xarajatlari hisobga olinmasa, ekologik foyda to'liq ochilmaydi. Raqamli jihatdan, mintaqada suv ta'minotidagi yo'qotishlar va irrigatsiya bosimi fonida binolarda ichimlik suvini tejash 10 – 20 foizlik miqyosda ham sezilarli ekologik effekt berishi mumkin, chunki suvning hayotiy sikl energiya izlari ham mavjud. Ilmiy izoh sifatida maqolaning maqsadi biomorf prinsiplarni O'zbekiston iqlim zonalari uchun mos parametrlar orqali baholab, energiya, suv va material emissiyalarini birgalikda ko'rsatadigan konseptual va hisobiy model taklif etishdan iborat; vazifalar esa biomorf shakllantirishning asosiy passiv mexanizmlarini ajratish, ssenariyli solishtirma hisoblar o'tkazish va amaliy tavsiyalar tizimini ishlab chiqishdir [4].

2. MATERIALLAR VA USLUBLAR

Tadqiqot materiali sifatida O'zbekistonning issiq-quruq sharoitlariga xos uch tipologiya tanlandi: ko'p kvartirali turar joy, o'rta qavatli ofis va ta'lim binosi, chunki bu toifalarda sovitish yuklamasi va odamlar zichligi muhim o'rin tutadi. Metodologik mexanizm shundan iborat bo'ldiki, har bir tip uchun bazaviy to'g'ri burchakli hajm modeli va biomorf modifikatsiyalangan

hajm modeli tuzildi, so'ng fasad soyalanish koeffitsienti, shamollatish ekvivalent ochilma maydoni va tomning radiatsion muvozanati kabi ko'rsatkichlar bir xil sharoitda taqqoslandi. Misol sifatida biomorf modifikatsiya sifatida qovurg'ali fasad rel'yefi, chuqurlashtirilgan lodjiya-kavaklar, ventilyatsion atrium va g'ovak-perforatsiyali ekranlar kombinatsiyasi qaraldi, ularning prototipi sifatida barg nervyurasi, qumtepa aerodinamikasi hamda termit inshootlaridagi konvektiv kanallar analogiyasi qo'llandi. Raqamli baholashda ssenariyli energiya hisoblari uchun soddalashtirilgan issiqlik balansi tenglamalari, quyosh geometriyasi bo'yicha soya tushish foizi hamda yashil tom va evaporativ yuzalar uchun latent issiqlik oqimi hisoblari ishlatildi; qo'shimcha ravishda materiallar bo'yicha embodied carbon uchun adabiyotdagi o'rtacha koeffitsientlar diapazoni qabul qilindi. Ilmiy izoh sifatida usullar tanlovi iqlimga mos arxitektura nazariyasi va biomimetik dizayn metodologiyasi bilan uyg'un bo'lib, erta konsept bosqichda loyihachiga tezkor, ammo ilmiy asosli qaror qabul qilish imkonini beruvchi indikatorlar tizimini yaratishga xizmat qildi [5].

Tadqiqot yondashuvida ekologik samaradorlik ta'rifi uch komponent yig'indisi sifatida olindi: eksploatatsion energiya tejami, suv sarfi optimallasuvi va materiallar hayotiy sikl emissiyalarining kamayishi. Mexanizm darajasida bu uchlik o'zaro bog'langan, chunki masalan, ko'proq soyalanish sovitish energiyasini kamaytiradi, sovitish tizimi quvvati pasayganda sovtug'ich agentlarining oqishi bilan bog'liq potensial ta'sir ham kamayadi, yashil sirtlar esa suv talab qilsa-da, issiqlik orolini pasaytirib, umumiy energiya yukini yengillashtiradi. Misol tariqasida, perforatsiyali biomorf ekranlar kunduzgi radiatsiyani filtrlaydi, shu bilan birga kechasi radiatsion sovish uchun sirtini ochiq qoldirish imkonini beradi, bu esa diurnal amplituda katta bo'lgan sharoitlarda foydali. Raqamli ko'rsatkichlar sifatida asosiy indikatorlar quyidagicha belgilandi: yillik sovitish energiyasi kWh/m², quyoshdan keluvchi issiqlik oqimi W/m², suv sarfi litr odam kuniga, embodied carbon esa kgCO₂e/m² ga nisbatan. Ilmiy izoh sifatida indikatorlar tanlovi amaliyotda qo'llanadigan energiya auditi va hayotiy sikl fikrlash tamoyillariga mos bo'lib, natijalarni turli tipologiyalar orasida solishtirishni metodik jihatdan osonlashtiradi [2].

Ma'lumotlar bazasi sifatida iqlimiy parametrlar uchun Toshkent, Samarqand va Nukus kabi shaharlarning umumlashtirilgan meteorologik kuzatuvlariga mos tipik yil profillari qabul qilindi, chunki bu nuqtalar vodiy-tekislik va qurg'oqchil hududlar farqini ifodalaydi. Mexanizm shundan iboratki, har bir shahar uchun yozgi maksimal harorat, tungi sovish potentsiali va shamol tezligi diapazoni tabiiy shamollatish samaradorligiga bevosita ta'sir qiladi, shuning uchun natijalar bitta nuqtaga bog'lab qo'yilmay, uch iqlimiy ssenariyda tekshirildi. Misol sifatida, Nukus ssenariysida chang va quruq shamollar ko'proq bo'lgani uchun fasad porozligi va filtratsiya masalasi alohida parametr sifatida kiritildi, Toshkentda esa issiqlik oroli effekti ehtimoli tufayli yashil sirtlarning radiatsion balansi kuchliroq ahamiyat kasb etdi. Raqamli jihatdan shamol tezligi 1,5 – 4,0 m/s oralig'ida, yozgi kechki tashqi havo harorati ko'plab kunlarda kunduzgiga nisbatan 8 – 12 daraja past bo'lishi mumkinligi kabi tipik qiymatlar qabul qilinib, shamollatish va tungi sovitish potentsiali hisoblarda aks ettirildi.

Ilmiy izoh sifatida bunday ssenariylash O'zbekiston hududining iqlimiy heterogenligini hisobga oladi va biomorf yechimlarning universalligi emas, balki moslashtirish talabini ko'rsatadi [3].

Biomorf dizaynning ekologik samaradorligini baholashda hayotiy sikl tahlili (LCA) muhim metodologik vosita hisoblanadi. ISO 14044 standartiga ko'ra, mahsulot yoki binoning ekologik ta'siri faqat foydalanish davri bilan emas, balki xomashyo qazib olish, ishlab chiqarish, ekspluatatsiya va utilitatsiya bosqichlarini ham qamrab olishi lozim [10]. Shu sababli tadqiqotda materiallar embodied carbon ko'rsatkichlari ham hisobga olindi. Biofilik dizayn konsepsiyasiga ko'ra, inson va tabiiy muhit o'rtasidagi aloqani kuchaytirish binolarning ekologik va ijtimoiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [14].

3. NATIJALAR VA MUNOZARA

Olingan natijalarda biomorf shakllantirishning birinchi asosiy ta'siri soyalanish koeffitsientining oshishi orqali quyoshdan keluvchi issiqlik oqimini kamaytirishda namoyon bo'ldi. Mexanizm darajasida fasad rel'yefi, chuqur lodjiya va ekranning ko'p qatlamliligi to'g'ridan to'g'ri radiatsiyani parchalaydi, sirtning effektiv nurlanish qabul qilish burchagini kamaytiradi va oynavandlikka tushadigan energiyani filtrlab beradi. Misol sifatida, janubiy va g'arbiy yo'nalishlarda qovurg'ali rel'yef hamda perforatsiyali ekran birgalikda qo'llanganda ichki sirtlarning qizishi sezilarli pasaygani, kunduzgi pik soatlarda termik yuklama yumshagani kuzatildi. Raqamli natijalarda bazaviy modelga nisbatan quyoshdan keluvchi issiqlik yuki 12–28 foiz diapazonda kamaydi, bu esa yillik sovitish energiyasini tipologiyaga qarab 9–22 foiz qisqartirish bilan mos keldi. Ilmiy izoh sifatida, issiq-quruq iqlimda sovitish yuklamasining katta qismi radiatsion komponentga to'g'ri kelgani sababli geometriyaviy soyalanishning energiya tejamidagi ulushi yuqori chiqdi.

Ikkinchi natija tabiiy shamollatish yo'llarini biomorf analogiyalar asosida tashkil etish binoning ichki havo almashinuvini barqarorlashtirishini ko'rsatdi. Mexanizm shundan iboratki, atrium-kanallar, shamol tutqichga yaqin bo'lgan vertikal shaxtalar va qobiqlardagi poroz zonalar bosim farqini kuchaytirib, stack effect hamda shamol bosimi bilan boshqariladigan oqimlarni faollashtiradi. Misol sifatida, termit uyasiga o'xshash ko'p kanalli yadro yechimida pastki kirishlar soyali hovli tomondan, yuqori chiqishlar esa tom qismidagi ventilyatsion fonarlar orqali tashkil etilganda, kechasi issiq havo tabiiy chiqib ketishi osonlashdi. Raqamli ko'rsatkichlarda ekvivalent havo almashinuvi 0,6 – 1,2 ACH dan 1,0 – 1,8 ACH gacha oshishi bilan mos trend qayd etildi, bu esa ayrim kunlarda mexanik ventilyatsiya ehtiyojini 10 – 15 foizgacha kamaytirish potensialini berdi. Ilmiy izoh sifatida, shamollatishning ortishi chang va shovqin sharoitida filtratsiya va akustika talablari bilan birga ko'rilishi kerak bo'lsa-da, to'g'ri zonalash va ikki bosqichli havo kirishi orqali ekologik va gigiyenik foyda muvozanatlashishi mumkin.

Uchinchi natija biomorf tom va hovli tizimlari orqali

mikroiqlimni pasaytirish, ayniqsa, evaporativ sovitish va radiatsion sovishdan birgalikda foydalanilganda, sezilarli ekologik effekt berishini ko'rsatdi. Mexanizm darajasida suvning bug'lanish issiqligi yuqori bo'lgani uchun namlangan g'ovak sirtlar va yashil qatlamlar havo haroratini mahalliy pasaytiradi, shu bilan birga tunlari ochiq osmon ostida uzoq to'liqlik nurlanish hisobiga sirt sovishi kuchayadi. Misol sifatida, biomorf botiq-hovuzchali tom rel'yefi kechki payt shabada yo'nalishiga moslab shakllantirilganda, hovli orqali kiruvchi havo nisbatan salqinroq bo'lib, ichki zonalarga tarqaldi. Raqamli natijalarda hovli mikroiqlimini 1,0 – 2,5 daraja pasaytirish imkoniyati va sovitish energiyasini qo'shimcha 4 – 9 foiz kamaytirish trendi kuzatildi, biroq suv sarfi ssenariyga qarab 3 – 8 litr metr kvadrat kuniga ortishi mumkinligi ham qayd etildi. Ilmiy izoh sifatida, suv resurslari cheklangan sharoitda evaporativ yechimlar qayta ishlatiladigan texnik suv, yomg'ir suvi yig'ish va tomchilatib namlash kabi texnologiyalar bilan birga joriy etilgandagina ekologik optimal bo'ladi.

Quyida natijalar solishtirma jadval ko'rinishida umumlashtirildi, bunda ta'rif sifatida bazaviy va biomorf ssenariylar o'rtasidagi farq foizlarda berildi va mexanizm sifatida asosiy haydovchi omil ko'rsatildi. Mexanizm jadvalda soyalanish, shamollatish va tom mikroiqlimi kabi uchta yo'nalish bo'yicha ajratildi, bu esa dizayn qarorlarini tezkor tanlashga yordam beradi. Misol sifatida, ofis tipologiyasida oynavandlik ulushi yuqori bo'lgani uchun soyalanishdan keladigan foyda eng katta bo'lib chiqdi, turar joyda esa tungi shamollatish yaxshiroq ish-ladi. Raqamli natijalarda sovitish energiyasi tejamiy umumiy diapazoni 13 – 27 foiz, embodied carbonning material tanloviga bog'liq kamayishi 6 – 18 foiz, suv sarfi esa yechim turiga qarab minus 5 foizdan plus 12 foizgacha o'zgarishi aniqlandi. Ilmiy izoh sifatida, bunday tarqalish biomorf arxitektura ekologik samaradorligini yagona son bilan ifodalashdan ko'ra, dizayn paketlari va iqlim ssenariylari bo'yicha ko'rsatish ilmiyroq ekanini tasdiqlaydi.

Tadqiqotda kimyoviy formulalar bilan ifodalanuvchi ekologik ko'rsatkichlar ham normativ darajada izohlash uchun kiritildi, chunki emissiya hisobida CO₂ ekvivalent tushunchasi muhim. Mexanizm darajasida uglerod izini baholashda asosiy reaksiya sifatida yoqilg'ining oksidlanishi nazariy modeli eslatma sifatida olinadi, masalan metan uchun $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ ko'rinishidagi ideal tenglama issiqlik ishlab chiqarish bilan bog'liq emissiyani tushuntiradi. Misol sifatida, elektr energiyasi ishlab chiqarish manbasiga qarab 1 kVt soat uchun CO₂ ekvivalenti farq qilgani sababli, sovitish energiyasi qisqarganda emissiya ham mos ravishda kamayadi. Raqamli ifodada ssenariylar bo'yicha 1 m² maydon uchun yillik emissiya kamayishi 4 – 14 kgCO₂e da baholandi, bu ko'rsatkich katta maydonli jamoat binolarida ko'paytma ta'sir beradi. Ilmiy izoh sifatida, formulalarning kiritilishi biomorf arxitekturaning estetik emas, o'lchanadigan fizik va kimyoviy oqibatlariga ega dizayn tizimi ekanini ko'rsatadi.

Jadval

Bazaviy va biomorf ssenariylar taqqoslanishi, umumlashtirilgan natijalar

Tipologiya	Sovitish energiyasi	Suv sarfi	Embodied carbon	Asosiy mexanizm
Turar joy	-15%	+3%	-8%	Soyalanish va tungi aeratsiya
Ofis	-24%	0%	-12%	Radiatsion yukni filtrlash
Ta'lim binosi	-18%	+7%	-6%	Mikroiqlim va radiatsion sovish

Natijalar taʼrifi shuni koʻrsatadiki, Oʻzbekiston sharoitida biomorf prinsiplar eng avvalo quyosh radiatsiyasini boshqarish va shamollatishni optimallashtirish orqali ekologik samaradorlik beradi, bu esa iqlimga mos arxitektura boʻyicha mavjud yondashuvlar bilan uygʻunlashadi. Mexanizm jihatdan bu topilma passiv dizayn tamoyillari bilan mos keladi, chunki issiq-quruq iqlimlarda soyalanish va termal massa bilan birga aeratsiya asosiy strategiyalar hisoblanadi, biomorf geometriya esa aynan shu strategiyalarni murakkab, ammo samarali shaklda kuchaytiradi. Misol sifatida, anʼanaviy mahalliy meʼmorchilikdagi ichki hovli, ayvon va panjarali elementlar biomorf ekranlar va atrium kanallari bilan zamonaviylashtirilganda, tarixiy tajriba va innovatsion modellashtirish bir nuqtada uchrashadi. Raqamli solishtirishda kuzatilgan 13–27 foizlik sovitish energiyasi tejami diapazoni biomimetik dizayn boʻyicha xalqaro tadqiqotlardagi 15 – 35 foizlik umumiy diapazon bilan bir yoʻnalishda, ammo suv sarfi boʻyicha tarqalish Oʻzbekiston uchun alohida xavf omili sifatida ajralib chiqdi [2]. Ilmiy izoh sifatida, bu natija biomorf dizaynni Oʻzbekistonda qoʻllashda suv-energiya bogʻliqligi, yaʼni water-energy nexus konsepsiyasi albatta hisobga olinishi kerakligini koʻrsatadi [6]. UNEP hisobotlariga koʻra, qurilish sektori global energiya isteʼmoli va issiqxona gazlari emissiyasining muhim qismini tashkil etadi. Shu sababli passiv sovitish, tabiiy shamollatish va quyosh radiatsiyasini boshqarishga asoslangan biomorf yechimlar ekologik barqarorlikka erishishning istiqbolli yoʻnalishlaridan biri sifatida qaraladi [11].

Mavjud adabiyotlar bilan qiyosiy tahlilda biomorf arxitekturaning koʻpincha yuqori texnologik qobiq materiallariga bogʻlanishi tanqidiy baholandi, chunki bunday materiallar embodied carbonni oshirib yuborishi mumkin. Mexanizm darajasida bu shundan kelib chiqadiki, murakkab kompozitlar va alyuminiy tizimlar ishlab chiqarish energiyasi yuqori, natijada ekspluatatsion energiya tejalishi bilan ishlab chiqarish emissiyasi oʻrtasida kompensatsiya masalasi yuzaga keladi. Misol sifatida, biomorf ekranlar uchun mahalliy keramika, yogʻoch-kompozit yoki tolali sement kabi nisbatan past emissiyali materiallar tanlansa, shaklining ekologik foydasi hayotiy siklda mustahkamlanadi. Raqamli jihatdan embodied carbonning 6–18 foiz kamayishi aynan material almashtirish va konstruktiv optimallashtirish bilan bogʻliq boʻlib, faqat shakl oʻzgarishi bu koʻrsatkichni yetarli darajada bermasligi aniqlandi. Ilmiy izoh sifatida, biomorf yondashuvni Oʻzbekistonda sanoat bazasi va logistika bilan moslashtirish, mahalliy xomashyo ulushini oshirish hamda demontaj qilinadigan tugunlar orqali qayta foydalanishni koʻzlash ekologik samaradorlikni oshiradi [1].

Tadqiqot cheklavlari taʼrifi sifatida hisoblarning soddalashtirilgan ssenariyli modelga tayanishi va real ekspluatatsion xulq-atvor, servis sifati hamda qurilish sifati kabi omillar toʻliq qamrab olinmagani qayd etiladi. Mexanizm jihatdan, masalan, tabiiy shamollatish samarasi deraza ochish rejimi, chang boʻronlari paytida filtratsiya, shovqin darajasi va foydalanuvchi odatlariga bogʻliq boʻlib, bu parametrlar oʻzgaruvchan. Misol sifatida, Nukus ssenariysida shamol kuchli boʻlsa-da, chang konsentratsiyasi oshgan kunlarda ochiq shamollatish cheklanishi mumkin, bu esa hisobiy tejami real sharoitda pasaytiradi. Raqamli nuqtai nazardan, sezgirlik tahlilida shamollatish koeffitsienti 20 foizga kamaytirilsa, sovitish energiyasi tejamidagi ulush 3 – 6 foiz band-

ga pasayishi mumkinligi koʻrsatildi, bu dizaynning boshqaruv tizimlari bilan integratsiyasini muhim qiladi. Ilmiy izoh sifatida, kelajak tadqiqotlari uchun toʻliq dinamik simulyatsiya, dala oʻlchovlari, ichki komfort koʻrsatkichlari va suvni qayta ishlatish texnologiyalarining LCA bahosi bilan boyitilgan metodlar zarur boʻladi, chunki biomorf arxitekturaning ekologik samarasi koʻp parametrlar tizim sifatida yaxshiroq ochiladi [4].

Olingan natijalar xalqaro tajribalar bilan ham mos keladi. Xususan, IEA maʼlumotlariga koʻra, binolar global energiya isteʼmoli muhim qismini tashkil etadi va passiv dizayn strategiyalarini qoʻllash energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi [12]. World Green Building Council hisobotlarida esa binolarning embodied carbon ulushini kamaytirish uchun mahalliy materiallardan foydalanish va konstruktiv optimallashtirish muhim omil sifatida koʻrsatilgan [13]. Ekologik loyihalash tamoyillariga koʻra, bino shakli va qobiqʻining mahalliy iqlimga moslashtirilishi energiya tejamlorligi hamda ekologik samaradorlikni oshiradi [15]. Biomimetik arxitektura yondashuvi bino shaklini tabiiy obyektlarga oʻxshatish bilan cheklanmay, ekotizimlarning ishlash tamoyillarini loyihalash jarayoniga integratsiyalashni ham nazarda tutadi [16]. Ushbu yondashuv tadqiqot natijalarida aniqlangan energiya tejamlorligi va embodied carbon kamayishi koʻrsatkichlari bilan ham mos keladi.

Arxitektura va qurilish amaliyotida quyosh radiatsiyasi, shamol oqimlari va tabiiy yoritishni hisobga olgan loyihalash energiya samaradorligini oshirishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda iqlimga mos shakllantirish va tabiiy energiya oqimlaridan foydalanish binolarning ekspluatatsion energiya sarfini kamaytirishi koʻrsatilgan [17]. ASHRAE qoʻllanmalarida tabiiy shamollatish va issiqlik komforti boʻyicha tavsiyalar keltirilgan boʻlib, ular biomorf yechimlarni baholash uchun muhim nazariy asos yaratadi [18]. Ekologik loyihalash yondashuvlarida tabiiy landshaft va ekotizimlarni hisobga olish muhim omil sifatida qaraladi [19], bino qobiqʻi va konstruktiv elementlarning shakli esa energiya samaradorligiga bevosita taʼsir koʻrsatadi [20].

4. XULOSA

Ushbu ilmiy ish biomorf arxitektura prinsiplarini Oʻzbekiston sharoitida qoʻllash ekologik samaradorlikni, eng avvalo, passiv soyalanish, tabiiy shamollatish va mikroiklimni boshqarish mexanizmlari orqali taʼminlashini umumlashtirdi. Tadqiqotda biomorf geometriya radiatsion issiqlik yukini kamaytirishi, konvektiv havo almashinuvi yoʻllarini barqarorlashtirishi va tom hamda hovli tizimlari orqali lokal sovitish potensialini oshirishi koʻrsatildi. Ssenariyli solishtirma baholashlar yillik sovitish energiyasini tipologiya va iqlimga qarab sezilarli qisqartirish mumkinligini, material tanlovi va konstruktiv optimallashtirish embodied carbonni kamaytirishda muhim rol oʻynashini, evaporativ yechimlarda esa suv sarfi bilan bogʻliq muvozanatni hisobga olish zarurligini jamladi. Natijalar biomorf yondashuvni estetik uslubdan koʻra, oʻlchanadigan indikatorlar orqali baholanadigan iqlimga mos dizayn strategiyasi sifatida qoʻllash mumkinligini tasdiqladi. Yakunda, Oʻzbekiston amaliyotida biomorf elementlarni fasad, tom va hovli darajasida integratsiyalash hamda suv va material resurslari bilan uygʻunlashtirish ekologik samaradorlikni oshirishning eng istiqbolli yoʻnalishi sifatida sintez qilindi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Salimov A.A. Iqlimga mos arxitektura va energiya tejamkor bino qobiqlari. Toshkent, O'zbekiston, «Fan», 2020. 216 b.
2. Benyus J. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York, USA, HarperCollins, 1997. 308 p.
3. Olgyay V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton, USA, Princeton University Press, 2015. 248 p.
4. Kibardina S.A. Биоархитектура и устойчивое проектирование зданий. Москва, Россия, АСВ, 2019. 304 с.
5. ISO 14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization, 2006. 20 p.
6. Li N.; Zhai X.; Li Y. Climate-adaptive building skins and passive cooling performance in hot arid regions. Building and Environment. Oxford, UK, Elsevier, 2021. P. 108–125.
7. Biomimicry in Architecture. London: RIBA Publishing, 2011.
8. Michael Pawlyn. Exploring the Potential of Biomimicry in Architecture. Architectural Design, 2016.
9. Janine Benyus. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. Harper Perennial, 2009 edition.
10. ISO 14044:2006. Environmental Management — Life Cycle Assessment — Requirements and Guidelines.
11. United Nations Environment Programme. Buildings and Climate Change. UNEP Report, 2020.
12. International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. Paris, 2023.
13. World Green Building Council. Bringing Embodied Carbon Upfront. London, 2019.
14. Stephen R. Kellert., Heerwagen J., Mador M. Biophilic Design: The Theory, Science and Practice. Wiley, 2008.
15. Ken Yeang. EcoDesign: A Manual for Ecological Design. Wiley-Academy, 2006.
16. Zari M.P. Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability. Sustainable Building Conference Proceedings, 2007.
17. G. Z. Brown., DeKay M. Sun, Wind and Light: Architectural Design Strategies. Wiley, 2014.
18. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook: Fundamentals, 2021.
19. Ian McHarg. Design with Nature. Wiley, 1995.
20. Francis D.K. Ching. Building Construction Illustrated. Wiley, 2020.

1

DUNYODAGI HAR BESHINCHI SUV OMBORI CHO'KINDIGA TO'LIB BORMOQDA



Xitoy Fanlar akademiyasi boshchiligidagi xalqaro olimlar guruhi tarixda birinchi marta suv omborlarida cho'kindilar to'planishini global miqyosda baholash uchun shu turdagi barcha suv havzalarini, jumladan, ilgari tadqiqotchilar e'tiboridan chetda qolgan kichik suv omborlarini ham qamrab oldi.

Olimlar masofadan zondlash ma'lumotlari, geofazoviy bazalar va muhandislik hujjatlarini birlashtirgan holda Global suv omborlari reyestrini (GREI) yaratdi. Natijada dunyo bo'ylab 550 000 dan ortiq suv omborlari aniqlandi. Ma'lum bo'lishicha, ulardan 95 foizdan ortig'i bir kvadrat kilometrdan kam maydonni egallaydi. Aynan shu toifadagi suv havzalari avvalgi ilmiy hisob-kitoblarda deyarli qayd etilmagan.

Tadqiqot xulosasiga ko'ra, suv omborlari har o'n yilda o'rtacha 7,3 foiz sig'imini yo'qotadi. Har beshinchi suv ombori allaqachon tubiga cho'kindilar to'planishi tufayli belgilangan suv miqdorini jamlay olmaydi.

Ayniqsa, qurg'oqchil hududlarda — AQSHning janubi-g'arbi, Yaqin Sharq va Avstraliyaning g'arbiy qismidagi kichik suv omborlari qoniqarli holatda emas. Shuningdek, olimlar 16 ta global intensiv cho'kindi o'choqlarini aniqladi, ularning aksariyati suv tanqisligi bo'lgan yirik sug'oriladigan qishloq xo'jaligi hududlariga to'g'ri keladi.

Sayyoramizdagi barcha sug'oriladigan yerlarning qariyb 25 foizi cho'kindilar bosish xavfi mavjud hududlarda joylashgan. Ushbu hududlarda ikki milliarddan ortiq aholi istiqomat qiladi, oziq-ovqat va suv xavfsizligiga tahdid soladi.

Tadqiqot mualliflarining baholashiga ko'ra, tizimli choralar ko'rilmasa, 2060-yilga borib dunyodagi suv omborlarining yarmidan ko'pi o'z funksionalini yo'qotishi mumkin. Cho'kindilar to'planishi nafaqat ichimlik suvi zaxiralari va sug'orish resurslarini, balki gidroelektr energiyasi ishlab chiqarishni, suv toshqinlarida himoya funksiyalarini ham pasaytiradi. Bundan tashqari, loyqani oqim bo'ylab pastga olib chiqish kamayishi daryolar morfologiyasini o'zgartiradi, qirg'oq eroziyasi va qirg'oq ekotizimlarining degradatsiyasini kuchaytiradi.

Suv omborlarini yanada oqilona boshqarish, ularni cho'kindidan tozalash suv resurslari va global oziq-ovqat tizimi barqarorligini ta'minlashning asosiy shartiga aylanmoqda.

Manba: ecosphere.press

2

OKEANLAR ANTROPOGEN OMILLAR BOSIMI OSTIDA...

Dunyoning 86 mamlakatidan 550 nafar ekspert okeanlarning hozirgi holatiga oid 1600 sahifali hisobotni e'lon qildi. Unda okean suvlari isishi, ifloslanishi va dengiz jonzoatlari haddan tashqari ovlanishi tufayli Yer sharining quruqlik hududlarida iqlim, oziq-ovqat ta'minoti va milliardlab odamlarning salomatligi xavf ostida qolayotgani bayon etilgan.

Ma'lumki, okeanlar sayyoramiz yuzasining 70 foizidan ortig'ini egallaydi va iqlim boshqaradi, bioxilma-xillik va dunyo iqtisodiyotida muhim o'rinni tutadi. Eksperlarning ta'kidlashicha, okeanlar har bir insonning kundalik hayotiga ta'sir ko'rsatadi, garcha u qirg'oqdan uzoqda yashasa-da.

Okeanlar ortiqcha issiqlik va issiqxona gazlarini yutish orqali iqlimni barqarorlashtiradi, insoniyatni dengiz mahsulotlari bilan oziqlantiradi. Afsuski, okeanlarga yuklamalar shiddat bilan ortib bormoqda. 2024-yilda dunyo aholisi 8,2 milliard kishiga yetdi, ularning 37 foizi qirg'oqdan 100 km masofada yashaydi. Aholi ko'payishi tabiiy resurslarga talab ortishiga, infratuzilmaning kengayishiga va chiqindilarning ko'payishiga olib kelmoqda.



Asosiy tahdid — iqlim o'zgarishi. Dunyo okeanlarining sathi avvalgiga nisbatan ikki baravar tezroq ko'tarilmoqda: 2015-yildagi 1,9 mm dan 2023-yilda 4,3 mm gacha. Agar harorat Syelsiy bo'yicha 1,5 darajadan oshsa, barcha marjon riflaring 90 foizi yo'qotilishi mumkin.

Atrof-muhit ifloslanish, keng tarqalgan. Har yili okeanga 52 million tonna plastik chiqindilar tushadi. Suvda 24 trillion mikroplastik zarrachalari mavjud bo'lib, bundan dengiz jonivorlarining 4000 dan ortiq turi zarar ko'radi.

Oziq-ovqat xavfsizligi ham xavf ostida. Okeanlar dunyodagi hayvon oqsilining 20 foizini ta'minlaydi. Har yili 8 million tonnadan 14 million tonnagacha baliq noqonuniy ovlanib, yashirin iqtisodiyotga 9 milliard dollardan 17 milliard dollargacha daromad keltirmoqda. Okean iqtisodiyoti hajmi yiliga 1,5 trillion dollarga baholanadi, 2030-yilga borib esa 3 trillion dollardan oshishi prognoz qilingan.

Eksptlar muammolarga yechimlarni ham taklif etdi: tabiatga yo'naltirilgan yondashuvlar, zararli chiqindilarni kamaytirish va okeanlarda muhofaza qilinadigan hududlarini kengaytirish, mamlakatlarning okeanlarni himoya qilish borasidagi sa'y-harakatlarini tezlashtirish va muvofiqlashtirish zarur.

Manba: nia.eco

3

HAYVONLAR UCHUN OLDINDAN OGOHLANTIRISH TIZIMI

Xalqaro tadqiqotchilar guruhi oldindan ogohlashtirish tizimini ishlab chiqdi, bu bir necha oy avval yovvoyi hayvonlar uchun ekstremal harorat xavfini baholash imkonini beradi. Ishlanma iqlim prognozlari va 30 mingdan ortiq hayvon turlarining omon qolish harorat chegaralari haqidagi ma'lumotlarga asoslangan.



Tadqiqotchilarning ta'kidlashicha, ushbu model odatiy areal jaziramaga duch kelishi mumkin bo'lgan hududlarni aniqlashga ko'maklashadi. Test sinoviga ko'ra, 3,5 mingdan ortiq tur ekstremal issiq ta'siriga uchragan, ulardan 1,25 mingdan ortig'i allaqachon zaif voki vo'qolib ketish xavfi ostida bo'lishi mumkin.

Ogohlantirish tizimi atrof-muhitni muhofaza qilish xizmatlariga monitoringni kuchaytirishdan tortib, yovvoyi hayvonlarga suv havzalari va vaqtinchalik boshpanalar yaratishgacha bo'lgan chora-tadbirlar uchun bir necha oy vaqt beradi. Bioxilma-xillikni asrab qolishda ham bu tizim samarali bo'lishi kutilmoqda.

Manba: *gismeteo.ru*

4

QUSHLAR SHAMOL TURBINALARINI CHETLAB O'TADI

Shamol elektr stansiyalari qushlarning halok bo'lishiga sabab bo'layotgani haqidagi bahslar yillar davomida to'xtamayapti. Yevropada o'tkazilgan ikkita yangi tadqiqot mazkur xavf bo'yicha tasavvurlarga jiddiy aniqlik kiritdi.

Shvesiyaning «Vattenfall» energetika kompaniyasi va «Spoor» texnologiya kompaniyasi vakillari Shotlandiya-ni Aberdeen sohilida joylashgan dengiz shamol elektr stansiyasida 19 oy davomida kuzatuv olib bordi. Jarayonda sun'iy intellekt yordamida turbinalar atrofida uchgan 2 mingdan ortiq qushning parvoz trayektoriyasi tahlil qilindi. Kuzatuvlar davomida birorta ham qushning turbina parraklari bilan to'qnashgani qayd etilmadi.

Tadqiqot mualliflarining ta’kidlashicha, sun’iy intellekt va videokuzatuv texnologiyalari avvalgi taxminlarni emas, balki real holatni xolis baholash imkonini bergan.

Yana bir yirik tadqiqot Germaniyaning Dengiz shamol energetikasi uyushmasi tomonidan o'tkazildi. Olimlar bir yarim yil davomida radarlar va sun'iy intellektli kameralar orqali qushlarning 4 milliondan ortiq harakatini o'rganib chiqdi. Natijalarga ko'ra, ko'chib yuruvchi qushlarning 99,8 foizdan

ortig'i shamol turbinalarini xavfsiz tarzda chetlab o'tgan.

Loyiha ishtirokchilari zamonaviy dengiz shamol elektr stansiyalari qushlar migratsiyasiga jiddiy xavf tug'dirmasligini ta'kidlamoqda. Biroq tabiatni muhofaza qilish tashkilotlari ayrim noyob qush turlari uchun xavf saqlanib qolishini qayd etib, shamol elektr stansiyalarini qurishda qushlarning migratsiya yo'nalishlari va in qo'yish hududlarini hisobga olish, yirik yirtqich qushlar inlari atrofida esa muhofaza masofasini saqlash zarurligini ta'kidlamoqda.

Manba: *ekogazeta.uz*

5

HINDISTONDA YO'LBARSLARNI ASRASH UCHUN «QIZIL YO'L» OCHILDI

Qo‘riqsona hududini kesib o‘tuvchi avtomobil yo‘li g‘ayrioddiy himoya vositalari bilan jihozlangan. Hindistonning Madhya-Pradesh shtatida ilk «qizil yo‘l» — haydovchilarni kameralar va ogohlantiruvchi belgilarsiz tezlikni avtomatik ravishda pasaytirishga majbur qiladigan yorqin qizil qoplamali shosse qismi qurildi. Shu tarzda hukumat noyob hayvon turlarini muhofazalashga harakat qilmoqda.



Yo'lbarslar qo'riqxonasi hududidan o'tgan 45-sonli milliy avtomagistralning ikki kilometrlik qismiga 5 millimetrlı qizil termoplastik qatlami surtildi. Bunday qoplamaga duch kelgan haydovchi kuchsiz tebranishni his qiladi va shinalar shovqinining sezilar-sezilmas o'zgarishini eshitadi, bu tezlikni pasaytirishi uchun yetarli bo'ladi.

Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, hayvonlar uchun mo'ljallangan to'rtli to'siqlar va maxsus o'tish joylari avtomobil yo'llarida yirik sutemizuvchilar bilan to'qnashuvlar sonini taxminan 83 foizga kamaytiradi. O'tish joylari bo'lmagan to'siqlar atigi 54 foiz samara beradi, to'siqsiz o'tish joylari esa deyarli foydasiz.

Manba: *moya-planeta.ru*

6

YAPONIYA SAKURADAN MAHRUM BO'LSHI MUMKIN

Olimlar bu daraxt uchun asosiy xavf, avval taxmin qilinganidek, bahorning erta boshlanishi emas, balki iqlim o'zgarishi tufayli yuzaga kelgan anomal iliq qish ekanini aniqladi. Qishning iliq bo'lishi daraxtning biologik soatini buzadi: sovuq uzoq davomli bo'lmaganida sakura uyqudan uyg'onmaydi, gullashi 32 kungacha kechikadi, gullari esa kam va ochilib turishi qisqa muddatli bo'ladi.

Ayniqsa, sakuraning eng ommabop navi — bir vaqtning o'zida ko'plab g'unchalar ochishi bilan mashhur bo'lgan Yosino xavotir uyg'otmoqda. Ishish o'simlikni bu qobiliyatdan mahrum qiladi: janubiy hududlarda, shu jumladan, Kyusyu orolida bunday daraxtlar allaqachon quyuq pushti bulut ko'rinishi o'rniga siyrak gullarni namoyon etmoqda.

Agar bu tendensiya davom etsa, nafaqat ekotizimga, balki iqtisodiyotga ham zarar yetadi. Xanami an'anasi (sakura gullarini tomosha qilish) Yaponiyaga har yili taxminan 9,4 milliard dollar daromad keltiradi. Olimlarning ogohlantirishicha, yaqin o'n yilliklarda anomaliya asosiy sayyohlik markazlari — Tokio, Kioto va Osakaga yetib borishi va kelajak avlodlarni mashhur pushti sharsharalarni jonli ko'rish imkoniyatidan mahrum qilishi mumkin.

Manba: EducationEco

7

XITOYLIK OLIMLAR PLASTIKNI AVIAYONILG'IGA AYLANTIRISH USULINI KASHF ETISHDI

Nankin o'rmon xo'jaligi universiteti va Sinxua universiteti tadqiqotchilari plastik chiqindilarni yonilg'iga aylantirishning yangi va yuqori samarali usulini taqdim etishdi.

Bu potensial ravishda ulkan resurs bazasini yaratadi va ushbu chiqindilarning to'plangan zaxiralaridan foydalanadi. Yangi texnologiyaning asosiy afzalliklari uning arzonligi, yuqori samaradorligi va oldingi yondashuvlarga qaraganda pastroq harorat va bosimda ishlashidir.



Hammasi pirolizdan boshlanadi, bu yerda plastik 460°C dan yuqori haroratda qizdirilib, uzun polimer zanjirlari qisqa uglevodorod qismlariga parchalanadi. Keyingi bosqich maxsus katalizatorlar yordamida 160°C da gidrogenlashdan iborat. Olimlar izolyasiya qilingan ruteniy (Ru) markazlarini CoAl oksidida ajratib olishdi. Bu joylar stirolni atmosferaga yaqin bosimda etilsiklogeksanga gidrogenlash imkonini beradi. Erigan plastik odatda gazlar, mumlar, moylar va qurumlarning xaotik aralashmasini hosil qiladi — yangi usul bunga yo'l qo'ymaydi.

Asosiy xomashyo polistirol bo'lib, eng keng tarqalgan chiqindi materialdir — barcha turdagi qadoqlash va bir martalik ishlatiladigan idish-tovoqlar. U qizdirilganda juda yaxshi parchalanadi. Atom bo'yicha taqsimlangan Ru markazlariga ega tandem oqim reaktori an'anaviy yuqori bosimli avtoklavlariga muvaffaqiyatli alternativa ekanligi isbotlandi. Eng muhimi, jarayon oson va nisbatan arzon narxlarda kengaytirilishi mumkin, bu esa uni mahalliy qo'llanmalar va sanoat miqyosidagi ishlab chiqarish uchun moslashtiradi.

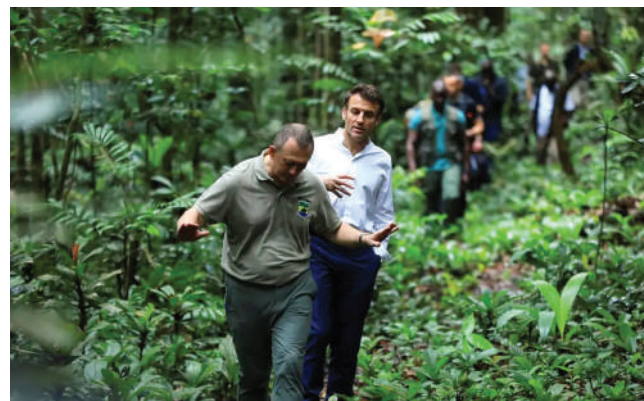
Tadqiqotchilar hamma narsa alohida Ru atomlariga asoslangan katalizatorlarning xususiyatlarini o'rganishga bog'liqligini ta'kidlashmoqda. Bu hali ham tajriba sohasi — olimlar plastikni qayta ishlash jarayonini tubdan o'zgartiradigan yangi katalizator shakllarini yaratishlari mumkin. "Har qanday holatda ham, bu ish uchun rag'batlantiruvchi omillar va xomashyo manbalari sayyorada allaqachon yetarli miqdorda mavjud".

Manba: yuz.uz

8

FRANSIYA O'RMONNI QUTQARISHGA KIRISHDI

Dunyo bo'ylab tabiatni muhofaza qilish masalasi tobora dolzarblashayotgan bir payt Fransiya ayni yo'nalishda yana bir dadil qadam tashladi. Mamlakat hukumati 157 000 gektardan ziyod o'rmon hududini yangi muhofaza maqomi ostiga oldi. Bu qaror nafaqat daraxt, balki yuzlab hayvon va o'simlik turi uchun yashash muhitini saqlab qolishga qaratilgan. Shu tariqa Fransiya 2030-yilgacha kamida 10 foiz hududini qat'iy muhofaza qilinadigan tabiiy makonga aylantirishdek maqsadga yaqinlashdi.



Eng katta hudud Janubiy Amerikada joylashgan Fransiya Gvianasi hissasiga to'g'ri keladi. Bu yerda 156 000 gektardan ortiq tropik o'rmon maxsus qo'riqlanadigan hududga aylantirildi. Mazkur mintaqada dunyo miqyosida muhim hisoblangan biologiya xilma-xilligi markazlaridan biri sanaladi. Mutaxassislar bu hududdagi ekotizim inson aralashuviz saqlanishi orqali ko'plab noyob turlar kelajagi ta'minlanishini ta'kidlamogda.

Mamlakat hududida ham qator qadimiy va tog'li o'rmonlar himoyaga olindi. Endi ayrim joylarda daraxt kesish va xo'jalik ishini yuritish butunlay taqiqlanadi. Muayyan hududlarda nodir hayvonlar va o'simliklarni asrash maqsadida maxsus boshqaruv tizimi joriy etiladi. Bu qaror maxsus muhofaza qilinadigan tabiiy hududlar ulushini 6,43 foizga yetkazdi.

Mazkur tashabbus jahon bo'ylab amaldagi umumiy tendensiyaning bir qismidir. BMT doirasida qabul qilingan maqsadga ko'ra, 2030-yilgacha Yer yuzining 30 foiz quruqlik va dengiz hududi muhofaza ostiga olinishi lozim. Afsuski, barcha davlatlar bir xil yo'ldan borayotgani yo'q. Masalan, Braziliyada ekologiya cheklovini yumshatuvchi qonun qabul qilindi, AQSHda ham ayrim qo'riqlanadigan hududlardan iqtisodiy manfaat yo'lida foydalanish bo'yicha bahs kuchaygan. Shu asnoda Fransiyaning qarori tabiatni saqlash iqtisodiy manfaatdan ustun qo'yilishi mumkinligini ko'rsatuvchi muhim qo'ng'iroq sifatida yangradi.

Manba: O'zA

9

KAPALAKLAR OMMAVIY RAVISHDA KO'CHMOQDA

Global tadqiqot iqlim o'zgarishi butun dunyo bo'ylab kapalaklarning yashash hududlari sezilarli darajada siljishiga sabab bo'layotganini ko'rsatdi. Avstraliyaning Monash universiteti, Germaniyaning Biologik xilma-xillik bo'yicha kompleks tadqiqotlar markazi, Yena universiteti hamda Gelmgols ekologik tadqiqotlar markazi olimlari o'tkazgan tahlilda kapalak tur-larining ko'chishi bo'yicha 6 mingdan ortiq qayd o'rganildi.



1 758 ta kapalak turi bo'yicha ma'lumotlar tahlilida ularning 80 foizi yashash hududlarini kengaytirgani aniqlandi. Hududiy siljishlarning 79 foizi iqlim o'zgarishi yoki keskin ob-havo hodisalari bilan bog'liq bo'lgan. Shu bilan birga, 27 foiz turning yashash hududi qisqargan, 22 foiz tur esa balandlik bo'yicha ko'chgan. Tadqiqot natijalari "Nature Ecology & Evolution" jurnalida chop etilgan.

Kapalaklar yashash hududlarining gorizontall kengayishi bar-cha qit'alarda kuzatilgan bo'lib, ayniqsa, tropik mamlakatlarda ko'proq uchraydi. Hududlarning qisqarishi asosan Yevropa va Shimoliy Amerika kabi mo'tadil iqlim mintaqalarida qayd etil-gan. Balandlik bo'yicha ko'chishlar esa deyarli to'liq Shimoliy yarimsharga to'g'ri keladi. Bu o'zgarishlar ko'lamini avvalgi taxminlardan ancha keng ekanini ko'rsatmoqda.

Kapalaklar ekologik o'zgarishlarning dastlabki indikatorlari-dan biri hisoblanadi. Ularning yashash hududlarini o'zgartirishi butun dunyo ekotizimlarida jiddiy o'zgarishlar kechayotganidan darak beradi. Biroq tadqiqot ma'lumotlar yig'ilishi notekis eka-nini ham ko'rsatdi: ayrim Yevropa mamlakatlarida turlarning yarmidan ko'pi kuzatilgan bo'lsa, dunyoning aksariyat mam-lakatlarida bu ko'rsatkich 10 foizdan kam.

Tadqiqotchilar to'liq manzarani shakllantirish uchun ingliz tilidagi ilmiy ishlar bilan bir qatorda boshqa tillardagi tadqiqot-lar va mutaxassislarning ekspert baholaridan ham foydalangan. Shunga qaramay, Markaziy Afrika, Janubi-Sharqiy Osiyo, Yangi Gvineya va Amazonka havzasida katta ma'lumot bo'shliqlari saqlanib qolmoqda. Biologik xilma-xillikka boy ushbu hududlar hali yetarlicha o'rganilmagan.

Olimlar ta'kidlashicha, butun dunyo bo'ylab yagona standart-larga asoslangan muvofiqlashtirilgan monitoring tizimi bo'lmasa, tabiatni muhofaza qilish choralari to'liq bo'lmagan ma'lumot-larga tayanib qolishi mumkin. Shuning uchun turli tillardagi ma'lumotlarni jalb qilish, mahalliy mutaxassislar ishtirokini kuchaytirish va kompleks monitoringni yo'lga qo'yish muhim. Faqat shu yo'l bilan iqlim o'zgarishining bioxilma-xillikka ta'siri-ni aniq baholash va zarur choralarini o'z vaqtida ko'rish mumkin.

Manba: *ecosphere.press*

10

PIROTEKNIKA VOSITALARI ATROF-MUHITNI IFLOSLANTIRADI

Uchta mustaqil tadqiqot natijalari bayramlar va yirik tadbir-lardagi mushakbozlik atrof-muhitga kutilganidan ko'ra uzoqroq ta'sir qilishini ko'rsatdi. Pirotexnika vositalari havoga mayda zarrachalar va turli kimyoviy birikmalar chiqaradi, ularning qoldiqlari esa suv ekotizimlariga tushib, daryo va ko'llarning kimyoviy tarkibiga ta'sir qilishi mumkin.

Birinci tadqiqotda ishlatilgan piroteknika vositalarining suv ekotizimlariga ta'siri o'rganildi. Laboratoriya tajribalari mushak qoldiqlari suvga kaliy va marganes kabi metall ionlari, fenollar hamda oltingugurt saqlovchi organik birikmalar ajratishini ko'rsatdi. Qattiq qoldiqlar esa suvda erigan organik moddalarni-ing bir qismini o'ziga yutib, uning kimyoviy xususiyatlarini o'zgartirishi mumkin.

Bunday o'zgarishlar suvdagi mikroorganizmlarga ta'sir qilib, ekotizimlardagi tabiiy jarayonlarni buzishi ehtimolini oshiradi. Ayniqsa, yirik bayramlardan keyin piroteknika qoldiqlari mun-tazam ravishda suv havzalariga tushsa, ekologik ta'sir kuchayishi mumkin. Shuning uchun mushakbozlikdan keyingi chiqindilarni o'z vaqtida tozalash muhim ahamiyatga ega.

Ikkinchi tadqiqotda Buyuk Britaniyada bir necha kun davom etgan sport tadbiri vaqtida havo sifati baholandi. Kuzatuvlar havodagi yirik va mayda zarrachalar miqdori keskin oshganini ko'rsatdi. Ifloslanishning asosiy manbalari avtomobil harakati va umumiy ovqatlanish ob'yektlari bo'lgan bo'lsa-da, mayda zarrachalar konsentratsiyasining alohida o'sishi tadbirning ochilish va yopilish marosimlaridagi mushakbozlik bilan bir vaqtga to'g'ri kelgan.



Uchinchi tadqiqotda piroteknika tarkibida uchraydigan ayrim kimyoviy birikmalar — aminlar o'rganildi. Xitoy Yangi yili davrida havoda aminlar, sulfatlar, kaliy ionlari va mayda zarrachalar konsentratsiyasi sezilarli darajada oshgani qayd etildi. Bu moddalar havo sifatini yomonlashtiruvchi va tutun hosil bo'lishini kuchaytiruvchi aerozollar shakllanishida ishtirok etishi mumkin.

Mushakbozlik ommaviy tadbirlar paytidagi ifloslanishning yagona manbai emas, ammo uning havo sifati va suv ekotizimla-riga ta'siri ilgari taxmin qilinganidan yuqori ekani aniqlanmoqda. Ekologik ta'sirni kamaytirish uchun bayram va yirik tadbirlardan keyin piroteknika qoldiqlarini o'z vaqtida tozalash, shuningdek, mushaklar ishlab chiqarishda atrof-muhitga kamroq zarar yetka-zuvchi tarkiblardan foydalanish zarur.

Manba: *nia.eco*

11

PUSHTI FLAMINGOLAR O'ZIGA XOS RANGINI YO'QOTA BOSHLADI

Har yili Keniyaning Buyuk Rift vodiysidagi ko'llarga minglab sayyohlarni jalb qiladigan pushti flamingolar o'ziga xos rangini asta-sekin yo'qotmoqda. Olimlarning fikricha, bu holat qushlar oziqlanadigan ishqorli ko'llardagi ekologik sharoitlarning o'zgarishi bilan bog'liq.

Flamingolar patlarining ajoyib pushti tusi karotinoidlar deb ataluvchi tabiiy pigmentlar ta'sirida paydo bo'ladi. Bu moddalar asosan sianobakteriyalar va mikroskopik suv o'tlarida, xususan, *Spirulina* turiga kiruvchi organizmlarda uchraydi. Ana shu mayda organizmlar kichik flamingolarning asosiy ozuqa manbasi hisoblanadi. Agar ularning miqdori kamaysa, qushlarning patlari ham o'zining yorqin pushti rangini yo'qota boshlaydi.



Tadqiqotchilar ma'lum qilishicha, so'nggi yillarda Buyuk Rift vodiysidagi ko'llarda jiddiy ekologik o'zgarishlar kuzatilmoqda. Iqlim o'zgarishi natijasida kuchli yog'ingarchiliklar ko'payib, suv sathi oshgan, ko'plab ko'llarda esa sho'rlik va ishqoriylik darajasi pasaygan. Bu esa flamingolar uchun muhim bo'lgan suv o'tlarining ko'payishiga salbiy ta'sir ko'rsatgan.

Ayniqsa, Nakuru va Bogoriya ko'llaridagi o'zgarishlar sezilarli bo'lgan. Ilgari bu hududlarda millionlab flamingolar to'plangan bo'lsa, hozir ozuqa yetishmasligi sababli qushlar yangi yashash joylarini izlab ko'chishga majbur bo'lmoqda. Qolgan flamingolar esa avvalgidek yorqin pushti tusga ega emas.

Ekologlarning ta'kidlashicha, bu muammo faqat qushlar tashqi ko'rinishining o'zgarishi bilan cheklanmaydi. Kichik flamingolar Sharqiy Afrikadagi ishqorli ko'llar ekotizimi holatini ko'rsatuvchi muhim tabiiy indikator hisoblanadi. Ularning soni kamayishi va ko'chishi iqlim o'zgarishi hamda inson faoliyati natijasida tabiatda jiddiy o'zgarishlar yuz berayotganini anglatadi.

Mutaxassislar fikriga ko'ra, Keniyaning mashhur «pushti ko'llari» kelajagi ulardagi tabiiy suv rejimini saqlab qolishga bog'liq. Agar suv tarkibidagi o'zgarishlar davom etsa, mamlakat nafaqat noyob tabiiy manzaralaridan birini, balki ekoturizm uchun muhim bo'lgan qimmatli resursini ham yo'qotishi mumkin.

Manba: ecosphere.press

12

LAYLAKLAR NEGA CHIQINDIXONANI TANLAMOQDA?

So'nggi o'n yilliklarda Yevropadagi ko'plab oq laylaklar ozuqa izlash odatini o'zgartirib, o'tloqlar, yaylovlar va qishloq xo'jaligi maydonlari o'rniga maishiy chiqindi poligonlariga ko'proq bora boshladi. Chunki bu yerda ular katta miqdordagi ozuqani oson topishi mumkin. Ayrim laylaklar hatto uzoq masofali migratsiyalarni qisqartirib, chiqindixonalarga yaqin hududlarda qolishni afzal ko'rmoqda.

Bir qarashda, bunday strategiya qushlar uchun foydali tuyuladi. Ayniqsa, qish faslida tabiiy ozuqa kamaygan paytda chiqindixonalar barqaror yemak manbai bo'lib xizmat qiladi. Biroq olimlar bu oson ozuqa laylaklar uchun yashirin xavfni keltirib chiqarayotgan bo'lishi mumkinligini ta'kidlamoqda.

Chiqindilar bilan oziqlanish qushlar organizmida zararli ifloslantiruvchi moddalar to'planishi xavfini oshiradi. Chiqindixonalarda laylaklar plastmassa qoldiqlari, kimyoviy moddalar, dori vositalari va tabiiy rasioniga xos bo'lmagan boshqa aralashmalar mavjud ozuqani iste'mol qilishi mumkin. Bunday ozuqa tarkibi tabiiy yemakdan farq qilgani uchun organizmdagi oziq moddalar muvozanatini buzadi.

Tadqiqotchilarning ta'kidlashicha, ozuqaga boy sun'iy muhit har doim ham sog'lom ovqatlanishni anglatmaydi. Chiqindixonalarga qaramlik laylaklarning fiziologik holatiga, ko'payishi va yashab qolishiga ta'sir qilishi, salbiy oqibatlar esa butun populyasiyaga tarqalishi mumkin. Shu bois oson topiladigan ozuqa qushlar uchun har doim ham foydali emas.

Biroq laylaklarning chiqindixonalarga intilishini faqat chiqindilar bilan izohlab bo'lmaydi. Qishloq xo'jaligi landshaftlarining o'zgarishi, tabiiy yashash muhitlarining qisqarishi va iqlim o'zgarishi ham ularni yangi ozuqa manbalarini izlashga majbur qilmoqda. Inson faoliyati natijasida tabiiy muhit o'zgargani sari qushlar ham o'z xatti-harakatlarini moslashtirmoqda.



Oq laylaklar misoli muhim ekologik paradoksni ko'rsatadi: hayvonlar inson tomonidan yaratilgan o'zgarishlarga tez moslasha oladi, ammo bunday moslashuv har doim ham xavfsiz bo'lavermaydi. Chiqindixona qushlarga oson va barqaror ozuqa berishi mumkin, biroq bu ularning uzoq muddatli salomatligi va populyasiyasi uchun kutilmagan oqibatlarga olib kelishi ehtimoldan xoli emas.

Manba: moya-planet.ru

"EKOLOGIYA XABARNOMASI" – IJTIMOIY-IQTISODIY, ILMIY-AMALIY JURNALI MAQOLALARIGA QO'YILADIGAN TALABLAR

"EKOLOGIYA XABARNOMASI" ijtimoiy-iqtisodiy, ilmiy-amaliy jurnali tahririyati umumiy sharhdan va axborot shaklidagi ilmiy maqolalarni nashr uchun qabul qilmaydi. Tahririyatga taqdim etilayotgan qo'lyozma bo'yicha muallif ilmiy-tadqiqot ishi olib borayotgan tashkilot rahbariyatining yo'llanma xati, maqolani chop etish mumkinligi haqidagi ekspert xulosasi bo'lishi kerak.

Maqolaning yozilish tili, tuzilishi va tarkibi. Maqolalar o'zbek, rus va ingliz tillarida qabul qilinadi. Maqola keng omma uchun tushunarli tilda, grammatika qoidalariga amal qilgan holda yozilgan bo'lishi kerak. Maqola o'zida muayyan ilmiy-tadqiqotning tugal yechimlarini yoki uning bosqichlarini ifodalashi zarur. Sarlavha maqolaning mazmuni to'g'risida axborot bera olishi, imkon qadar qisqa bo'lishi va umumiy so'zlardan iborat bo'lib qolmasligi kerak. Odatda ilmiy maqolada quyidagilar bo'lishi kerak: universal o'nlik tasnifi (UDK), maqolaning sarlavhasi (uch tilda), annotatsiyasi (uch tilda), tayanch so'zlar (uch tilda), kirish, ko'rib chiqilayotgan muammoning hozirgi holatining tahlili va manbaalarga havolalar, masalaning qo'yilishi, yechish usuli, natijalar tahlili, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati, muallif(lar) to'g'risida ma'lumot.

Maqolada odatda qabul qilingan atamalardan foydalanish, yangi atama kiritganda, albatta uni aniq asoslab berish kerak. Fizik kattaliklarning o'lchov birliklari Xalqaro o'lchamlar tizimi (SI)ga mos bo'lishi kerak. Maqolada muallif o'zining ishlariga havolalar soni 20 foizdan oshmasligi kerak.

Maqolaga qo'yiladigan texnik talablar. Maqolaning sarlavhasi, muallif (lar) va u(lar)ning lavozimi, ilmiy darajasi va ish joyi, annotatsiya, tayanch so'zlar (uch tilda) bir ustunda yoziladi. Maqolaning qolgan matnlari ikki ustunda yoziladi. Maqola MS Word 2003–2010 matn muharririda yozilishi va quyidagi ko'rsatkichlarga muvofiq qat'iy rasmiylashtirilishi kerak: - A4 formatda, matn sahifasining barcha chekkalarida 2 sm dan joy qoldiriladi, Times New Roman shriftida, maqola uchun shrift hajmi - 12 pt (jadvallar bundan mustasno), jadvallar uchun shrift kattaligi - 10 pt, qator oralig'i - 1,15 interval, matn sahifa kengligi bo'yicha tekislanadi, xat boshi - 1 sm («Tab» yoki «Probel» tugmalaridan foydalanmasdan).

Quyidagilarga ruxsat etilmaydi: sahifalarni raqamlash, matnda sahifani avtomatik bo'lishdan foydalanish, matnda avtomatik havolalardan foydalanish, avtomatik bo'g'in ko'chirish, kamdan-kam hollarda ishlatiladigan yoki qisqartma harflarni qo'llash.

Grafikli materiallar (rangli rasmlar, chizmalar, diagrammalar, fotosuratlar) o'zida tadqiqotning umumlashtirilgan materiallarini ifodalashi kerak. Grafikli materiallar yuqori sifatli bo'lishi kerak, agar zarurat tug'lsa, tahririyat ushbu materiallarni alohida faylda 300 dpi dan kam bo'lmagan o'lchamda jpg formatda taqdim etishni talab qilishi mumkin. Grafikli materialning nomi va tartib raqami pastki qismda keltirilishi zarur.

Formulalar va matematik belgilar MS Wordda o'rnatilgan formatli muharrirda yoki MathType muharriri yordamida bajarilishi kerak.

Annotatsiya (o'zbek, rus, ingliz tillarida) – annotatsiya hajmi 100-250 ta so'zdan iborat bo'lishi va maqolaning tuzilishini qisqacha ifodalovchi, axborot shaklida berilishi kerak.

Tayanch so'zlar (o'zbek, rus, ingliz tillarida) – 8-10 ta so'z va iboralardan iborat bo'lishi kerak.

Kirish. Kirish qismida tadqiqotlarning dolzarbligi va ob'yekti tavsiflanadi. Mavjud ilmiy maqolalarning tahlili keltiriladi. Chop etilgan adabiyot manbalarida qo'yilgan ilmiy izlanishlarning ko'rsatilgan holda muallifning ilmiy ishlari yo'nalishi ko'rsatiladi.

Muammoning yechimlari. Bunda tanlangan usul batafsil tavsiflanadi. Olib borilgan tadqiqotlar, ular ichidan tanlab olingan optimal natijalar keltiriladi.

Natijalar. Natijalarni asosan jadvallar, grafiklar va boshqa ko'rinishida keltirilishi mumkin. Ushbu bo'lim olingan natijalarni tahlil qilish, ularni sharhlash, boshqa mualliflarning natijalari bilan solishtirishni o'z ichiga oladi. Natijalar tadqiqotning ob'yekti parametrlari o'rtasidagi munosabatlar mualliflar tomonidan belgilangan maqolaning asosiy ilmiy natijalarini umumlashtiruvchi, ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

Xulosa. Ilmiy tadqiqotlar doirasida olingan natijalar umumlashtiriladi, maqbul sharoitlari tanlanadi, ilmiy yangiligi keltiriladi va amaliyotda qo'llanishga tavsiyalar berilishi mumkin.

Adabiyotlar. Adabiyotlar ro'yxati 15 tadan kam bo'lmagan manbalardan iborat bo'lishi kerak, Adabiyotlar ro'yxatiga darsliklar, o'quv qo'llanmalarini kiritish mumkin emas. Barcha manbaalarga matnda havolalar berilishi zarur.

Muallif (lar) haqida ma'lumot: familiyasi, ismi, otasining ismi, lavozimi, ilmiy darajasi va ish joyi. Ushbu ma'lumotlar maqola taqdim etilgan o'zbek/rus tilida ham, ingliz tilida ham keltirilishi hamda maqolaning oxirida – adabiyotlar ro'yxatidan keyin joylashtirilishi kerak. Yuqoridagi talablarga javob bermaydigan maqolalar ko'rib chiqishga qabul qilinmaydi va mualliflarga qaytarilmaydi. Maqolalarda keltirilgan ma'lumotlarning haqqoniyligiga muallif(lar) javobgardir.

Murojaat uchun telefonlar: +998 71 277-89-22; +998 71 277-69-83; +998 90 946-22-42



EKOLOGIYA

XABARNOMASI | SINCE 1995

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.



www.nbsep.uz



[@ecoilm](https://t.me/@ecoilm)



eco_nii@exat.uz