

**ATROF-MUHIT VA TABIATNI MUHOFAZA QILISH
TEXNOLOGIYALARI ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.18/30.11.2022.T.153.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

**“TIQXMMI” MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI
QOSHIDAGI BUXORO TABIIY RESURSLARNI BOSHQARISH
INSTITUTI**

MAXMUDOVA UMIDA ZAKIRDJANOVNA

**IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA AMUDARYO QUYI QISMI UCHUN
EKOLOGIK OQIMNI BAHOLASH**

**11.00.05 – Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan
oqilona foydalanish**

**TEXNIKA FANLARI bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFARATI**

Toshkent - 2025

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical
sciences**

Maxmudova Umida Zakirdjanovna

Iqlim o'zgarishi sharoitida Amudaryo quyi qismi uchun ekologik oqimni
baholash.....3

Махмудова Умида Закирджановна

Оценка экологического стока для нижнего течения Амударьи в условиях
изменение климата 23

Makhmudova Umida Zakirdjanovna

Environmental flow assessment for Amudarya river downstream under climate
change.....45

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ
List of published works49

**ATROF-MUHIT VA TABIATNI MUHOFAZA QILISH
TEXNOLOGIYALARI ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.18/30.11.2022.T.153.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

**“TIQXMMI” MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI
QOSHIDAGI BUXORO TABIIY RESURSLARNI BOSHQARISH
INSTITUTI**

MAXMUDOVA UMIDA ZAKIRDJANOVNA

**IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA AMUDARYO QUYI QISMI UCHUN
EKOLOGIK OQIMNI BAHOLASH**

**11.00.05 – Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan
oqilona foydalanish**

**TEXNIKA FANLARI bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFARATI**

Toshkent - 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida № B2024.3.PhD/T4994 raqam bilan ro'yhatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezюме)) Ilmiy kengash veb – sahifasida (www.ecoilim.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Isayev Sabirjan Xusanbaevich qishloq xo'jaligi fanlari doktori, professor
Rasmiy opponentlar:	Juliyev Muxiddin Komilovich biologiya fanlari doktori, dotsent Ungalov Akmal Navruzovich texnika fanlari falsafa doktori
Yetakchi tashkilot	Toshkent Davlat Agrar Universiteti

Dissertatsiya himoyasi Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.18/30.11.2022.t.153.01 raqamli ilmiy kengashning «22» 08 2025-yil soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100043, Toshkent sh., Bunyodkor Shox ko'chasi, 7A-uy. Tel/Faks: (+99871) 277-89-63, e-mail: eco_nii@umail.uz).

Dissertatsiyasi (PhD) bilan Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (5 raqami bilan ro'yhatga olingan). Manzil: 100043, Toshkent sh., Bunyodkor Shox ko'chasi, 7A-uy. Tel/Faks: (+99871) 277-89-63, e-mail: eco_nii@umail.uz.

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «12 08» kuni tarqatildi.

(2025-yil «12 08» dagi _____ raqamli reyestr bayonnomasi)


B.A.Pulatov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., dotsent
L.N.Samiev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
Kengash ilmiy kotibi, t.f.d., dotsent
Sh.O.Murodov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash huzuridagi ilmiy seminar
raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda daryo ekotizimlarini barqaror saqlash uchun ekologik oqimni ta'minlashda suvdan tejamkorona foydalanish va bu borada zamonaviy texnika va texnologiyalarni qo'llash yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida "...suv resurslaridan noto'g'ri foydalanishni tabiatga zararini kamaytirib, ko'proq qishloq xo'jaligi mahsulotini ishlab chiqarishni ta'minlash¹" belgilanganligini hisobga olsak, yer va suv resurslaridan samarali foydalanish, suv resurslarini boshqarishda atrof-muhitni muhofaza qilish va boshqarish tizimini takomillashtirish, suv xo'jaligi ob'ektlarini rivojlantirish va modernizatsiyasini amaliyotga joriy etishni taqozo etadi. Shu jihatdan suv resurslarini ekologik oqimni hisobga olgan holda boshqarish, suv va energiya resurslaridan samarali foydalanish, suv- va resurs-tejamkor sug'orish texnologiyalarni ishlab chiqish, kam miqdorda suv resurslaridan foydalanib atrof-muhitga yetkaziladigan zararni kamaytirish, masofadan zondlash va geoaxborot texnologiyalariga asoslangan usullarini tadbiiq etish asosida foydalanish samaradorligini oshirish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda atrof-muhit muhofazasi va ekotizimlar muvozanatini saqlashdagi ekologik oqimni ta'minlashda suvdan tejamkorona foydalanish va resurstejamkor texnologiyalarining yangi ilmiy yechimlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, suv resurslarini boshqarishda va samarali foydalanishda ekologik oqimni inobatga olish, turli xil texnologik yechimlar, iqlim o'zgarishi sharoitida daryo havzalarida suvni taqsimlash sharoitida ekologiya va atrof muhitni muhofaza qilish nuqtai nazardan turli xil yechimlar berish bo'yicha ustuvor yo'nalishlardan hisoblanmoqda. Bu borada, global iqlim o'zgarishi, aholi sonining va iqtisodiyot tarmoqlarining o'sishi, ularning suvga bo'lgan talabi yil sayin oshib borishi natijasida suv resurslarining taqchilligi yildan-yilga kuchayib borishini inobatga olgan holda ekologik oqimni baholash hamda uni o'simliklarning o'sish fazalariga ko'ra biomassasiga ta'sirini asoslashga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamiz ilmiy tadqiqot markazlarida ekologiya va atrof- muhitni muhofaza qilish sohasida texnologik yondashuvlarni qo'llagan holda, jumladan, geoaxborot tizimlari va masofadan zondlash texnikalari asosida samarador baholash uslublarini ishlab chiqish, yaratish va ularni qo'llash yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasining 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Taraqqiyot strategiyasida « milliy iqtisodiyotning jadal rivojlantirish va yuqori o'sish sur'atlarini ta'minlash uchun suv resurslarini boshqarish tizimini tubdan isloh qilish²» bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, global iqlim o'zgarishi va suv tanqisligi sharoitida Amudaryo daryosining quyi deltasining ekotizim turg'unligini asosiy indikatorini hisoblangan biomassa qoplami qiymatlariga mavjud suv resurslari taqsimotidagi kritik ekologik

¹ BMT ning Oziq ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO). <https://www.fao.org/sdg-progress-report/2020/en/>

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "O'zbekiston Respublikasini Taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi farmoni

oqim qiymati hamda iqlim ta'siri ostidagi bug'lanish (evapotranspiratsiya) miqdorini hisoblash uslublarini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yilning 31-maydagi "Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi faoliyatini samarali tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-171-sonli qarori, 2022-yil 28-yanvardagi "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son Farmoni, 2020-yil 10-iyuldagi PF-6024-sonli "O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasi", 2019-yil 10-oktyabrdagi «2030-yilgacha bo'lgan davrda O'zbekiston Respublikasining atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi PF-5863-son farmoni hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti ma'lum darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning V - "Qishloq xo'jaligi, biotexnologiya, ekologiya va atrof-muhit muhofazasi" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Suv resurslari mavjudligi hamda atrof-muhitni muhofaza qilishdagi ekologik oqimni baholash jarayonlarini S.SH. Mirzayev, V.A.Duxovniy, G.Xasanxanova, M.A.Yakubov, U.V.Abdullaev, V.Talskix, R.Taryannikova, I.Joldasova, T.Xamzina, R.Ibragimov, N.Agalseva, V.E.Chub, A.G.Savitskiy, S.Ravlovskaya, S.Lyubimova, R.Temirbekov, E.A.Muxina, R.Umarov, Yu.M.Denisov, A.T.Salohiddinov, A.X.Karimov, X.Gaffarov, M.K.Juliyev, A.N.Ungalov va boshqalar tomonidan tadqiqot ishlari olib borilgan.

Daryo havzasida o'simliklarning turi, iqlim, evapotranspiratsiya omillarini ekologik oqimga ta'sirini o'rganishda M.Schluter, C.Siderus, D.Jacob, M.Acreman, M.Dunbar D.McKinney, H.Lieth, R.Tharme'lar atrof-muhitni muhofaza qilishdagi ekologik oqimni baholash jarayonlarini hamda A.Arthington, J.King, M.Finn, S.Jackson, Y.Zhang, T.Grantham, J.Olden, A.T.Salohiddinov, A.X.Karimov, X.Gaffarov, M.K.Juliyev, A.N.Ungalov va boshqa olimlar iqlim, evapotranspiratsiya omillarini ekologik oqimga ta'sirini o'rganishda keng qamrovli izlanishlar olib borganlar hamda ma'lum darajada ijobiy natijalarga erishganlar.

Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar va ularning tahlili hozirgi kunda ekinlarning biomassasi sig'imidan kelib chiqadigan evaporatsiya va transpiratsiya qiymatlari, iqlim o'zgarishi ta'sirlari, suv resurslari taqsimotidagi kritik ekologik oqim qiymati, hamda iqlim ta'siri ostidagi bug'lanish miqdorini hisoblash uslublarini takomillashtirish kabi masalalar yetarlicha o'rganilmagan.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti (MTU) Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining №1."Global iqlim o'zgarishi sharoitida suv resurslarni oqilona boshqarish, ulardan suv tejamkor texnologiyalar asosida

foydalanish va sug'oriladigan yerlarning ekologik-meliorativ holatini yaxshilashning ilmiy-amaliy asoslarini ishlab chiqish" yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi sug'oriladigan yerlarni suvga bo'lgan talabini va evapotranspiratsiyani inobatga olgan holda Amudaryo quyi qismi uchun ekologik oqimni baholash usulini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

Daryolarda ekologik oqimning baholash va ularni hisoblash usullarini amaliy va eksperimental natijalar tahlili;

Daryo havzasida suvga bo'lgan talabini, me'yorini, evapotranspiratsiyani inobatga olgan holda ekologik oqimning baholash usulini takomillashtirish;

Amudaryo quyi qismi uchun suvni taqsimlashdagi ekologik oqimni aniqlash;

Amudaryo quyi qismi uchun "Indicators of Hydrological Assessment (IHA)" usulini ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida quyi Amudaryo (Qoraqalpog'iston Respublikasi), iqlim o'zgarishi, evapotranspiratsiya, qishloq xo'jaligi, ekologik oqim, ekologik ko'rsatkichlar olingan.

Tadqiqotning predmeti bo'lib, iqlim omillari, Tuyamo'yin suv omboridan tashlanadigan suv miqdori, ekinlarning biomassasi, geoaxborot tizimlari va texnologiyalari, ekinlarni turiga va rivojlanish fazalariga ko'ra chiqadigan evapotranspiratsiya miqdori hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida ekologiya va gidrologiyada umum qabul qilingan usullardan hamda geografik axborot tizimi asosida yerdan foydalanish va yer qoplami o'zgarishini baholash, sun'iy yo'ldosh tasvirlari, normallashtirilgan farq vegetatsiya indeksi (NDVI) va biomassa qoplami indeksi (LAI), bashorat qilish, havzadagi eroziya tahlili, suv sathi o'zgarishini hisoblash bashoratlash hamda dala tajribalari natijalarini qayta ishlash, matematik statistika va delta yondashuv usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Amudaryo quyi qismi uchun suvlilik (Q_{max} , Q_{min}) yillarni inobatga olgan holda suv miqdorini taqsimlashda suv oqimini 60% i ta'minlanish orqali ekologik oqimni hisoblash usuli takomillashtirilgan;

Tuyamo'yin suv omboridan tashlanadigan suv oqimini hisobga olgan holda Qoraqalpog'iston Respublikasi yerdan foydalanishi va biomassaning (LAI) kengayishi bilvosita ET_0 tezligini asta-sekin tezlashtirgani ($R \approx -0,6$) biomassaning suvga bo'lgan talabining oshishini inobatga olib, ekologik oqim hisoblash usuli takomillashtirilgan;

Daryo havzasida suv miqdori, taqsimotini, bug'lanishini, suv balansini va atrof-muhit holatini inobatga olib Amudaryo quyi qismi uchun "Indicators of Hydrological Alterations (IHA)" modeli integratsiya qilingan;

Amudaryo quyi deltasida ekinlarni sug'orish va inson faoliyatiga yo'naltirilgan suv taqsimoti ortishini inobatga olib daryo havzasida ekologik oqim barqarorlikni ta'minlash uchun minimal ekologik oqim 350-400 m³/s dan kam bo'lmasligi isbotlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Amudaryo quyi qismi misolida, iqlim o'zgarishining daryo havzalari oqimi va atrof-muhitga potensial ta'sirini sabablari aniqlangan;

Amudaryo quyi qismida oqim dinamikasini modellashtirish uchun yerdan foydalanish va o'simlik qoplami xaritasi ishlab chiqilgan va kelajak uchun suv oqim miqdori va ekologik oqim miqdorlari baholangan;

Iqlim o'zgarishning Amudaryo quyi qismidagi oqimi va atrof-muhitga bo'lgan potensial ta'sirni baholash va bashorat qilish uchun kuzatuv stansiyalar tarmog'i yetarli bo'lmagan havzada cheklangan ma'lumotlarga ega bo'lgan mintaqalarda muqobil ma'lumotlar manbai bo'lib xizmat qilishi mumkin bo'lgan maqsadda sun'iy yo'ldosh tasvirlari, masofadan zondlash ma'lumotlari va geoaxborot (GAT) texnologiyalarini boshqarishda tezkor qarorlar qabul qilish uchun muhimligi aniqlangan;

Amudaryo quyi qismidagi havzasida suv dinamikasidagi o'zgarishlarni bashoratlashning umumlashtirilgan usuli ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi nazariy ishlanmalarining olingan qiymatlarga muvofiqligi, taqqoslashda hisoblangan qiymatlarning dala tajribalari qiymatlariga yaqinligi, shuningdek, tadqiqot natijalarini amaliyotga tatbiq etish bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati iqlim o'zgarishi sharoitida Amudaryo daryosining quyi qismida taqchil suv resurslarining miqdor ko'rsatkichlarini ko'p yillik o'zgarish dinamikasi ekologik oqimni ta'minlashga ta'siri zamonaviy GAT va masofadan zondlash texnika va modellaridan foydalanib ishlab chiqilgan hamda iqlim ta'sirida vujudga keladigan evapotranspiratsiyani hisoblash usullari hisoblangan. Amudaryo quyi qismi uchun daryo havza hududida joylashgan ekinlarni biomassa holatini va yerdan foydalanish turlarini aks ettiruvchi raqamli ekologik xaritalar ishlab chiqilgan. Ekologik oqimni ta'minlovchi Tuyamo'yin suv omboridan kiruvchi va tashlama suvlar oqimiga bog'liqligi aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Amudaryo quyi qismi uchun suv taqsimotini innovatsion masofadan zondlash va takomillashgan GAT texnologiyalarini qo'llab, ekologik oqimning kritik qiymatlarini baholashni aks ettiruvchi yuqori aniqlikka ega metodologiyalari asosida ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Iqlim o'zgarishi sharoitida Amudaryo quyi qismi uchun ekologik oqimni baholash tadqiqoti bo'yicha olingan natijalar asosida:

Amudaryo quyi deltasida ekinlarni sug'orish va inson faoliyatiga yo'naltirilgan suv taqsimoti ortishini inobatga olib havzada ekologik oqim barqarorlikni ta'minlash uchun minimal ekologik oqim hisoblab chiqilgan (Qishloq xo'jaligi vazirligining 2020 yil 21 avgustdagi 02/023-2611-son ma'lumotnomasi). Natijada, Amudaryo quyi qismi uchun 350- 400 m³/s dan kam bo'lmasligi aniqlangan;

Ekologik oqimni kritik qiymati suv iste'moliga bog'liq holda Qoraqalpog'iston Respublikasining asosiy iqtisodiy sektori hisoblangan qishloq xo'jaligi faoliyati uchun hisoblanib joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Qishloq xo'jaligi

vazirligiga 2023 yil 18 sentyabrdagi №01/010-3401 sonli ma'lumotnoma). Natijada Qoraqalpog'iston Respublikasi hududida atrof-muhit muhofazasi hamda ekotizimlarni turg'unligini 90% miqdorda ta'minlashdagi suv iste'moli miqdori 60% ekanligi isbotlangan;

Daryo havzasida suv miqdori, taqsimotini, bug'lanishini, suv balansini va atrof-muhit holatini inobatga olib Amudaryo quyi qismi uchun "Indicators of Hydrological Alterations (IHA)" modelini integratsiya qilinib, Qoraqalpog'iston Respublikasi va Xorazm viloyatining sug'oriladigan maydonlariga joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligiga 2023 yil 18 sentyabrdagi №01/010-3401 sonli ma'lumotnoma). Natijada Qoraqalpog'iston Respublikasi va Xorazm viloyatlarining sug'oriladigan maydonlarida suv miqdori hisoblab chiqilib, Amudaryo quyi qismi uchun daryoda ekologik oqim hisoblangan va taqsimoti modellashtirib suv taqsimotini tezkor aniqlashga imkoniyat yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari xalqaro, respublika va universitet miqyosidagi anjumanlarda muhokama qilingan va ma'qullangan, jumladan 2 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokomadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori ilmiy darajasini (PhD) olish uchun tayyorlangan dissertatsiyaning asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 9 ta maqola, jumladan, 3 tasi respublika va 6 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120- betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqot maqsadi va vazifalari hamda ob'ekt va predmetlari shakllantirilib, O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarini rivojlanishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi, amaliy natijalari va ishonchligi bayon qilingan. Olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyatlari keng ochib berilib, tadqiqot natijalarini joriy qilinganligi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Ekologik oqimni tabiiy-iqlim sharoitlari o'zgarishiga ta'sirini baholashning ilmiy-amaliy asoslari**» deb nomlangan birinchi bobida ekologik oqimni tabiiy-iqlim sharoitlari o'zgarishiga ta'sirini baholash uchun foydalaniladigan manbalar va uslubiyatlar haqida batafsil yoritilgan.

Daryolarning oqimga bo'lgan talablarini aniqlash konsepsiyasi daryo ekotizimining yaxlitligini saqlab qolgan holda daryoning oqim rejimini tabiiy holatdan qanchalik o'zgartirish mumkinligini aniqlash zaruriyatidan kelib chiqadi. Bunday talablar suv iste'molidagi oqimni baholash orqali hisoblab chiqiladi, uning mohiyati suv resurslarini ma'lum bir kerakli darajada ushlab turish uchun yilning turli vaqtlarida tartibga solinadigan daryolar tizimida qolishi kerak bo'lgan suv

miqdorini aniqlashdan iborat. Asl tabiiy oqim rejimi ko'pincha daryo biotasini saqlash uchun zarur deb hisoblangan oqim rejimining elementlarini aniqlash uchun qo'llanma sifatida ishlatiladi. Dunyo bo'ylab turli xil suv turlari va daryo ekotizimlarining tarkibiy qismlari uchun suv iste'molidagi oqimlarni baholash uchun bir qator metodologiyalar ishlab chiqilgan. Odatda qo'llaniladigan metodologiyalar to'rt toifaga bo'linadi: tarixiy oqimlarni qayd etish metodologiyalari, gidravlik reyting metodologiyalari, yashash joylarini baholash metodologiyalari va yaxlit metodologiyalar. Tarixiy oqim qaydlari, gidravlik reyting va yashash joylarini baholash metodologiyalari asosan baliq turlarining alohida turlari yoki birlashmalarining talablarini aniqlash uchun ishlab chiqilgan. Ular to'g'ridan-to'g'ri qirg'oq o'simliklariga taalluqli emasligi adabiyotlarda to'liq ko'rib chiqilgan. Dunyodagi daryolarning ekologik oqimiga bo'lgan talablarini dastlabki baholash asosan baliq ehtiyojlariga qaratilgan. Sohil bo'yidagi o'simliklar, daryolar ekologiyasi va qirg'oq barqarorligini saqlashda hal qiluvchi rol o'ynashi yaxshi isbotlangan bo'lsada, ayrim o'simliklar turlarining gidrologik talablari bir nechta tadqiqotlarda ko'rib chiqilgan. Daryo o'simliklari ko'pincha turlar to'plamini o'z ichiga olgan yagona ob'ekt sifatida qaraladi. Ayrim turlarga va ularning suv va quruqlik muhiti o'rtasidagi gidrologik gradiyent bo'yicha o'ziga xos ekologik afzalliklariga kam e'tibor berilgan. Dunyoda qirg'oq o'simliklarini hisobga olgan holda ekologik oqimni baholash bo'yicha tadqiqotlar odatda ko'p tarmoqli yaxlit ekotizimlar yondashuvi asosida tadqiqotlar olib borilgan.

Markaziy Osiyo davlatlarida bu yo'nalishda olib borilgan tadqiqotlarni tahlili asosidan Amudaryo va Sirdaryo havzasi bo'yicha oladigan bo'lsak, tadqiqotlar asosan daryo oqimini boshqarish bo'yicha juda ko'p ishlar bajarilgan. Xususan, Amudaryo deltasida daryo oqimini gidravlik va gidrologik boshqarishda V.N.Goncharov, A.N.Gostunskiy, N.V.Grishanin, K.I.Rossinskiy, I.A.Kuzmin, V.S.Altunin, V.S.Lapshenkov, V.M.Lyaxter, J.A.Kunj, F.M.Holly, A.Verwey, V.K.Debolskiy, K.SH.Latipov, A.M.Arifjanov, M.R.Bakiev, SH.Murodov, F.X.Xikmatov, I.A.Axmedxodjaeva, M.Ikromova va boshqalar ilmiy tadqiqotlar olib borgan.

Ammo Amudaryo deltasida daryo oqimini boshqarishda sug'oriladigan yerlarni suvga bo'lgan talabini va evapotranspiratsiyani hisobga olgan holda ekologik oqimni boshqarish bo'yicha to'liq tadqiqotlar olib borilmagan.

Shu boisdan Iqlim o'zgarishi sharoitida Amudaryo quyi qismi uchun ekologik oqimni baholash muhimligi asoslangan.

Olib borilgan tahlillar asosida dissertatsiyaning maqsad va vazifalari belgilandi.

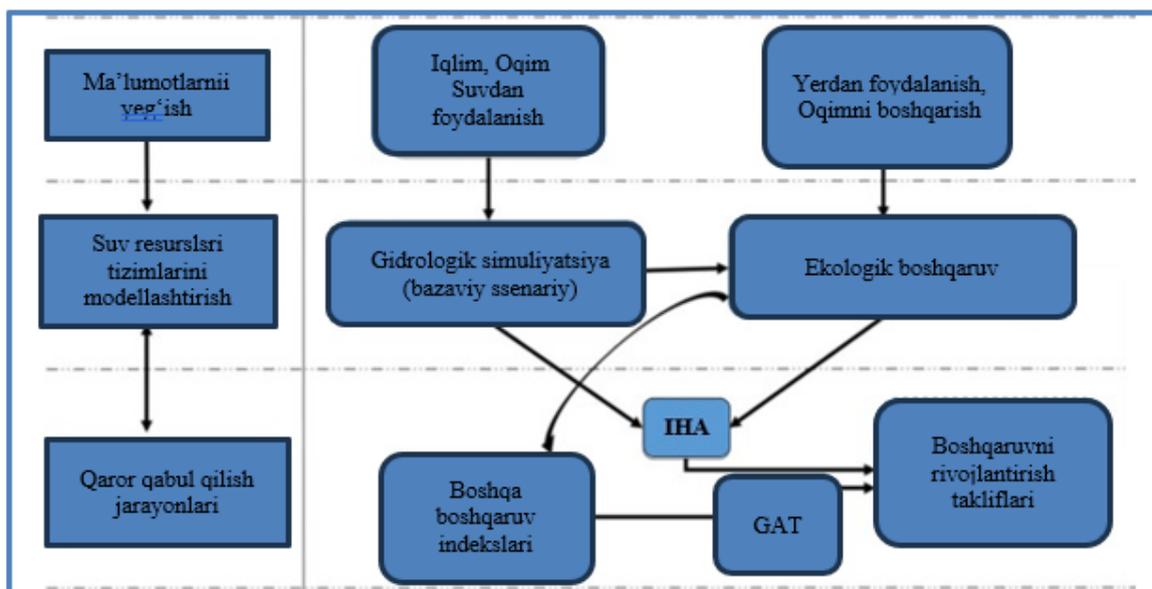
Dissertatsiyaning «**Ekologik oqimni baholashda Amudaryo quyi qismida tabiiy-geografik sharoitlar**» deb nomlangan ikkinchi bobida Amudaryo quyi qismining tabiiy geografik sharoitini hisobga olgan holda ekologik oqimni baholash haqida ma'lumot berilgan. Bunda Qoraqalpog'iston Respublikasining geografik o'rni, geologik va geomorfologik sharoiti, iqlim va suv resurslari, tuproqlari haqida keng yoritilgan.

Amudaryo deltasi ekotizimlarining hozirgi zaifligi baholangan va iqlim o'zgarishi sharoitida botqoq ekotizimlarini ekologik oqim bilan ta'minlash uchun kelajakdagi boshqaruvning turli variantlari uchun kerak bo'ladigan ma'lumotlar tahlil qilingan. Zarur ekologik oqimlarni ta'minlash uchun qishloq xo'jaligi va delta ekotizimlari o'rtasida suvdan foydalanishni yaxshiroq muvozanatlash uchun muqobil boshqaruv variantlarini tanlash uchun asos bo'ladi. Shuningdek, ekologik oqimni tabiiy iqlim sharoitlari o'zgarishiga ta'sirini baholash uchun foydalaniladigan manbalar haqida to'liq ma'lumot berilgan hamda ekologik oqimni tabiiy – iqlim sharoitlari o'zgarishiga ta'sirini baholash iqlim va suv resurslari bo'yicha ma'lumotlar o'rganilgan.

Dissertatsiyaning «Amudaryo quyi qismi uchun ekologik oqimni baholashda gidrologik o'zgarishlar ko'rsatkichlari modelini ishlab chiqish» deb nomlangan uchinchi bobida Amudaryo quyi qismi uchun gidrologik o'zgarishlar ko'rsatkichlari modelini ishlab chiqish maqsadida avvalo tadqiqot uslublari bilan tanishib chiqilgan.

Gidrologik baholash ko'rsatkichlari (IHA) modeli. IHA daryo oqimidagi o'zgarishlarni tarixiy ma'lumotlarga asoslanib tahlil qilishga mo'ljallangan vositadir. Suv oqimidagi o'zgarishlarning daryo ekotizimlariga ta'sirini baholashga qaratilgan. Ushbu dastur oqimning miqdori, vaqti, davomiyligi, takrorlanishi va o'zgarish tezligi kabi ko'rsatkichlarni baholash asosida ekologik ta'sirlarni aniqlashga yordam beradi.

Ushbu dasturni amalga oshirishda turli xil ma'lumotlarni yig'ish jarayoni amalga oshiriladi (1-rasm). Keyingi bosqichda suv resurslari tizimli modellashtirish yo'li bilan suv bilan bog'liq jarayonlar tahlil qilinadi. Bu jarayon qaror qabul qilish jarayonlari uchun asos bo'ladi.



1-rasm. IHA blok-sxemasi

Bir vaqtning o'zida, iqlim, oqim va suvdan foydalanish ma'lumotlari yig'ilib, gidrologik simuliyasiya (bazaviy ssenariy) modelini shakllantiradi. Shuningdek,

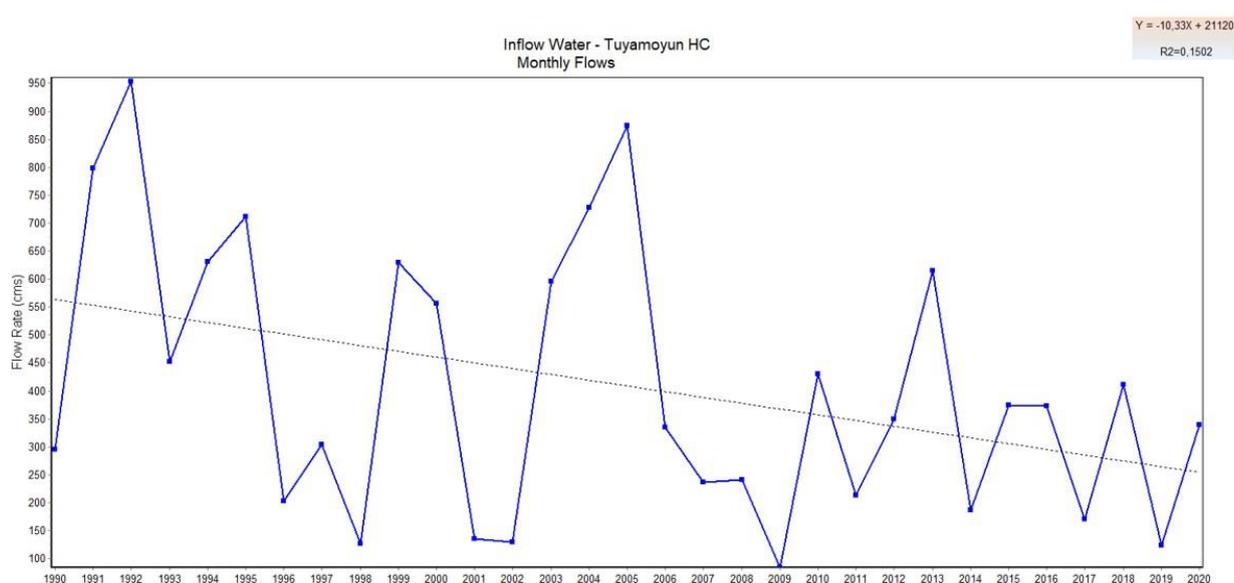
yerdan foydalanish va oqimni boshqarish bo'yicha ma'lumotlar ekologik boshqaruv ssenariylari modeliga kiritiladi. Bu ikki yo'nalish IHA modelida kesishadi va IHA indeksi asosida gidrologik o'zgarishlar baholanadi.

Gidrologik simulyasiya natijalari "boshqa boshqaruv indeksi" bilan ham bog'lanadi. Bu jarayonda GAT (geoaxborot tizimlari) ham foydalaniladi va nihoyat, olingan natijalar boshqaruvni rivojlantirish bo'yicha takliflarni tayyorlashda qo'llaniladi.

Shunday qilib, sxema ma'lumotlarni yig'ishdan tortib, boshqaruv takliflarini ishlab chiqishgacha bo'lgan bosqichlarni o'z ichiga oladi va har bir qism boshqalari bilan integratsiyalashgan holda faoliyat yuritadi.

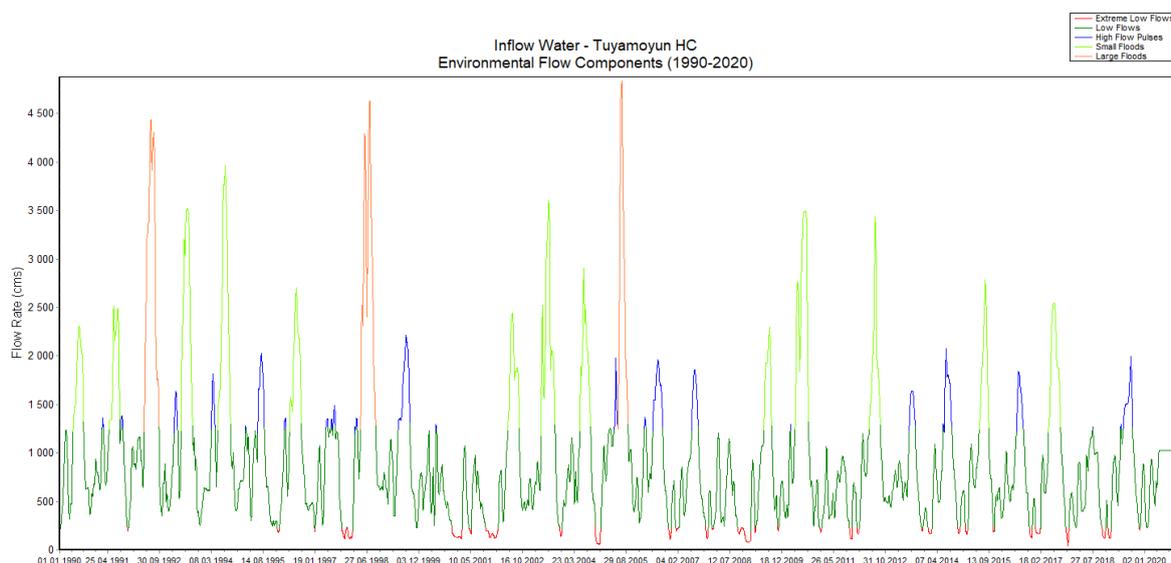
O'zbekiston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligidan olingan 1990 hamda 2020 yillar oralig'idagi Tuyamo'yin suv omboriga kiritim suvlari hamda Amudaryo quyi deltasiga o'tadigan tashlama suvlari IHA modelida tahlil qilindi.

30 yillik taxlil natijasida ko'rishimiz mumkinki, kiruvchi oqimning dinamik intensivligi pasayib ketgan. Yillik o'rtacha oqim 1990-yillarda 950 m³/s ni tashkil qilgan bo'lsa, 2020-yilga kelib bu ko'rsatkich 300-350 m³/s ga tushib ketgan. Bu esa suvsizlik muammosini yanada kuchaytirishi mumkin (2-rasm).



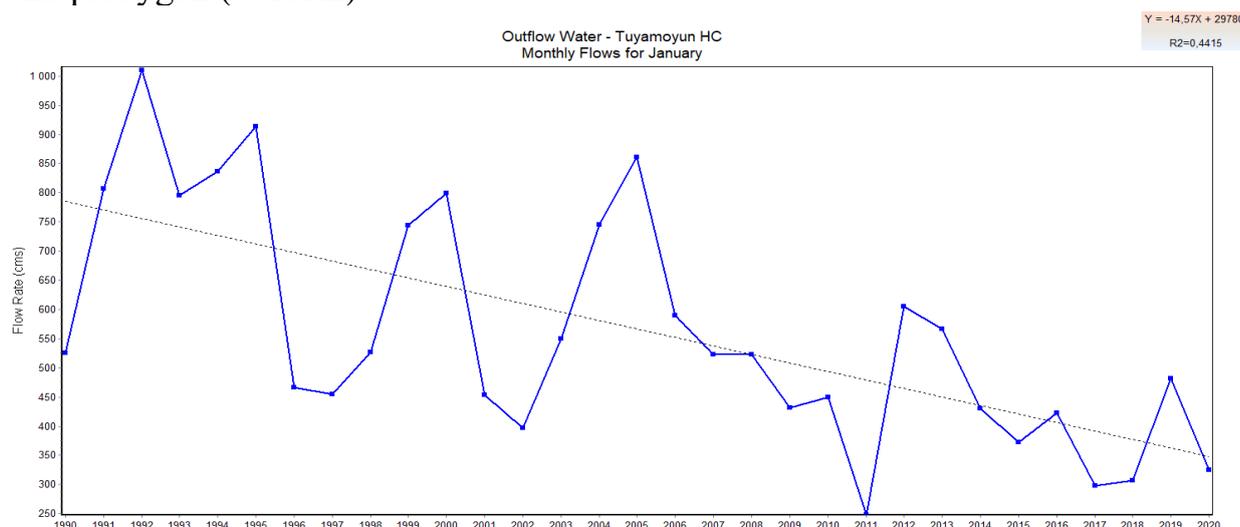
2-rasm. Tuyamo'yin suv omboriga kiritim suvlari oylik kesimidagi chiziqli regression tahlil natijalari (1990-2020 yillar)

Amudaryo quyi deltasiga moslashtirilgan IHA dasturida ushbu besh turdagi oqimlar (Oylik past oqimlar, ekstremal past oqimlar, ekstremal yuqori oqimlar, kichik suv toshqinlari, katta suv toshqinlari) ham kiritilgan. 1990-yillarda suv oqimi maksimal 4500-5000 m³/s ga etgan hollarda, 2020-yilga kelib katta suv toshqinlari deyarli kuzatilmaydi (3-rasm)..



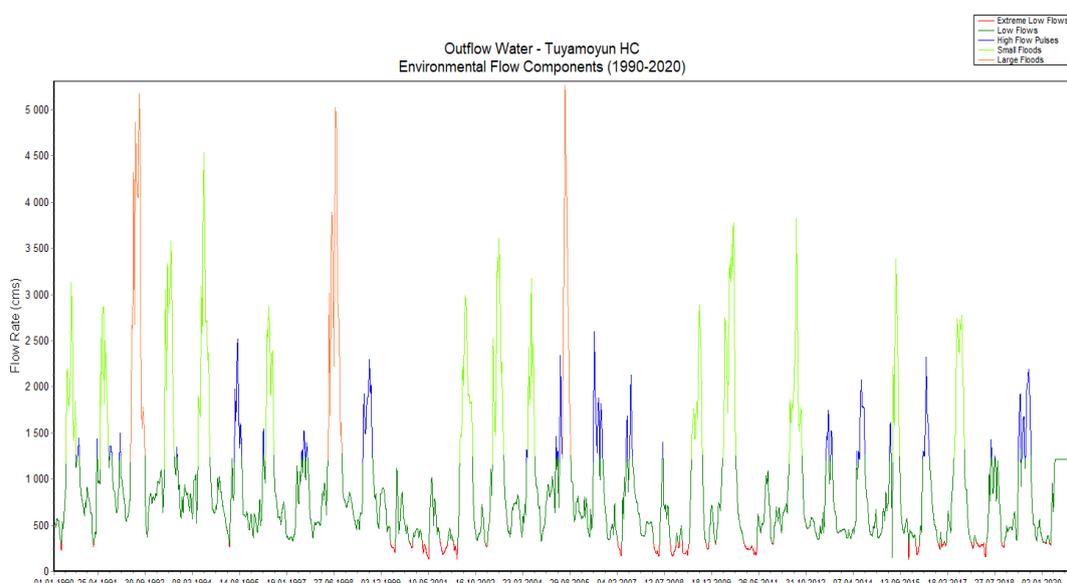
3-rasm. Tuyamo‘yin suv omboriga kirim suvlari (1990-2020 yillar)

Xuddi shunday endi gidrouzeldan chiqadigan tashlama suvlarining 30 yillik tahtliga keladigan bo‘lsak, Yillik o‘rtacha oqim 1990-2005 yillar davomida 500-600 m³/s atrofida bo‘lgan bo‘lsa, 2010-2020 yillar oralig‘ida bu ko‘rsatkich 300 m³/s gacha pasaygan (4- rasm).



4-rasm. Tuyamo‘yin suv omboridan Amudaryo quyi deltasiga tashlama suvlarini oylik kesimidagi chiziqli regression tahlil natijalari (1990-2020 yillar)

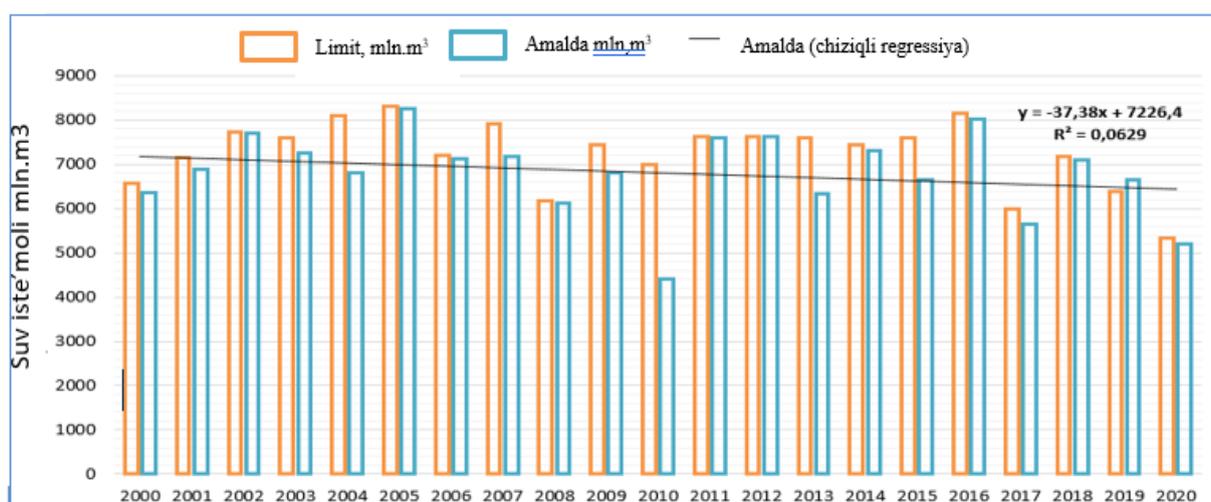
2000-yildan so‘ng maksimal oqim 3500 m³/s dan oshib ketmagan, 2010- yildan keyin esa 1000 m³/s atrofidagi past oqimlar ko‘p uchramoqda (5- rasm).



5-rasm. Tuyamo‘yin suv omboridan Amudaryo quyi deltasiga tashlama suvlari (1990-2020 yillar)

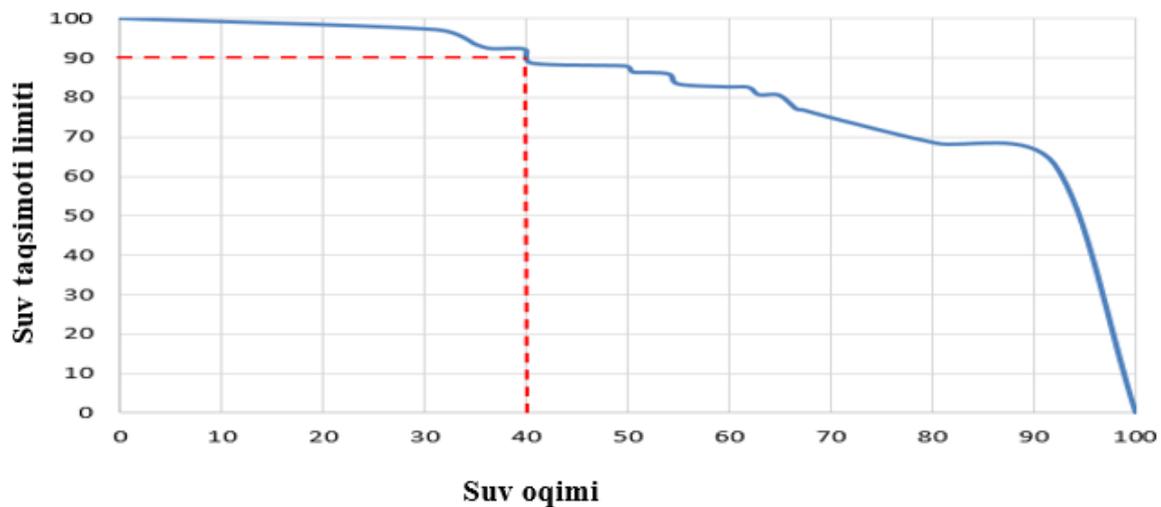
Amudaryo quyi qismi uchun suvni barqaror taqsimlashdagi ekologik oqimni aniqlash. Amudaryo quyi deltasi (Qoraqalpog‘iston Respublikasi) hududiga ajratilgan ko‘p yillik suv limiti miqdori va amalda foydalanilgan suv miqdori tahlil qilindi.

Keltirilgan tahlil natijalari asosida ajratilgan suv limiti tahlilini ko‘rish mumkin (6-rasm). Tuyamo‘yin suv omboridan chiqadigan tashlama suvlarga bog‘liq holda yillar davomida (2000-2020 yillar) bir muncha dinamik xususiyatga ega bo‘ldi. Eng ko‘p limit mos ravishda 2005 yilda, 8350 mln. m³ Eng kam limit miqdori 2020 yilda 5370 mln. m³ Amaldagi suv iste‘moli qiymatlari eng yuqorisi huddi suv limiti kabi 2005 yilda, 8230 mln. m³ Amaldagi eng kam suv iste‘moli 2010 yilda, 4420 mln. m³ ni hosil qildi.



6-rasm. Amudaryo quyi deltasi (Qoraqalpog‘iston Respublikasi) uchun ko‘p yillik (2000-2020 yillar) ajratilgan suv limiti hamda amaldagi suv iste‘moli tahlili grafigi

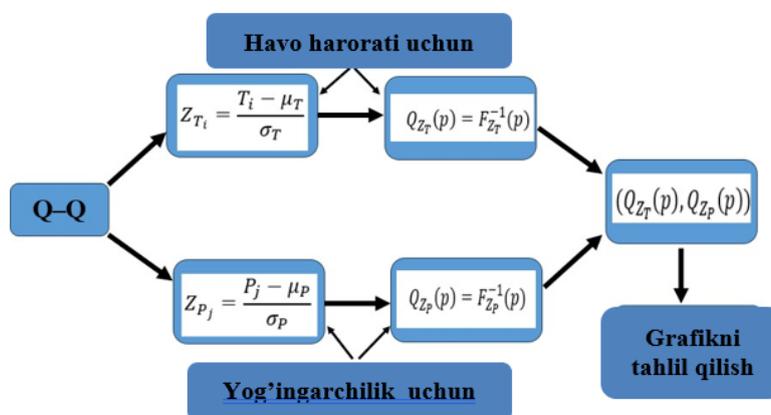
Hududda suv taqsimotini belgilashda 90% lik maqbul suv limitini ta'minlash uchun Amudaryo quyi deltasi hududiga tushadigan oqim miqdori 60% dan kam bo'lmash kerak deb hisoblandi (7-rasm). Aynan shu holatda daryo ekotizimlari yaxshi xolatda saqlanadi.



7-rasm. Amudaryo quyi deltasi hududi uchun suv taqsimoti limitini belgilashdagi standart ekologik oqim qiymati grafigi

Dissertatsiyaning «Amudaryo quyi qismida evapotranspiratsiya va biomassaga asoslangan ekologik oqimni baholash» deb nomlangan to'rtinchi bobida Amudaryo quyi qismida evapotranspiratsiyaga asoslangan ekologik oqimni baholash haqida to'xtalib o'tilgan. Bunda, birinchi bo'lib, O'zbekiston Hidrometeorologiya xizmati markaziga qarashli Amudaryo quyi deltasi hududiga yaqin bo'lgan 10 ga yaqin meteorologik stansiyadan havo harorati va yog'ingarchilik haqidagi 30 yillik (1990-2020) iqlimiy ma'lumotlari tahlili amalga oshirilgan.

Ishlab chiqilgan blok-sxema Q–Q grafik tahlili jarayonini tasvirlaydi. Ushbu tahlil ikki turli ma'lumot to'plamining taqsimotlari o'zaro qanchalik mos kelishi yoki farq qilishini aniqlashda qo'llaniladi. Bu yerda havo harorati va yog'ingarchilik ma'lumotlari olinadi (8-rasm).



8-rasm. Q–Q grafik tahlili blok-sxemasi

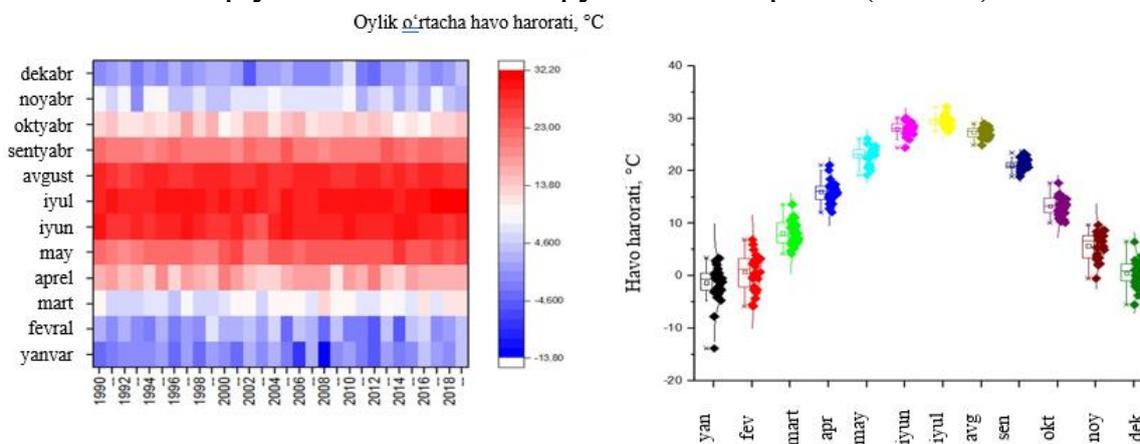
Birinchi qadam – har ikki ma'lumotlar to'plamini alohida normallashtirishdir. Bunda har bir to'plamning o'rtacha qiymati va standart og'ishidan foydalaniladi.

Ikkinchi qadam – har ikki normallashtirilgan ma'lumotlar uchun kvantillarni hisoblashdir. Bunda ma'lumotlar ehtimollik qiymati (p) bo'yicha saralanadi va har bir ehtimollikka mos keluvchi kvantillar aniqlanadi.

Uchinchi qadam - har ikki ma'lumotlarning kvantillari grafikda aks ettiriladi. Bu holda, havo haroratining normallashtirilgan kvantillari (gorizontal o'qda) va yog'ingarchilikning normallashtirilgan kvantillari (vertikal o'qda) bir-biriga nisbatan tasvirlanadi:

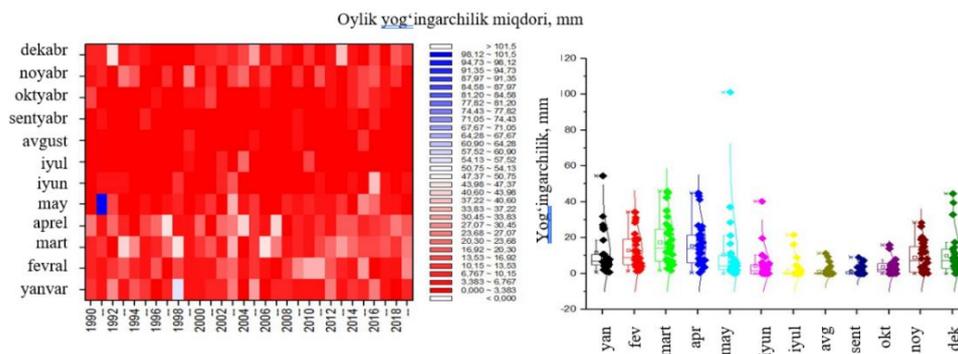
To'rtinchi qadam – grafikni talqin qilishdan iborat. Agar ikki o'zgaruvchi o'zaro taqsimot shaklida o'xshash bo'lsa, grafikdagi nuqtalar taxminan to'g'ri chiziq atrofida (diagonal chiziq bo'ylab) joylashadi. Agar nuqtalar bu chiziqdan sezilarli darajada og'sa, bu harorat va yog'ingarchilik taqsimotlarining bir-biridan shaklan farqlanishini ko'rsatadi (masalan, qiyshilik, cho'zilish yoki quyruq qismining og'irligi bo'yicha).

1990 yildan 2020 yilgacha Amudaryo quyi deltasiga (Qoraqalpog'iston Respublikasi) qarashli meteostansiyalarida qayd etilgan uzoq muddatli havo harorati kuzatuv ma'lumotlari natijasida anomal isish deyarli kuzatilmagan, anomal sovish jarayonlari 2006 va 2008 yillarning yanvar oyiga to'g'ri kelib, bunda oylik o'rtacha harorat $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ni tashkil qildi. Bunday tahlilni quti diagrammasi (box plot) ko'rishiga keltirib, oylik xaqiqatga yaqinroq hisoblangan mediana parametriga ko'ra o'rtacha ko'p yillik havo harorati qiymatlari aniqlandi (9-rasm).



9-rasm. Amudaryo quyi deltasida bo'ylab 1990-2020 yillar oralig'idagi havo harorati qaydlari

Atmosferik yog'ingarchilikni ko'p yillik ma'lumotlariga ko'ra, anomal yog'ingarchilik ham 30 tadqiqot yili davomida uncha kuzatilmadi, anomal yog'ingarchilik miqdori 1991 yilning may oyiga to'g'ri kelib maksimal 101 mm ni hosil qildi. Bunday tahlilni quti diagrammasi (box plot) ko'rishiga keltirib, huddi havo harorati tahlili singari mediana parametriga ko'ra o'rtacha oylik yog'ingarchilik yig'indisi qiymatlari aniqlandi (10-rasm).



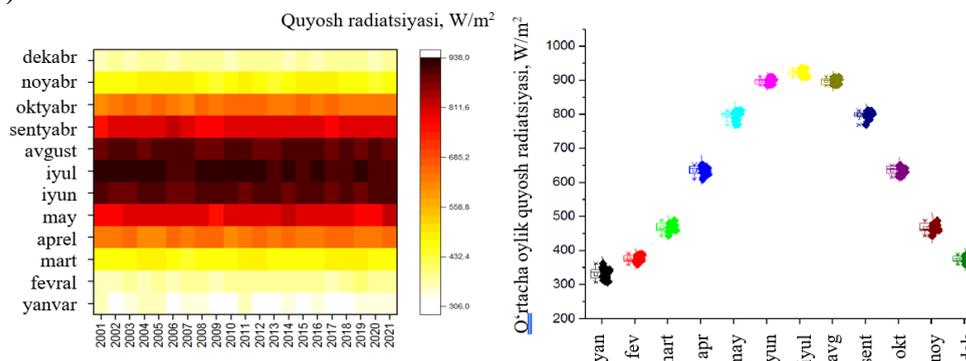
10-rasm. Amudaryo quyi deltasi hududi bo‘ylab 1990 2020 yillar oralig‘idagi yog‘ingarchilik qaydlari

Iqlim omillariga asoslangan evapotranspiratsiya (ET_0) miqdorini hisoblash. Evapotranspiratsiya (keyingi o‘rinlarda - ET) atmosfera va yer yuzasi o‘rtasidagi energiya va suv muvozanatining muhim bo‘linmalaridan biri hisoblanadi. ET tuproq, atmosfera va o‘simliklar o‘rtasida energiya va suv almashinuvi va iqlim omillari bilan o‘zaro ta’sirlashganda sodir bo‘ladigan jarayondir.

ET_0 - hisoblashda foydalanilgan ko‘p yillik (2000-2020) quyosh radiatsiyasi haqidagi ma’lumotlar Milliy quyosh radiatsiyasi ma’lumotlar bazasi - The National Solar Radiation Database (NSRDB) dan, Quyosh burchaklari haqidagi ko‘p yillik (2000-2020 yillar) ma’lumotlar Landsat 4-9 Level-1 mahsulotlarida burchak koeffitsienti fayli (“_ANG.txt”) tomonidan olindi.

Amudaryo quyi deltasi dunyoning tipik qurg‘oqchil hududida joylashganligi sababli, o‘zining geografik joylashuvi tufayli quyosh nuri juda ko‘p. Amudaryo quyi deltasida o‘rtacha quyoshli kunlar yiliga 260 kunning tashkil qiladi.

MODIS ma’lumotlar to‘plamidan quyosh radiatsiyasini maskalash metodologiyasi birinchi navbatda Amudaryo quyi deltasi misolida amalga oshirildi. Ushbu ko‘rsatkich ET_0 hisoblashda muhim o‘rin tutganligi sababli, Amudaryo quyi deltasiga keladigan o‘rtacha oylik quyosh radiatsiyasini grafigi yaratilindi (11-rasm).



11-rasm. Amudaryo quyi deltasi hududlariga 2001-2021 yillar oralig‘idagi tushgan quyosh radiatsiyasi

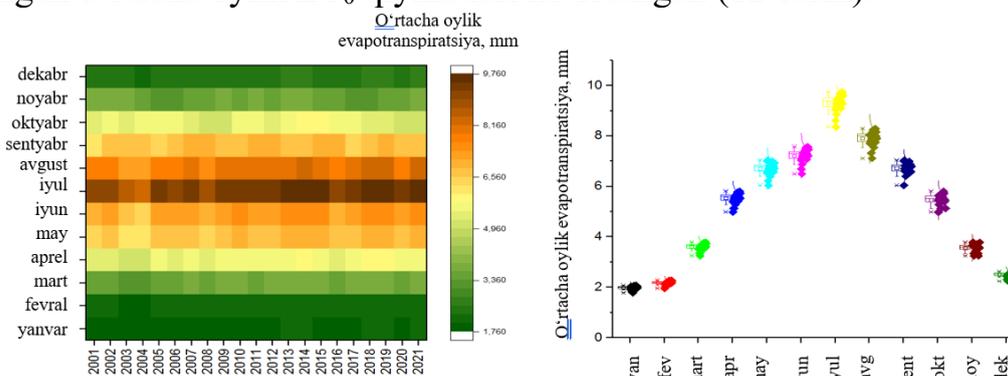
ET_0 miqdori Hargreaves-Samani (HS) formulasiga binoan aniqlandi. HS tenglamasi ET_0 ni hisoblash uchun faqat quyosh nurlanishi, maksimal havo harorati

va minimal havo harorati bilan kuzatuvlarni kamaytirishni talab qiladi:

$$ET_{oHS} = 0.0135 \cdot k_{Rs} \cdot R_a \sqrt{T_{max} - T_{min}} \cdot (T_a + 17.8)$$

bu yerda: 0,0135 - AQSHdan Xalqaro birliklar tizimiga o'tkazish koeffitsienti; k_{Rs} - radiatsiyani sozlash koeffitsienti (odatda, $k_{Rs} = 0,17$ qo'llaniladi); R_a - kunlik quyosh radiatsiyasi; T_a - o'rtacha kunlik havo harorati.

2001 yildan 2021 yilgacha ET_{oHS} yondashuvidan foydalangan holda hisoblangan o'rtacha oylik ET_0 qiymatlari ko'rsatilgan (12-rasm).



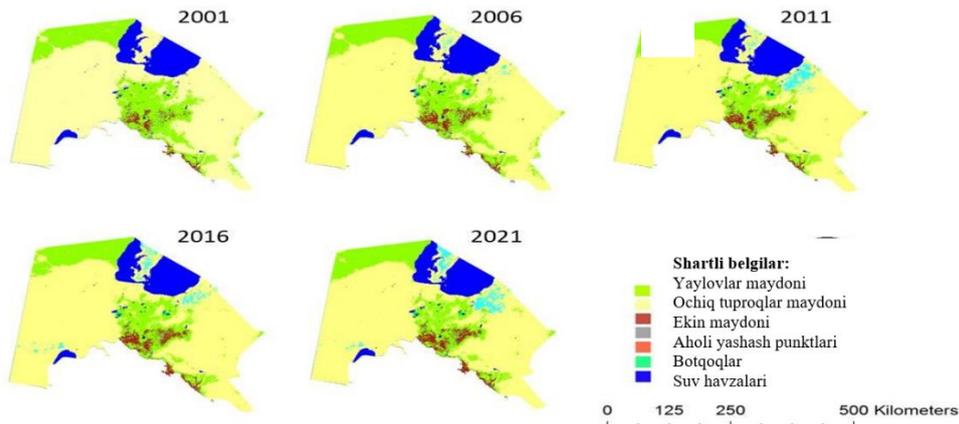
12-rasm. Amudaryo quyi deltasi hududlariga 2001-2021 yillar oralig'idagi ET_0

ET_0 baholari ekinlarning o'rtacha oylik ET_{oHS} qiymatlari o'rtasidagi korrelyatsiya yetarlicha yuqori bo'lib, R_2 2001-yilda 0,77, 2011 yilda 0,82 va 2021-yilda 0,79 ni tashkil etdi va statistik ahamiyatga ega bo'lgan ko'rsatkich sifatida r-qiymatlari ancha past edi ($r < 0,01$). ET_{oHS} RMSE 2001 yilda $\sim 0,06$, 2011 yilda $\sim 0,07$ va 2021 yilda $\sim 0,14$ ni tashkil etdi. ET_{oHS} usuli qurg'oqchil kontinental iqlim sharoitida mintaqaviy ET_0 ni baholash uchun qo'llaniladi. Ushbu tadqiqotda ET_0 baholashni muvaffaqiyatli bajarish uchun HS usulining asosiy afzalligi sifatida model natijalarini talab qilmasdan to'g'ridan-to'g'ri tenglama orqali yechish imkoniyatini taqdim qildi. Agar ET_0 ni hisobga olgan holda sug'orish o'zbek suv iste'molchilari tomonidan keng qo'llanilsa, u mintaqaning qishloq xo'jaligi va ekologik holatini rivojlantirish va tiklash uchun o'tkazilishi mumkin bo'lgan katta suv tejashni aks ettirishi mumkin.

Amudaryo quyi qismi uchun ko'p yillik yerdan foydalanish xaritalarini geoaxborot tizimlari yordamida ishlab chiqish. Ushbu tadqiqotda ikkilamchi ma'lumotlar sifatida Amudaryo quyi deltasi hududi maydonlarining o'zgarishi va yerdan foydalanish xaritalarini fazoviy tahlil qilishda har bir tahlil yili uchun 20 ta sun'iy yo'ldosh tasvirlari (2000–2020) dan foydalanilgan. Sun'iy yo'ldosh tasvirlarining sensori sifatida Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) va Landsat 8-9 modullaridan foydalanildi. So'nggi o'n yilliklar davomida masofadan zondlash orqali o'simlik qoplamasi ma'lumotlarining tez to'planishiga muvofiq, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalangan holda yer qoplamining o'zgarishi (EQO') ning mintaqaviy va global ET ga potensial ta'siri baholanadi, ammo bu turdagi tekshiruvlar kamdan-kam hollarda bo'ladi. EQO' ko'pincha biologik va geografik o'simlik qoplamining tarqalishida o'zgarishlarga olib keladigan tabiiy jarayonlar (masalan, iqlim o'zgarishi va tabiiy buzilishlar)

natijasida ko‘rish mumkin. O‘simlik turi, biomassa qoplami, daraxtlarning o‘shish yoshi va o‘tish matritsasi EQO‘ xususiyatlari sifatida tasniflanishi mumkin.

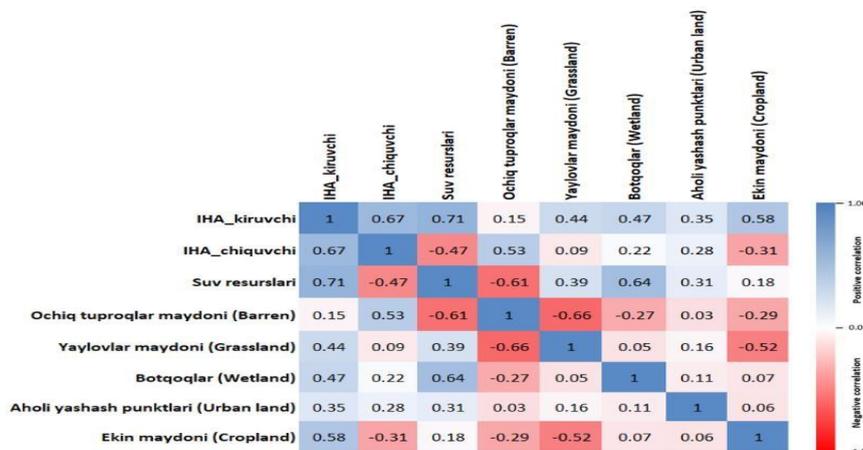
Barg maydoni indeksi (keyingi o‘rinlarda LAI) atrof-muhit va qishloq xo‘jaligi tadqiqotlarida dominant ko‘rsatkich hisoblanadi. LAI o‘simliklarning o‘shishini kuzatish va qishloq xo‘jaligi ekinlari yetishtirishda hosilni optimal boshqarish va prognoz qilish uchun keng qo‘llaniladi. LAI fotosintez jarayonlariga, o‘simlik biomassalaridan transpiratsiyaga, evapotranspiratsiyaga va hosildorlikka bevosita ta’sir qiladi. Ushbu tadqiqotda 2001-2021 yillarga mo‘ljallangan Amudaryo quyi deltasining qayta tasniflangan MODIS yerdan foydalanish-yer qoplami (EFEQ) xaritasi tuzildi (13-rasm).



13-rasm. Amudaryo quyi deltasini (Qoraqalpog‘iston) hududining 2001- 2021 yillardagi EFEQ xaritasi

Amudaryo quyi deltasini asosiy suv oqimi bilan ta’minlaydigan Tuyamo‘yin suv omboriga kiradigan va uning gidrouzelidan tashlanadigan suvlar miqdori IHA modelidan foydalanilgan holda chuqur tahlil qilingan ma’lumotlar natijalari dissertatsiyaning 3.3-bo‘limida keltirilgan.

Shu asnoda, mazkur tahlilning mantiqiy davomi sifatida yuqoridagi yerdan foydalanish sinflarining maydoni o‘zgarishini Tuyamo‘yin suv omboriga kiradigan va tashlanadigan ko‘p yillik suv oqimi dinamikasiga bog‘ladik va natijalar 14-rasmda keltirilgan.



14-rasm. Amudaryo quyi deltasining yerdan foydalanish sinflarining maydoni o‘zgarishini Tuyamo‘yin suv omboriga kiradigan va tashlanadigan suv oqimi dinamikasiga bog‘liqlik grafigi

Yuqoridagi grafikdan ko‘rinib turibdiki, Tuyamo‘yin suv omboriga kiruvchi oqim dinamikasi yer usti suv resurslari egallagan maydonlari hamda ekin maydonlari o‘zgarishiga yuqori ijobiy bog‘liqlikni ko‘rsatdi ($R > 0.50$). Shu bilan birga mazkur kiruvchi suv oqimi dinamikasi yaylovli hududlar va botqoqlashgan maydonlar o‘zgarishiga ham o‘rtacha-ijobiy tasnifda korrelyasiyalangan. Vaholanki, suv kirimi dinamikasi aholi yashash punktlari hududi va ochiq tuproqli maydonlarni o‘zgarishiga kuchsiz bog‘liqlikni ko‘rsatdi.

Tuyamo‘yin suv omboridan tashlama suvlar dinamikasi yer usti suv resurslari egallagan maydonlari hamda ekin maydonlari o‘zgarishiga o‘rtacha- salbiy holatda korrelyasiyalanganini ko‘rsatdi. Mazkur tashlama suv oqimi dinamikasi faqat ochiq tuproqli maydonlarning o‘zgarishi holatiga kuchli bog‘liqligi isbotlandi ($R = 0.53$). Suv tashlama dinamikasi aholi yashash punktlari hududi, yaylovzorlar hamda botqoqlashgan maydonlarni o‘zgarishiga kuchsiz bog‘liqlikni ko‘rsatdi.

Shu jumladan ta’kidlash joizki, o‘rganilgan tadqiqot ob’ektida ochiq tuproqli maydonlarni kengayishi yer usti suv resurslari maydonlari, yaylovlar, ekin maydonlari hamda botqoqlashgan hududlarni qisqarishiga olib keladi. Aksincha, yer usti suv resurslarni maydonini kattalashishi yaylovzorlarning va botqoqlashgan hududlarning kengayishiga kuchli ta’sir o‘tkazadi.

Yerdan foydalanish hamda yashillik (biomassa) xaritasini tuzishda Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan foydalanildi.

NDVI qiymatlari quyidagicha hisoblandi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

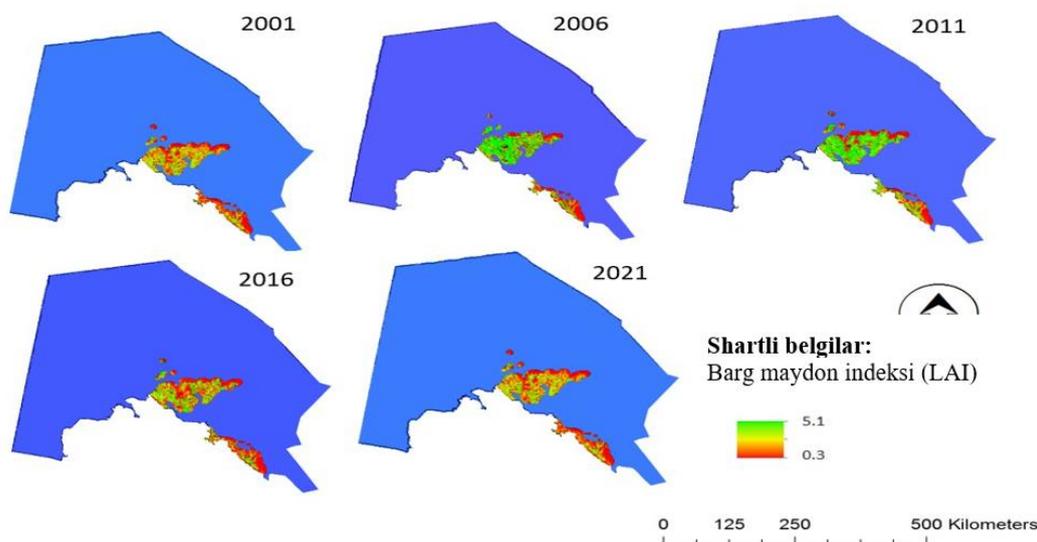
Bu yerda: NIR (near infrared band) - infraqizil nurlariga yaqin qatlam; RED (red band) - qizil qatlam.

Amudaryo quyi deltasidagi NDVI ni konvertatsiya qilish orqali LAI yordamida biomassaning tarqalish xaritalari tuzildi (15-rasm). Yashillik (biomassa) xaritalarini qilishdagi asosiy ko‘rsatkich hisoblangan Barg maydoni indeksini (Leaf Area Index – LAI) NDVI bilan bog‘laydigan tenglama mavjud:

$$LAI = 0,57 \times e(2,33 \times NDVI)$$

NDVI va LAI ni aniqlash uchun fotosyomkani kech bahor va yaqin yozda (May- Iyun) o‘tkazgan ma’qul – bu paytda daraxtlar va o‘tlar eng yuqori darajada yashillikka ega bo‘ladi.

O‘zbekistonning tipik qurg‘oqchil yerlarida ko‘p yillik havo harorati, EQO‘, LAI va ET ko‘p omilli tahlillari natijasida Amudaryo quyi deltasi ekotizimini tiklash uchun o‘simliklar zichligi oshishi va ochiq tuproqning yaylovlarga aylanishini aniqlandi. LAI ga sezilarli ta’sir ko‘rsatdi.



15-rasm. Amudaryo quyi deltasi (Qoraqalpog'iston) hududining 2001- 2021 yillardagi LAI xaritasi

Geoaxborot tizimlaridan foydalangan holda ishlab chiqilgan yerdan foydalanish va yer qoplami xaritalari Amudaryo quyi deltasi gidrologik oqimi va biomassa o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashga yordam berdi. 3.3- bo'limda muhokama qilingan IHA modeli natijalari shuni ko'rsatganki, ekologik oqim suv, biomassa va botqoq hududlarning barqarorligini ta'minlashda muhim ahamiyatga egadir. Yuqori oqimlar soni kamaygani sababli, suv tashish qobiliyati pasayib, yaylovlar va botqoq hududlarning yo'qolishiga olib kelmoqda, bu esa biomassa hosildorligini sezilarli darajada kamaytirmoqda.

XULOSALAR

"Iqlim o'zgarishi sharoitida Amudaryo quyi qismi uchun ekologik oqimni baholash" mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalar taqdim etilgan:

1. Nazariy va amaliy tadqiqotlar tahlilidan ma'lum bo'ldiki, suv resurslarini boshqarishda ayniqsa daryo havzalarida suv miqdorini taqsimotida daryoning quyi qismlarida ekotizimlarni saqlab qolishda ekologik oqimni inobatga olish muhim hisoblangan;

2. Olib borilgan tadqiqotlar tahlilidan shu narsa ma'lum bo'ldiki, Qoraqalpog'iston Respublikasining qishloq xo'jaligini 90% lik maqbul suv limitini ta'minlash uchun Amudaryo quyi deltasi hududiga tushadigan oqim miqdori 60% dan kam bo'lmasligi kerak deb hisoblab chiqilgan. IHA modelini simulyasiya qilish orqali olingan natijalarga qo'shimcha ravishda, suv taqsimotini maqbul ravishda ta'minlash uchun amaliyotda natijalarni joriy qilishda kamida 60% lik oqim miqdorini ta'minlash zarurligi isbotlangan;

3. Ko'p yillik iqlim ma'lumotlari tahlili yuqorilovchi o'zgarishlarni ko'rsatib, 0 qiymatga tushgan oylardagi to'g'ri chiziq dinamikasi biroz keskinroq ko'rinish bergan. Har bir iqlim grafigining yuqori qismiga birlashtirilgan o'rtacha qiymat va standart og'ish qiymatlari Amudaryoning quyi deltasida qayd etilgan ko'p yillik

iqlim ma'lumotlari va o'zgarishlar dinamikasida ekologik oqimni baholashda iqlim omillarining roli ahamiyatsiz ekanligini ko'rsatgan;

4. ET_0 ni baholashda o'simlik qoplami indeksining (LAI) bevosita ta'siri mavjud emasligini ko'rsatgan. Lekin Qoraqalpog'iston Respublikasi erdan foydalanish tasniflariga binoan LAI ning kengayishi bilvosita ET_0 tezligini asta-sekin tezlashgani aniqlangan. ($R = \sim 0,6$). Bu esa o'z navbatida biomassaning suvga bo'lgan talabning oshishiga olib kelishi isbotlangan;

5. Tuyamo'yin suv ombori va uning gidrouzelidan suv chiqarish miqdori yildan - yilga dinamik tus olgan va so'nggi 10 yil ichida biroz barqarorlashganligini ko'rishimiz mumkin. Maksimal suv chiqarish qiymati 2005 yilga to'g'ri keldi va o'rtacha $1520 \text{ m}^3/\text{sek}$ ni tashkil etgan, shu jumladan 2001 yilda kuzatilgan minimal oqim, taxminan $420 \text{ m}^3/\text{sek}$ ni hosil qilgan;

6. Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, so'nggi yillarda, xususan 2015-2020-yillarda Amudaryo qo'yi oqimi $250-300 \text{ m}^3/\text{s}$ ga tushib ketgan. Bunga sabab ekinlarni sug'orish va inson faoliyatiga yo'naltirilgan suv taqsimoti ortib borayotganini anglatadi. Havzada ekologik oqim barqarorlikni ta'minlash uchun Amudaryo quyi deltasida minimal ekologik oqim $350-400 \text{ m}^3/\text{s}$ bo'lishi hisoblab chiqilgan;

7. Amudaryo quyi qismida kam suvlilik $250 \text{ m}^3/\text{s}$ dan past bo'lgan davrlarda (kam oqim) biomassaning keskin pasayishi kuzatildi ($R > 0,6$). Natijada NDVI va LAI (biomassa qoplami) qiymatlari 2001-yilda $1.5-2.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ni va 2021- yilda $0.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ dan pastga tushib ketgan. Bu esa o'simlik qoplaminin keskin degradatsiyaga uchraganini ko'rsatadi. Namlik tanqisligi 27400 km^2 yaylov erlarining cho'lga aylanishiga sabab bo'lgan;

8. Amudaryo qo'yi qismida o'rtacha suvlilikning $350-500 \text{ m}^3/\text{s}$ atrofida bo'lgan davrlarda (o'rtacha oqim), ekin maydonlari va botqoq hududlarda biomassa hosildorligi yaxshilanganini kuzatilgan. Natijada LAI qiymatlari $4.5-5.1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ga va bu esa o'simliklarning tiklanayotganini ko'rsatgan. SHu davrda NDVI qiymatlari 0.6 dan yuqori bo'lib, o'simliklar qoplaminin zichligi oshgan.

9. Amudaryo qo'yi qismida maksimal suvlilikda oqim $700 \text{ m}^3/\text{s}$ dan ortiq bo'lgan sharoitda, botqoq hududlarda va yaylovlarda biomassaning sezilarli o'sishi kuzatildi. 1993 va 2005-yillardagi yuqori oqim paytida LAI qiymatlari $5.5-6.0 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ga etgan, bu esa to'qayzorlar va tabiiy yaylovlarning tiklanishiga yordam bergan. Biroq, 2005-yilda $4500 \text{ m}^3/\text{s}$ dan ortiq suv toshqinlari biomassaga salbiy ta'sir o'tkazib, tuproq sho'rlanishini oshirgan va ekin maydonlarining suv bilan to'yinib qolishiga sabab bo'lgan. Bu yuqori oqimning ijobiy va salbiy ta'sirlarini hisobga olib, ekologik oqimni muvozanatli boshqarish kerakligini ko'rsatgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.18/30.11.2022.Т.153.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ И ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**БУХАРСКИЙ ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ ПРИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НИУ) “ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА”**

МАХМУДОВА УМИДА ЗАКИРДЖАНОВНА

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА ДЛЯ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ
АМУДАРЬИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА**

**11.00.05 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных
ресурсов**

**АВТОРЕФЕРАТ диссертации доктора философии (PhD) по
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2024.3.PHD/T4994.

Диссертация выполнена в Бухарский институт управления природных ресурсов при ИИГУ "Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства".

Автореферат диссертации опубликован на трех (узбекском, русском, английском (резюме)) языках на веб-странице Научного совета (www.ecoilm.uz) и информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Исаев Сабиржон Хусанбаевич
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты:

Жулиев Мухиддин Комилович
доктор биологических наук, доцент

Унгалов Акмал Наврузович
доктор философии технических наук

Ведущая организация:

Ташкентский государственный аграрный университет

Защита диссертации состоится 22 08 2025 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.18/30.11.2022.T.153.01 при Научно-исследовательском институте окружающей среды и природоохранных технологий (Адрес: 100043, г. Ташкент, ул. Бунёдкор, д. 7А. Тел.: (99871) 277-89-63, факс: 277-89-63, e-mail: eco_nii@umail.uz).

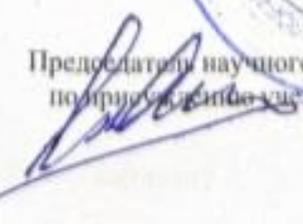
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института окружающей среды и природоохранных технологий (регистрационный номер 5). Адрес: 100043, г. Ташкент, ул. Бунёдкор, д. 7А. Тел.: (99871) 277- 89-63.

Автореферат диссертации разослан "22" 08 2025 года

(протокол реестра № ___ от "22" 08 2025 года).


Пудатов Б.А.
Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., доцент


Самиев Л.Н.
Ученый секретарь Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., доцент


Мурадов Ш.О.
Председатель научного семинара при Научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. Экономное использование воды и применение современных методов и технологий для устойчивого поддержания речных экосистем в мире занимают одно из ведущих мест в обеспечении экологического стока. Учитывая, что в глобальном масштабе определено «...снижение ущерба природе от нерационального использования водных ресурсов и обеспечение производства большего количества сельскохозяйственной продукции», требуют реализации задачи эффективного использования земельных и водных ресурсов, совершенствования системы охраны окружающей среды и управления водными ресурсами, развития и модернизации водохозяйственных объектов. В этой связи актуальным является управление водными ресурсами с учетом экологических попусков, эффективное использование водно-энергетических ресурсов, разработка водо- и ресурсосберегающих технологий орошения, снижение ущерба, наносимого окружающей среде при использовании малых объемов водных ресурсов, повышение эффективности использования на основе применения методов, основанных на дистанционных исследованиях и геоинформационных технологиях.

Во всем мире проводятся исследования с целью разработки новых научных решений по водосбережению и ресурсосберегающим технологиям, которые позволят обеспечить экологический поток, одновременно защищая окружающую среду и поддерживая баланс экосистем. В этой связи, учет экологических потоков при управлении и эффективном использовании водных ресурсов, различные технологические решения, а также различные решения по распределению воды в речных бассейнах в условиях изменения климата рассматриваются в качестве приоритетных направлений с точки зрения экологии и охраны окружающей среды. В этой связи, принимая во внимание нарастающий дефицит водных ресурсов вследствие глобального изменения климата, роста численности населения и отраслей экономики, а также их возрастающую с каждым годом потребность в воде, особое внимание уделяется оценке экологического стока и обоснованию его влияния на биомассу растений по фазам роста.

В научно-исследовательских центрах нашей республики реализуются комплексные мероприятия по разработке, созданию и применению эффективных методов оценки на основе геоинформационных систем и методов дистанционного зондирования Земли, с использованием технологических подходов в области экологии и охраны окружающей среды и достигаются определенные результаты. В Стратегии развития Республики Узбекистан на 2022 - 2026 годы определены важные задачи по «коренному реформированию системы управления водными ресурсами для обеспечения

¹Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО). <https://www.fao.org/sdg-progress-report/2020/en/>

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №ПФ-60 «О Стратегии развития Республики Узбекистан»

опережающего развития и высоких темпов роста национальной экономики». При реализации этих задач, в том числе в условиях глобального изменения климата и дефицита водных ресурсов, важным является совершенствование методов расчета величины испарения (эвапотранспирации) под влиянием климата, величины критического экологического потока в распределении располагаемых водных ресурсов, а также величины покрытия биомассой, считающегося основным показателем устойчивости экосистемы нижней дельты реки Амударьи.

Данное диссертационное исследование в определенной мере послужит реализации задач, обозначенных в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 31 мая 2023 года № ПП-171 «О мерах по эффективной организации деятельности Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата», Указе № УФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Указе № УФ-6024 от 10 июля 2020 года «Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы», Указе № УФ-5863 от 10 октября 2019 года «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года» и других нормативно-правовых актах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в рамках V приоритетного направления развития науки и технологий Республики Узбекистан - «Сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды».

Уровень изученности проблемы. Исследования проводили С.Ш. Мирзаев, В.А.Духовный, Г. Хасанханова, М.А.Якубов, У.В.Абдуллаев, В.Тальских, Р.Таряникова, И.Золдасова, Т.Хамзина, Р.Ибрагимов, Н.Агальцева, В.Е.Чуб, А.Г.Савицкий, С.Равловская, С.Любимова, Р.Темирбеков, Е.А.Мухина, Р.Умаров, Ю.М.Денисов, А.Т.Салохиддинов, А.Х.Каримов, Х.Гаффаров, М.К.Жулиев, А.Н.Унгалов и другие.

При изучении влияния видов растений, климата и факторов эвапотранспирации на экологический сток в речном бассейне M.Schluter, C.Siderus, D.Jacob, M.Acreman, M.Dunbar D.McKinney, H.Lieth, R.Tharme провели обширные исследования по оценке экологического стока в охране окружающей среды, а A.Arthington, J.King, M.Finn, S.Jackson, Y.Zhang, T.Grantham, J.Olden, А.Т.Салохиддинов, А.Х.Каримов, Х.Гаффаров, М.К.Жулиев, А.Н.Унгалов и другие ученые провели обширные исследования по влиянию климата и факторов эвапотранспирации на экологический сток и добились определенных положительных результатов.

Проведенные научные исследования и их анализ еще недостаточно изучили такие вопросы, как величины испарения и транспирации, обусловленные емкостью биомассы сельскохозяйственных культур, влияние изменения климата, величину критического экологического потока при распределении водных ресурсов и совершенствование методов расчета величины испарения под влиянием климата.

Соответствие темы диссертации плану научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках плана НИР №1 «Разработка научных и практических основ рационального управления водными ресурсами в условиях глобального изменения климата, их использования на основе водосберегающих технологий и улучшения эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель» Бухарского института управления природными ресурсами Национального исследовательского университета (НИУ) «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Целью исследования является совершенствование метода оценки экологического стока для нижнего течения Амударьи с учетом водопотребления орошаемых земель и эвапотранспирации.

Задачи исследования:

Анализ практических и экспериментальных результатов методов оценки и расчета экологического стока рек;

Совершенствование метода оценки экологического стока с учетом спроса на воду, расхода и эвапотранспирации в бассейне реки;

Определение экологического стока в распределении воды для нижней части Амударьи;

Разработка методики «Индикаторы гидрологической оценки (ИГО)» для нижнего течения Амударьи.

В качестве объекта исследования взяты нижняя Амударья (Республика Каракалпакстан), изменение климата, эвапотранспирация, сельское хозяйство, экологический сток, экологические показатели.

Предметом исследования являются климатические факторы, объем сброса воды из Туямойинского водохранилища, биомасса сельскохозяйственных культур, геоинформационные системы и технологии, а также величина эвапотранспирации в зависимости от вида сельскохозяйственных культур и фаз развития.

Методы исследования. В исследовании использовались общепринятые методы в экологии и гидрологии, а также оценка землепользования и изменений земного покрова на основе географических информационных систем, спутниковые снимки, нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) и индекс покрытия биомассой (LAI), прогнозирование, анализ эрозии бассейнов, расчет и прогнозирование изменения уровня воды, обработка результатов полевых экспериментов, математическая статистика и методы дельта-подхода.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Для нижнего течения реки Амударья усовершенствована методика расчета экологического стока за счет обеспечения учета 60% стока в распределении объема воды с учетом лет водности (Q_{max} , Q_{min});

Усовершенствована методика расчета экологических стоков с учетом увеличения потребности биомассы в воде в связи с расширением

землепользования и использования биомассы (ЗИП) в Республике Каракалпакстан, с учетом стока воды из Туямойинского водохранилища;

Интегрирована модель «Индикаторы гидрологических изменений (ИГИ)» для нижнего течения реки Амударья с учетом количества воды в бассейне реки, ее распределения, испарения, водного баланса и условий окружающей среды;

Доказано, что в нижней дельте Амударьи, с учетом возросшего водоотведения на орошение сельскохозяйственных культур и хозяйственной деятельности человека, минимальный экологический сток в бассейне реки должен быть не менее 350-400 м³/с для обеспечения экологической устойчивости стока.

Практические результаты исследования следующие:

В случае нижнего течения Амударьи выявлены причины потенциального воздействия изменения климата на сток речных бассейнов и окружающую среду;

Для моделирования динамики стока в нижнем течении Амударьи была разработана карта землепользования и растительности, а также оценены расходы воды и экологические расходы стока на перспективу;

Технологии спутниковых снимков, дистанционного зондирования и географических информационных систем (ГИС) были признаны важными для быстрого принятия решений в управлении, поскольку они могут служить альтернативным источником данных в районах с ограниченными данными в бассейне, где сеть станций мониторинга недостаточна для оценки и прогнозирования потенциального воздействия изменения климата на сток и окружающую среду в дельте Амударьи;

Разработан обобщенный метод прогнозирования изменений динамики вод в бассейне нижней Амударьи.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований подтверждается соответствием теоретических разработок полученным значениям, близостью расчетных значений значениям натуральных экспериментов, а также применением результатов исследований на практике.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований заключается в том, что в условиях изменения климата с использованием современных методов ГАТ и дистанционного зондирования Земли и моделей получены количественные показатели дефицитных водных ресурсов в нижнем течении реки Амударья, изучено влияние динамики многолетних изменений на обеспеченность экологического стока, а также рассчитаны методы расчета эвапотранспирации, возникающей под влиянием климата. Для нижнего течения Амударьи разработаны цифровые экологические карты, отражающие состояние биомассы сельскохозяйственных культур, расположенных в бассейне реки и виды землепользования. Это объясняется тем, что оно определяется зависимостью от притока и оттока воды из Туямойинского водохранилища, которое обеспечивает экологический сток.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что водораспределение для нижнего течения Амударьи разработано на основе высокоточных методик, отражающих оценку критических значений экологических потоков с использованием инновационных технологий дистанционного зондирования и усовершенствованных ГАТ-технологий.

Внедрение результатов исследований. По результатам исследования оценки экологического стока нижней Амударьи в условиях изменения климата:

Учитывая увеличение водоотведения на орошение сельскохозяйственных культур и хозяйственную деятельность человека в нижней части дельты Амударьи, был рассчитан минимальный экологический сток, обеспечивающий устойчивость экологического стока в бассейне (Министерство сельского хозяйства, циркуляр № 02/023-2611 от 21 августа 2020г.). В результате определено, что для нижнего течения Амударьи он составит не менее 350-400 м³/с;

Для сельскохозяйственной деятельности, которая является основной отраслью экономики Республики Каракалпакстан, в зависимости от водопотребления рассчитано критическое значение экологического стока. (Справка № 01/010-3401 от 18 сентября 2023 года в Министерство сельского хозяйства Республики Каракалпакстан). В результате было доказано, что на территории Республики Каракалпакстан объем водопотребления для обеспечения охраны окружающей среды и устойчивости экосистем в размере 90% составляет 60%;

Модель «Индикаторы гидрологических изменений (ИГИ)» для нижнего течения Амударьи, учитывающая количество воды в бассейне реки, ее распределение, испарение, водный баланс и условия окружающей среды, интегрирована и внедрена на орошаемых территориях Республики Каракалпакстан и Хорезмской области. (Справка № 01/010-3401 от 18 сентября 2023 года в Министерство сельского хозяйства Республики Каракалпакстан). В результате проведенных работ рассчитан объем воды на орошаемых площадях Республики Каракалпакстан и Хорезмской области, а также рассчитан экологический сток в реке для нижнего течения Амударьи и смоделировано его распределение, что создает возможность оперативного определения распределения воды.

Утверждение результатов исследования. Результаты исследований обсуждались и апробировались на международных, республиканских и вузовских конференциях, в том числе на 2 международных и 3 всероссийских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Основные научные результаты диссертации, подготовленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан по теме диссертации, опубликованы в научных изданиях, рекомендованных к публикации, в том числе в 9 статьях, в том числе 3 в отечественных и 6 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составил 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость диссертационного исследования, формулируются цели и задачи исследования, а также его объекты и предметы, указывается его соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники Республики Узбекистан, описывается научная новизна, практические результаты и достоверность исследования. Широко раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, даны сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Научные и практические основы оценки воздействия экологических потоков на изменение природно-климатических условий»** дается подробное описание источников и методик, используемых для оценки воздействия экологических потоков на изменение природно- климатических условий.

Концепция определения требований к стоку рек возникает из необходимости определить, в какой степени режим стока реки может быть изменен по сравнению с его естественным состоянием, сохраняя при этом целостность речной экосистемы. Эти потребности рассчитываются путем оценки расхода воды, суть которой заключается в определении количества воды, которое должно оставаться в регулируемой речной системе в разное время года для поддержания водных ресурсов на определенном требуемом уровне. Первоначальный естественный режим течения часто используется в качестве ориентира для определения элементов режима течения, которые считаются необходимыми для сохранения речной биоты. Разработан ряд методик для оценки потоков водопотребления для различных типов вод и компонентов речных экосистем по всему миру. Обычно используемые методологии делятся на четыре категории: методологии регистрации исторических данных по расходу, методологии гидравлического рейтинга, методологии оценки среды обитания и целостные методологии. Методологии исторических данных о расходе воды, гидравлических характеристиках и оценке среды обитания были разработаны в первую очередь для определения потребностей отдельных видов рыб или сообществ. Тот факт, что они не применяются напрямую к прибрежной растительности, был подробно рассмотрен в литературе. Ранние оценки экологических потребностей рек мира были сосредоточены в основном на потребностях рыб. Хотя общеизвестно, что прибрежная растительность играет решающую роль в поддержании экологии рек и стабильности прибрежной зоны, гидрологические потребности отдельных видов растений рассматривались лишь в немногих исследованиях. Речную растительность часто рассматривают как единое целое, содержащее совокупность видов. Мало внимания уделялось

отдельным видам и их особым экологическим предпочтениям в гидрологическом градиенте между водной и наземной средой. Исследования по оценке экологических потоков с учетом прибрежной растительности во всем мире обычно проводились на основе междисциплинарного целостного экосистемного подхода.

На основе анализа исследований, проведенных в этой области в странах Центральной Азии, особенно в бассейнах рек Амударья и Сырдарья, было проведено много исследований по управлению речным стоком. В.Н. Гончаров, А.Н. Гостунский, Н.В. Гришанин, К.И. Россинский, И.А. Кузьмин, В.С. Алтунин, В.С. Лапшенков, В.М. Ляхтер, Я.А. Кундж, Ф.М. Холли, А. Вервей, В.К. Дебольский, по гидравлическому и гидрологическому регулированию стока реки Хусан в дельте Амударьи. Научные исследования проводили К.Ш.Латипов, А.М.Арифжанов, М.Р.Бакиев, Ш.Муродов, Ф.Х.Хикматов, И.А.Ахмедходжаева, М.Икромова и другие.

Однако в дельте Амударьи комплексных исследований по управлению стоком реки с учетом водопотребности орошаемых земель и эвапотранспирации не проводилось.

Поэтому обосновывается важность оценки экологического стока для нижней части Амударьи в условиях изменения климата.

На основании проведенного анализа определены цели и задачи диссертации.

Во второй главе диссертации под названием «Природно-географические условия низовьев Амударьи при оценке экологического стока» приведены сведения об оценке экологического стока с учетом природно-географических условий низовьев Амударьи. В нем подробно освещены вопросы географического положения, геологических и геоморфологических условий, климата, водных ресурсов и почв Республики Каракалпакстан.

Была оценена текущая уязвимость экосистем дельты Амударьи и проанализирована информация, необходимая для различных вариантов будущего управления с целью обеспечения экологического потока в водно-болотные экосистемы в условиях изменения климата. Он обеспечивает основу для выбора альтернативных вариантов управления, позволяющих лучше сбалансировать использование водных ресурсов между сельским хозяйством и экосистемами дельты для обеспечения необходимых экологических потоков. Также представлена полная информация об источниках, используемых для оценки влияния экологических потоков на изменение природно-климатических условий, а также изучены данные о климате и водных ресурсах для оценки влияния экологических потоков на изменение природно-климатических условий.

В третьей главе диссертации под названием «**Разработка модели индикаторов гидрологических изменений для оценки экологического стока нижнего течения реки Амударья**» впервые представлены методы исследования с целью разработки модели индикаторов гидрологических изменений нижнего течения реки Амударья.

Модель индикаторов гидрологической оценки (ИНА). ИНА — это инструмент, предназначенный для анализа изменений речного стока на основе исторических данных. Целью является оценка воздействия изменений расхода воды на речные экосистемы. Эта программа помогает определить воздействие на окружающую среду на основе оценки таких показателей, как объем потока, время, продолжительность, повторяемость и скорость изменения.

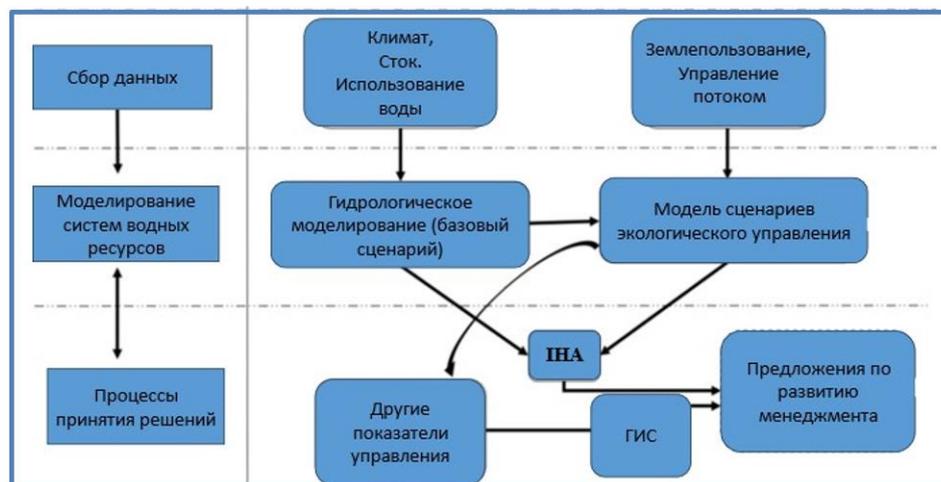


Рисунок 1. Блок-схема ИНА

При реализации данной программы реализуются различные процессы сбора данных (рис.1). На следующем этапе анализируются процессы, связанные с водой, посредством систематического моделирования водных ресурсов. Этот процесс формирует основу процессов принятия решений.

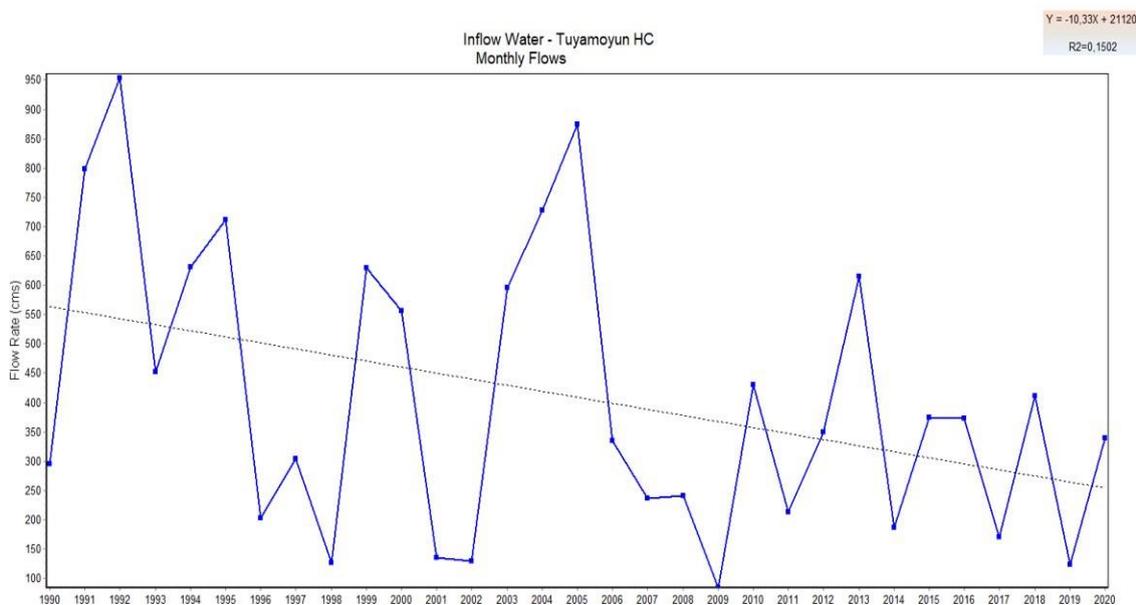
Одновременно собираются данные о климате, речном стоке и водопользовании для формирования модели гидрологического моделирования (базового сценария). Кроме того, в модель сценария управления окружающей средой включена информация об использовании земель и управлении стоком. Эти два направления пересекаются в модели ИНА, и гидрологические изменения оцениваются на основе индекса ИНА.

Результаты гидрологического моделирования также связаны с «другим индексом управления». В этом процессе также используются ГИС (геоинформационные системы), и в конечном итоге полученные результаты используются при подготовке предложений по развитию управления.

Таким образом, схема включает этапы от сбора данных до разработки управленческих предложений, и каждая часть работает в комплексе с другими.

В модели ИНА были проанализированы данные по притоку воды в Туямойинское водохранилище и оттоку воды в нижнюю дельту Амударьи за период с 1990 по 2020 год, полученные от Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан.

В результате 30-летнего анализа мы видим, что динамическая интенсивность притока снизилась. Среднегодовой расход в 1990-х годах составлял 950 м³/с, но к 2020 году этот показатель снизился до 300-350 м³/с. Это может усугубить проблему обезвоживания (рис. 2).



**Рисунок 2. Результаты линейного регрессионного анализа
месячного разреза притоков в Туямойинское водохранилище
(1990-2020 гг.)**

Программа ИНА, адаптированная для нижней дельты Амударьи, также включает эти пять типов потоков (месячные низкие потоки, экстремально низкие потоки, экстремально высокие потоки, незначительные паводки, крупные паводки). Если в 1990-х годах расход воды достигал максимума в 4500–5000 м³/с, то к 2020 году крупных наводнений практически не будет (рисунок 3).

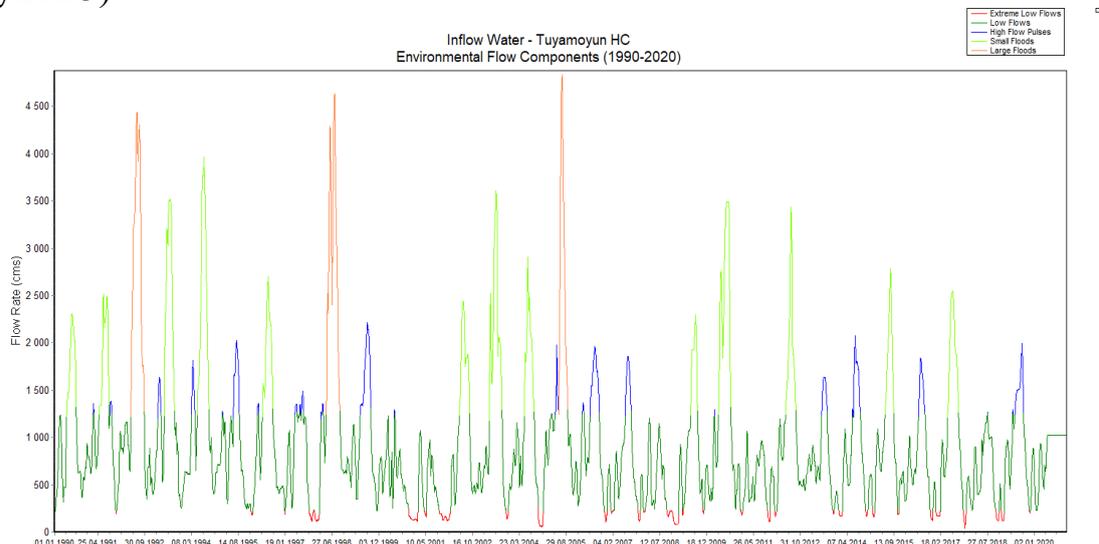


Рисунок 3. Притоки в Туямойинское водохранилище (1990-2020 гг.)

Аналогично, если теперь обратиться к 30-летнему анализу сброса воды с ГЭС, то в период 1990–2005 гг. среднегодовой расход составлял около 500–600 м³/с, а в период 2010–2020 гг. этот показатель снизился до 300 м³/с (рис.4).

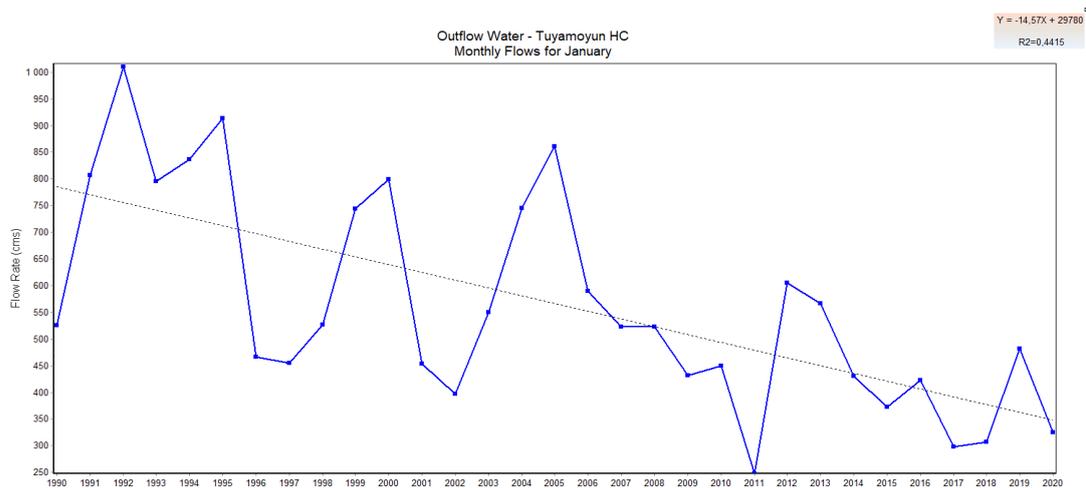


Рисунок 4. Результаты линейного регрессионного анализа расходов воды Туямойинского водохранилища в нижнюю дельту Амударьи на месячном участке (1990-2020 гг.)

После 2000 года максимальный расход не превышал 3500 м³/с, а после 2010 года обычным явлением стали низкие расходы около 1000 м³/с (рис. 5).

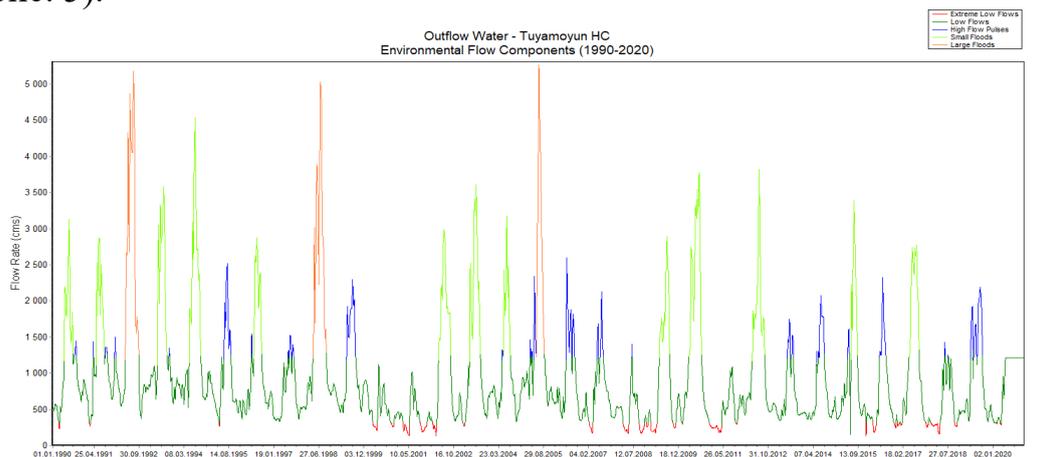


Рисунок 5. Сброс воды из Туямойинского водохранилища в нижнюю дельту Амударьи (1990-2020 гг.)

Определение экологического стока в устойчивом распределении воды для нижней части Амударьи. Проведен анализ объема многолетнего лимита водопользования, выделенного на территорию нижней дельты Амударьи (Республика Каракалпакстан), и объема фактически использованной воды.

На основании результатов вышеприведенного анализа можно увидеть анализ выделенного лимита воды (рис. 6). В зависимости от сброса из Туямойинского водохранилища он приобрел за прошедшие годы (2000-2020 гг.) несколько динамичный характер. Максимальный предел был соответственно в 2005 году 8350 млн. м³. Минимальный лимит в 2020 году составляет 5370 млн.м³. Самые высокие текущие показатели водопотребления, как и лимит воды, были в 2005 году и составили 8230 млн.м³. Текущий минимальный расход воды составил 4420 млн м³ в 2010 году.

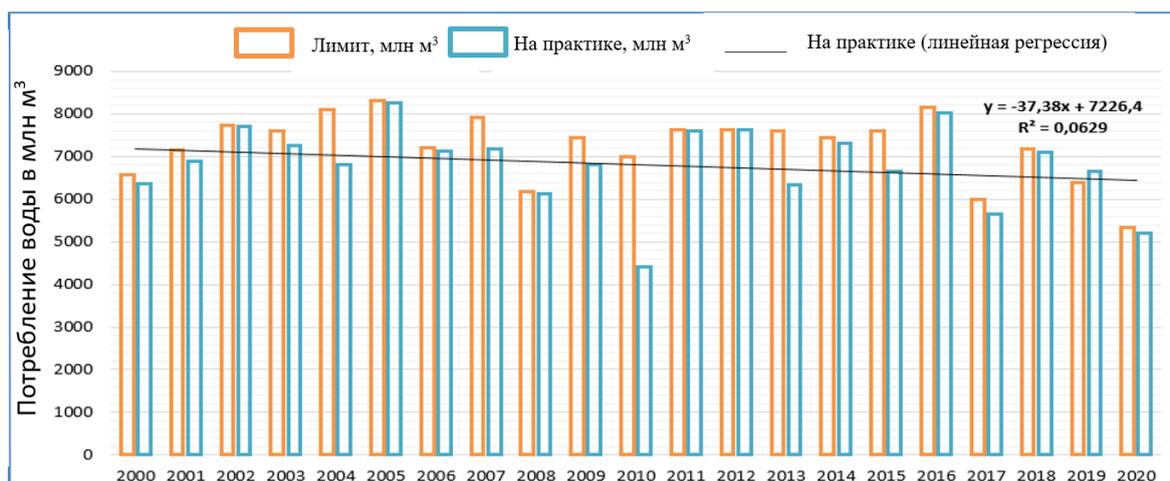


Рисунок 6. График многолетнего (2000-2020 гг.) распределения лимита воды и анализа текущего водопотребления для нижней дельты Амударьи (Республика Каракалпакстан)

При определении распределения воды в регионе предполагалось, что для обеспечения 90% допустимого лимита водности приток в нижнюю дельту Амударьи должен быть не менее 60% (рис.7). Таким образом, речные экосистемы сохраняются в хорошем состоянии.

При определении распределения воды в регионе предполагалось, что для обеспечения 90% допустимого лимита водности приток в нижнюю дельту Амударьи должен быть не менее 60% (рисунок 7). Таким образом, речные экосистемы сохраняются в хорошем состоянии.

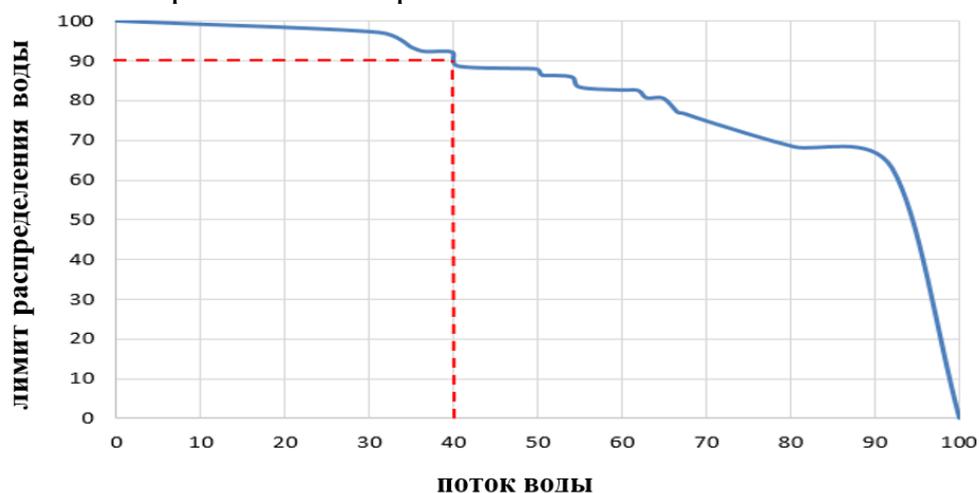


Рисунок 7. График нормативного значения экологического стока для определения лимита водораспределения для района нижней дельты Амударьи

В четвертой главе диссертации под названием «Оценка экологического стока на основе эвапотранспирации и биомассы в нижнем течении реки Амударья» обсуждается оценка экологического стока на основе эвапотранспирации в нижнем течении реки Амударья. Во-первых, был проведен анализ 30-летних (1990-2020 гг.) климатических данных по

температуре воздуха и осадкам с около 10 метеорологических станций в районе нижней дельты Амударьи при Центре гидрометеорологической службы Узбекистана.

Разработанная блок-схема иллюстрирует процесс анализа Q–Q-графика. Этот анализ используется для определения того, насколько близко распределения двух разных наборов данных совпадают или отличаются друг от друга. Здесь получены данные о температуре воздуха и осадках (рис. 8).

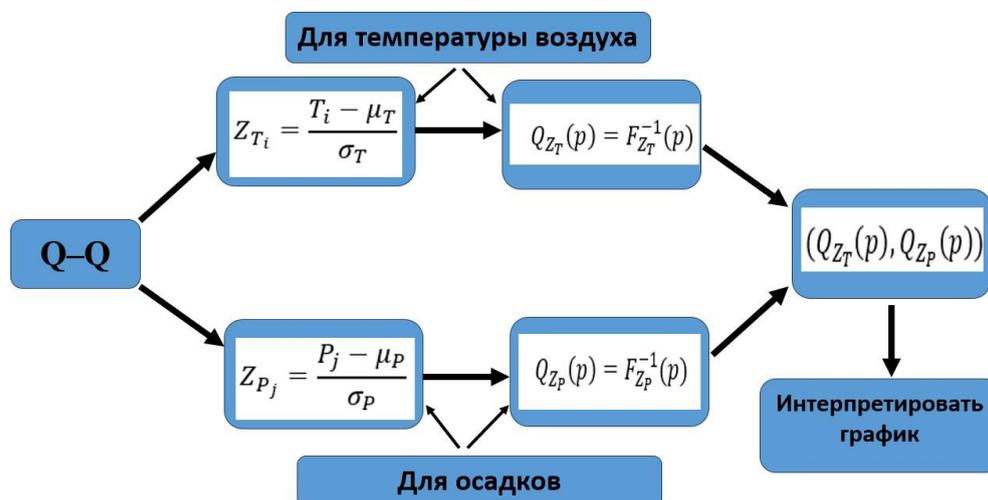


Рисунок 8. Блок-схема анализа графика Q–Q

Первый шаг — нормализовать оба набора данных по отдельности. Он использует среднее значение и стандартное отклонение каждого набора.

Вторым шагом является расчет квантилей для обоих нормализованных данных. В этом случае данные сортируются по значению вероятности (p) и определяются квантили, соответствующие каждой вероятности.

Третий шаг — квантили обоих данных отображаются на графике. В этом случае нормализованные квантили температуры воздуха (по горизонтальной оси) и нормализованные квантили осадков (по вертикальной оси) откладываются друг против друга.

Четвертый шаг — интерпретация графика. Если две переменные схожи по перекрестному распределению, точки на графике будут лежать приблизительно на одной прямой (вдоль диагонали). Если точки значительно отклоняются от этой линии, это свидетельствует о том, что распределения температуры и осадков различаются по форме (например, по асимметрии, вытянутости или весу хвоста).

Данные многолетнего мониторинга температуры воздуха на метеорологических станциях в нижней дельте Амударьи (Республика Каракалпакстан) с 1990 по 2020 год показывают, что аномальных потеплений практически не было, а аномальное похолодание наблюдалось в январе 2006 и 2008 годов, когда среднемесячная температура составляла -14 °С. Представив этот анализ в виде диаграммы размаха, средние многолетние значения температуры воздуха были определены по медианному параметру, что ближе к месячной действительности (рис.9).

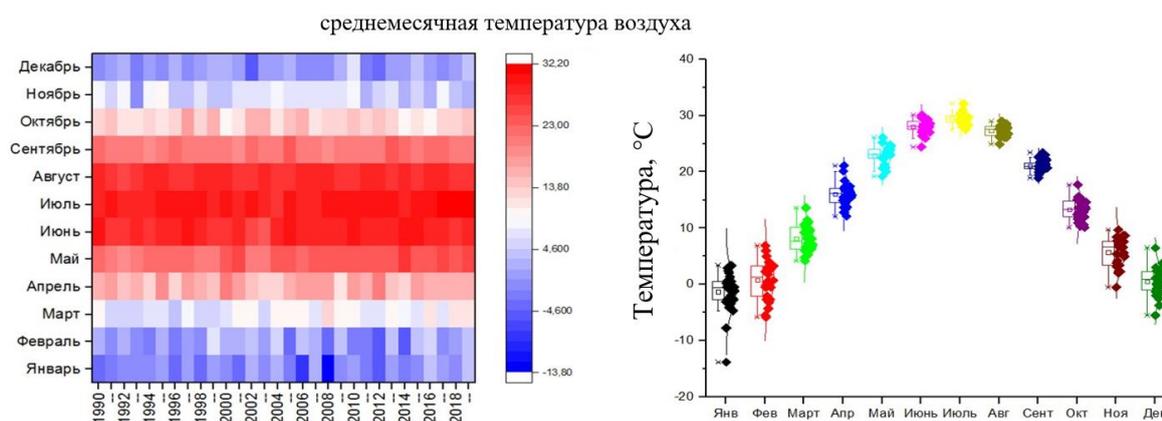


Рисунок 9. Рекорды температуры воздуха за период 1990-2020 гг. в низовьях дельты Амударьи

Согласно многолетним данным об атмосферных осадках, аномальных осадков за 30 лет исследований не наблюдалось, а максимальное количество аномальных осадков составило 101 мм в мае 1991 года. Данный анализ был представлен в виде ящичной диаграммы, а значения средней месячной суммы осадков определялись с использованием параметра медианы, аналогично анализу температуры воздуха (рис.10).

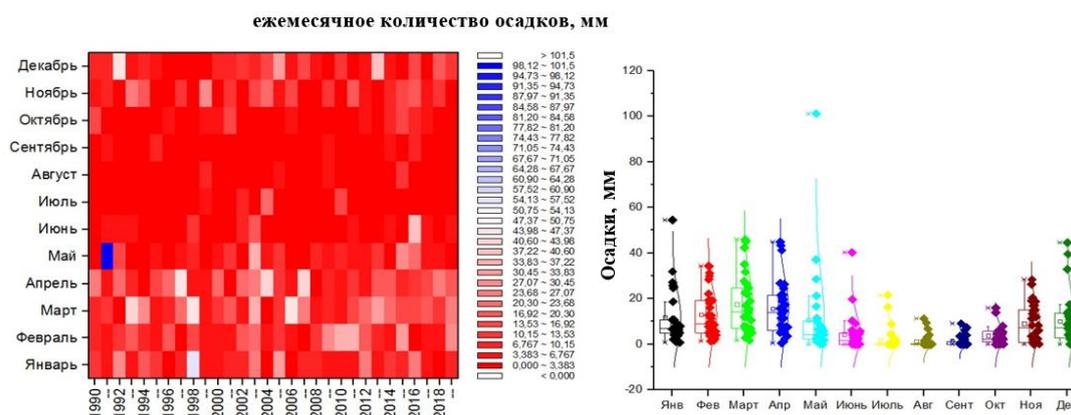


Рисунок 10. Рекорды осадков за период 1990-2020 гг. в низовьях дельты Амударьи

Расчет эвапотранспирации (ET_0) на основе климатических факторов. Эвапотранспирация (далее - ET) является одним из важных разделов энергетического и водного баланса между атмосферой и земной поверхностью. ET — это процесс, происходящий при взаимодействии обмена энергией и водой между почвой, атмосферой и растениями с климатическими факторами.

ET_0 - многолетние (2000-2020 гг.) данные о солнечной радиации, использованные в расчетах, были получены из Национальной базы данных солнечной радиации (NSRDB), а многолетние (2000-2020 гг.) данные об угле наклона Солнца были получены из файла угловых коэффициентов («_ANG.txt») в продуктах Landsat 4-9 Level-1.

Поскольку нижняя дельта Амударьи расположена в типично засушливом регионе мира, она получает много солнечного света благодаря своему географическому положению. Среднее количество солнечных дней в нижней дельте Амударьи составляет 260 дней в году.

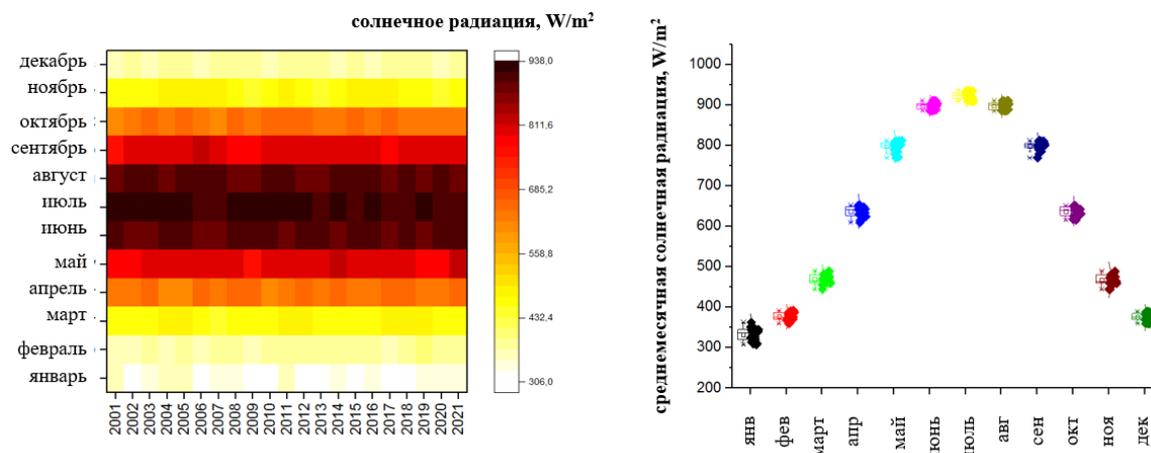


Рисунок 11. Солнечная радиация, приходящаяся на район нижней дельты Амударьи в период 2001-2021 гг.

Методология маскировки солнечной радиации из набора данных MODIS впервые была реализована на примере нижней дельты Амударьи. Поскольку этот показатель играет важную роль в расчете ET_0 , был построен график среднемесячной солнечной радиации, достигающей нижней дельты Амударьи (рис. 11).

Количество ET_0 определялось по формуле Hargreaves-Samani (HS). Уравнение HS требует только наблюдений за солнечной радиацией, максимальной температурой воздуха и минимальной температурой воздуха для расчета ET_0 :

$$ET_{0HS} = 0.0135 \cdot k_{RS} \cdot R_a \sqrt{T_{max} - T_{min}} \cdot (T_a + 17.8)$$

здесь 0,0135 — коэффициент перевода из американской в международную систему единиц; k_{RS} - коэффициент радиационной поправки (обычно используется $k_{RS} = 0,17$); R_a — суточная солнечная радиация; T_a — средняя дневная температура воздуха.

Показаны среднемесячные значения ET_0 , рассчитанные с использованием подхода ET_{0HS} с 2001 по 2021 год (рис. 12).

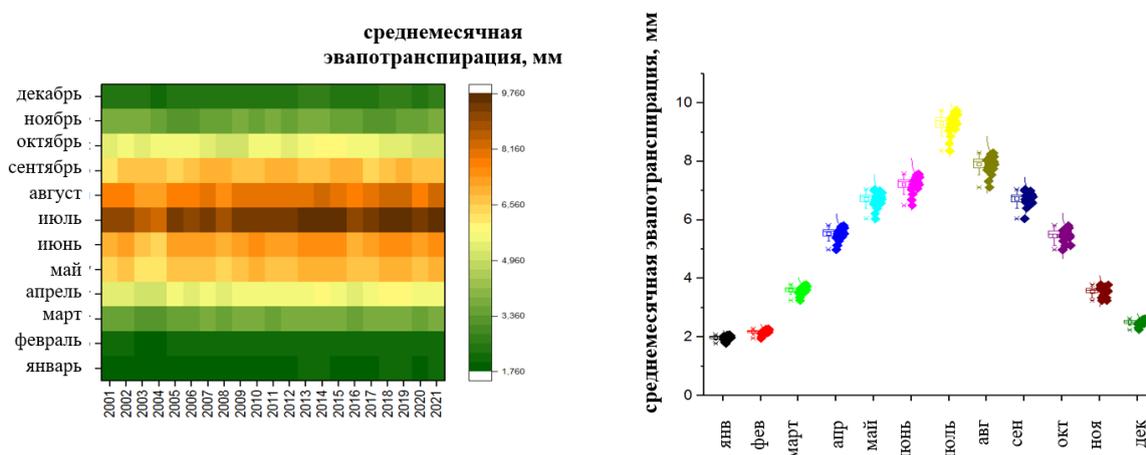


Рисунок 12. ET_0 в период 2001-2021 гг. в районы нижней дельты Амударьи

Корреляция между значениями ET_0 и среднемесячными значениями ET_{0HS} сельскохозяйственных культур была довольно высокой: R_2 составлял 0,77 в 2001 г., 0,82 в 2011 г. и 0,79 в 2021 г., а значения p были достаточно низкими ($p < 0,01$), чтобы быть статистически значимыми. Среднеквадратичное отклонение ET_{0HS} составило $\sim 0,06$ в 2001 г., $\sim 0,07$ в 2011 г. и $\sim 0,14$ в 2021 г. Метод ET_{0HS} используется для оценки регионального ET_0 в засушливом континентальном климате. В данном исследовании основным преимуществом метода HS для успешного выполнения оценки ET_0 стала возможность непосредственного решения уравнения без необходимости использования результатов моделирования. Если орошение с учетом ET_0 будет широко применяться узбекскими водопользователями, это может обеспечить значительную экономию воды, которую можно будет направить на развитие и восстановление сельскохозяйственного и экологического статуса региона.

Разработка карт перспективного землепользования нижней части Амударьи с использованием геоинформационных систем. В данном исследовании в качестве вторичных данных для пространственного анализа изменений площади карт землепользования региона нижней дельты Амударьи использовались 20 спутниковых снимков за каждый год анализа (2000–2020 гг.). В качестве датчиков спутниковых изображений использовались модули спектрорадиометра со средним разрешением (MODIS) и Landsat 8-9. В связи с быстрым сбором данных о растительном покрове с помощью дистанционного зондирования за последние десятилетия была проведена оценка потенциального воздействия изменения земельного покрова (ИЗП) на региональное и глобальное значение эвапотранспирации с использованием спутниковых данных, однако исследования такого типа редки. ИЗП часто можно рассматривать как результат естественных процессов (таких как изменение климата и природные катаклизмы), которые приводят к изменениям в распределении биологического и географического растительного покрова. Тип растительности, биомасса, возраст деревьев и

переходная матрица могут быть классифицированы как характеристики ИЗП. Индекс листовой поверхности (далее — LAI) является доминирующим показателем в экологических и сельскохозяйственных исследованиях. LAI широко используется для мониторинга роста растений, а также для оптимального управления и прогнозирования урожайности в сельскохозяйственном производстве. LAI напрямую влияет на фотосинтез, транспирацию из биомассы растений, эвапотранспирацию и продуктивность. В результате исследования была получена переклассифицированная карта MODIS землепользования и земельного покрова (LULC) нижней дельты Амударьи на период 2001–2021 гг. (рисунок 13).

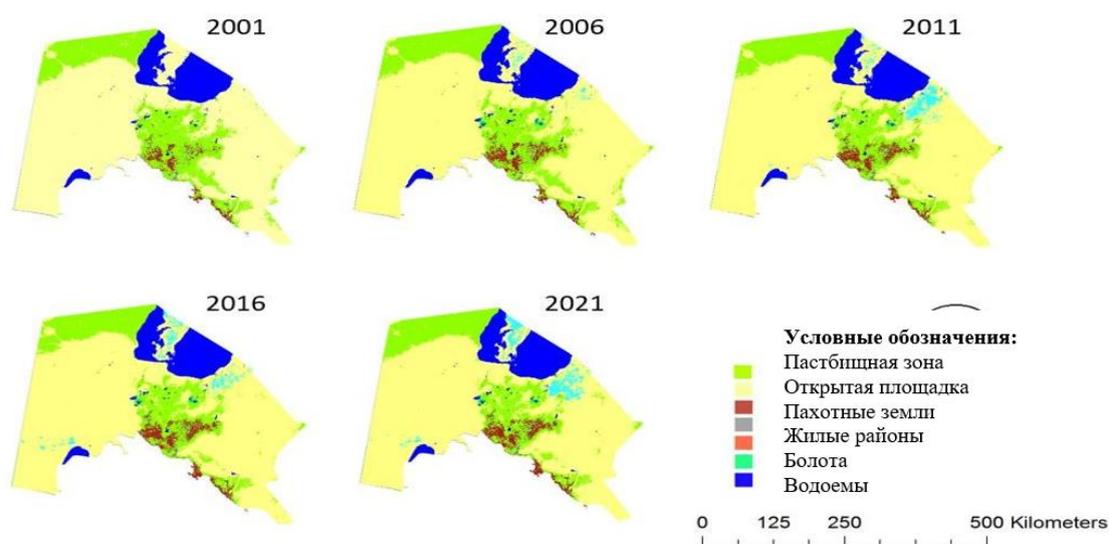


Рисунок 13. Карта землепользования нижнего региона дельты Амударьи 2001-2021 гг. (Каракалпакстан)

Результаты углубленного анализа объема воды, поступающей и выходящей из Туямойнского водохранилища, обеспечивающего основной сток воды в нижнюю дельту Амударьи, и его гидравлического узла с использованием модели ИНА представлены в разделе 3.3 диссертации. Соответственно, как логическое продолжение данного анализа, мы связали изменение площади вышеуказанных классов землепользования с динамикой многолетнего расхода воды, входящего и выходящего из Туямуйнского водохранилища, и результаты представлены на рисунке 14.

На представленном выше графике видно, что динамика стока, поступающего в Туямойнское водохранилище, показала высокую положительную корреляцию с изменением площадей, занятых поверхностными водными ресурсами и сельскохозяйственными угодьями ($R > 0,50$). При этом динамика этого притока также умеренно положительно коррелирует с изменением площадей пастбищ и водно-болотных угодий.

Однако динамика притока воды показала слабую зависимость от площади населенных пунктов и открытых участков почвы.

Показано, что динамика сброса воды из Туямойнского водохранилища умеренно-отрицательно коррелирует с изменением площади, занимаемой

поверхностными водными ресурсами и посевными площадями. Доказано, что динамика этого расходного потока сильно зависит от состояния изменений только на открытых участках почвы ($R=0,53$). Динамика расходов воды показала слабую зависимость от изменения площади населенных пунктов, пастбищ и водно-болотных угодий.

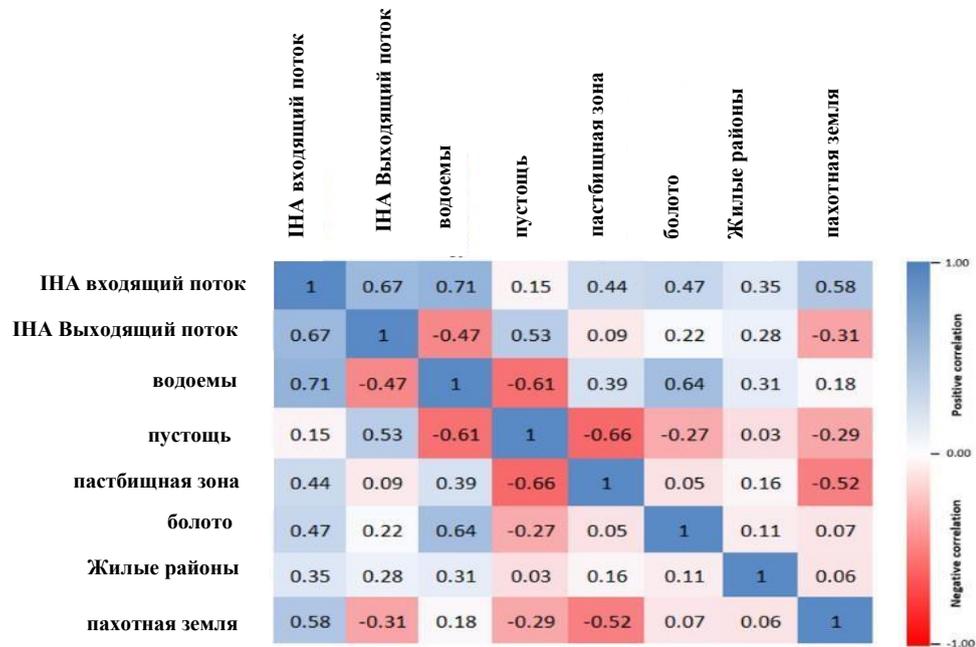


Рисунок 14. График зависимости изменения площади классов землепользования нижней части дельты Амударьи от динамики стока воды, поступающего и выходящего из Туямуюнского водохранилища

Стоит отметить, что расширение открытых земельных площадей на изучаемом объекте исследований приводит к сокращению площадей поверхностных водных ресурсов, пастбищ, пахотных земель и водно-болотных угодий. Напротив, увеличение площади поверхностных водных ресурсов оказывает сильное влияние на расширение пастбищ и водно-болотных угодий.

Для создания карты землепользования и растительности (биомассы) использовался Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

Значения NDVI рассчитывались следующим образом:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Здесь: NIR (near infrared band) — ближние инфракрасные лучи; RED (red band) - красный слой

Карты распределения биомассы были созданы с использованием LAI путем преобразования NDVI в нижней части дельты Амударьи (рисунок 15). Существует уравнение, связывающее индекс листовой поверхности (LAI), который считается основным показателем при создании карт растительности (биомассы), с NDVI:

$$LAI = 0,57 \times e(2,33 \times NDVI)$$

Для определения NDVI и LAI лучше всего проводить фотосъемку в конце весны и начале лета (май-июнь) — в это время деревья и травы наиболее зеленые.

Многофакторный анализ многолетней температуры воздуха, ИЗП, LAI и ET на типичных засушливых землях Узбекистана показал, что для восстановления экосистемы нижней дельты Амударьи необходимо увеличение плотности растительности и перевод открытых земель в пастбища. Это оказало значительное влияние на LAI.

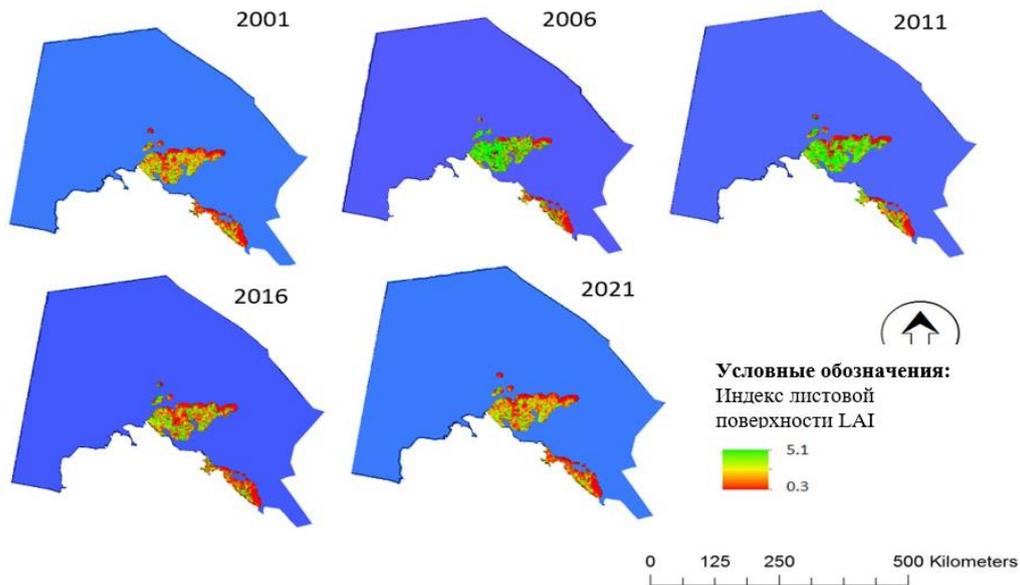


Рисунок 15. Карта LAI нижней части дельты Амударьи 2001-2021 гг. (Каракалпакстан)

Карты землепользования и растительного покрова, разработанные с использованием геоинформационных систем, помогли определить взаимосвязь между гидрологическим стоком и биомассой в нижней части дельты Амударьи. Результаты модели ИНА, обсуждаемые в разделе 3.3, показывают, что экологический поток важен для обеспечения устойчивости воды, биомассы и водно-болотных угодий. Из-за сокращения числа верхних ручьев снижается водопропускная способность, что приводит к потере пастбищ и водно-болотных угодий, что существенно снижает продуктивность биомассы.

ВЫВОДЫ

На основании исследований, проведенных для диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по теме «Оценка экологического стока для нижнего течения реки Амударья в условиях изменения климата», представлены следующие выводы:

1. Анализ теоретических и практических исследований показал, что при управлении водными ресурсами, особенно при распределении воды в

бассейнах рек, важно учитывать экологический сток для сохранения экосистем в нижнем течении реки;

2. Анализ проведенных исследований выявил, что для обеспечения сельского хозяйства Республики Каракалпакстан допустимым лимитом воды 90% величина стока, поступающего в нижнюю дельту Амударьи, должна быть не менее 60%. В дополнение к результатам, полученным при моделировании модели ИНА, доказано, что для обеспечения оптимального распределения воды необходимо обеспечить расход не менее 60% при реализации результатов на практике;

3. Анализ многолетних климатических данных показал наличие повышательных изменений, причем динамика прямой в месяцы с нулевыми значениями была несколько более резкой. Средние значения и значения стандартного отклонения, прикрепленные к верхней части каждого климатического графика, указывают на то, что роль климатических факторов в оценке экологического потока в динамике многолетних климатических данных и изменений, зарегистрированных в нижней дельте Амударьи, незначительна;

4. Показано, что индекс растительного покрова (LAI) не оказывает прямого влияния на оценку ET₀. Однако было установлено, что расширение LAI согласно классификациям землепользования Республики Каракалпакстан косвенно постепенно ускоряло темпы ET₀. ($R = \sim 0,6$). Это, в свою очередь, приводит к увеличению потребности биомассы в воде;

5. Мы видим, что объем сброса воды из Туямойинского водохранилища и его ГЭС из года в год менялся и несколько стабилизировался за последние 10 лет. Максимальное значение расхода наблюдалось в 2005 году и составило в среднем 1520 м³/сек, в том числе минимальный расход наблюдался в 2001 году, когда было получено около 420 м³/сек;

6. Результаты исследования показали, что за последние годы, в частности за 2015-2020 годы, сток реки Амударья снизился на 250-300 м³/с. Это означает, что увеличивается выделение воды на орошение сельскохозяйственных культур и хозяйственную деятельность человека. Для обеспечения устойчивости экологического стока в бассейне минимальный экологический сток в нижней дельте Амударьи рассчитывается в размере 350-400 м³/с;

7. В нижнем течении Амударьи резкое снижение биомассы наблюдалось в периоды низких уровней воды ниже 250 м³/с (низкий сток) ($R > 0,6$). В результате значения NDVI и LAI (площадь биомассы) снизились с 1,5–2,5 м²/м² в 2001 году до менее 0,5 м²/м² в 2021 году. Это свидетельствует о резкой деградации растительного покрова. Недостаток влаги привел к тому, что 27 400 км² пастбищ превратились в пустыню;

8. В период средней водности 350-500 м³/с (средний сток) в бассейне реки Амударья отмечено улучшение урожайности биомассы на возделываемых полях и водно-болотных угодьях. В результате значения LAI составили 4,5-5,1 м²/м², что свидетельствует о восстановлении

растительности. В этот период значения NDVI были выше 0,6, что указывает на увеличение растительного покрова.

9. Значительный прирост биомассы наблюдался на заболоченных участках и пастбищах в условиях, где при максимальной водности реки Амударья сток составлял более 700 м³/с. В периоды высоких паводков 1993 и 2005 гг. значения ИЛП достигали 5,5-6,0 м²/м², что способствовало восстановлению лесных насаждений и естественных пастбищ. Однако в 2005 году наводнения с интенсивностью более 4500 м³/с отрицательно повлияли на биомассу, повысили засоленность почв и стали причиной заболачивания пахотных земель. Это продемонстрировало необходимость сбалансированного управления экологическими потоками с учетом как положительного, так и отрицательного воздействия потоков выше по течению.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.18/30.11.2022.T.153.01 AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT RESEARCH INSTITUTE OF ENVIROMENT
AND NATURE CONSERVATION TECHNOLOGIES**

**BUKHARA INSTITUTE OF NATURAL RESOURCES MANAGEMENT
UNDER “TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND
AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS” NRU**

MAXMUDOVA UMIDA ZAKIRJANOVNA

**ENVIRONMENTAL FLOW ASSESSMENT FOR AMUDARYA RIVER DOWNSTREAM
UNDER CLIMATE CHANGE**

11.00.05 - Environmental protection and rational use of natural resources

**DOCTOR OF PHILOSOPHY IN TECHNICAL SCIENCES (PhD)
DISSERTATION ABSTRACT**

Tashkent - 2025

The theme of doctoral dissertation (PhD) technical science was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministry of the Republic of Uzbekistan with number B2024.3.PhD/T4994.

The doctoral dissertation has been prepared at Bukhara institute of natural resources management under "Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" National research university.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume) is placed on website (www.ecoilm.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: **Isaev Sabirjon Khusanbayevich**
doctor of agricultural sciences, professor

Official opponents: **Juliev Mukhiddin Komilovich**
doctor of biology sciences, associate professor

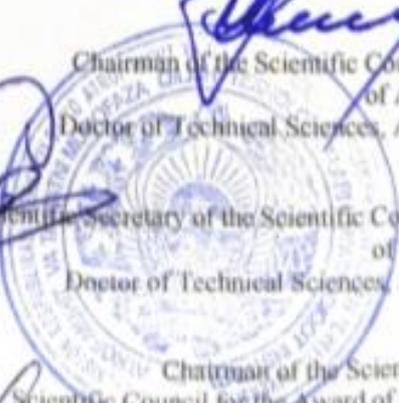
Ungalov Akmal Navruzovich
doctor of philosophy in technical sciences

Lead organization: **Tashkent State Agrarian University**

The defense will take place " 08 " 08 2025 at 10⁰⁰ at the meeting of one-time Scientific council at the Scientific council PhD.18/30.11.2022.T.153.01 at Research institute of environment and nature conservation technologies (Address: 100043, Tashkent, Bunyodkor Avenue, 7A. Tel: (99871) 277-89-63; Fax: (99871) 277-89-63, e-mail: eco_nii@umail.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information resource center of Research institute of environment and nature conservation technologies (registered with № 5) at the address: 100043, Tashkent, Bunyodkor Avenue, 7A. Tel: (99871) 277-89-63; Fax: (99871) 277-89-63, e-mail: eco_nii@umail.uz.

Abstract of dissertation was sent " 12 " 08 2025
(register of the distribution protocol № _____ from 12.08 2025)


B.A. Pulatov
Chairman of the Scientific Council for the award
of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

L.N. Samiev
Scientific Secretary of the Scientific Council for the Award
of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Sh.O. Murodov
Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the Award of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract to PhD thesis)

The purpose of the study is to improve the method for assessing the ecological flow for the lower reaches of the Amu Darya River, taking into account the water demand of irrigated lands and evapotranspiration.

Objectives of the study:

Analysis of practical and experimental results of methods for assessing and calculating ecological flows in rivers;

Improvement of the method for assessing ecological flows taking into account water demand, norms, and evapotranspiration in the river basin;

Determination of ecological flows in water distribution for the lower Amu Darya;

Development of the “Indicators of Hydrological Assessment (IHA)” method for the lower Amu Darya.

The object of the study is the lower Amu Darya (Republic of Karakalpakstan), climate change indicators, evapotranspiration, agriculture, ecological flows, and ecological indicators.

The subject of the study is climatic factors, the amount of water discharged from the Tuyamuyin reservoir, crop biomass, geoinformation systems and technologies, and the amount of evapotranspiration by type and development phase of crops.

The scientific novelty of the research is as follows:

The method of calculating the ecological flow was improved by providing 60% of the water flow in the distribution of water volume for the lower Amu Darya, taking into account the years of water availability (Q_{max} , Q_{min});

Considering the water flow from the Tuyamuyin reservoir, the expansion of land use and biomass (LAI) in the Republic of Karakalpakstan has indirectly accelerated the ET0 rate ($R \sim 0.6$). The method for calculating ecological flow has been improved, taking into account the increase in the water demand of biomass.

The “Indicators of Hydrological Alterations (IHA)” model for the lower Amu Darya River has been integrated, taking into account the amount of water in the river basin, its distribution, evaporation, water balance and environmental conditions.

It has been proven that the minimum ecological flow in the river basin should not be less than 350-400 m³/s, taking into account the increase in water allocation for irrigation of crops and human activities in the lower Amu Darya delta.

The practical results of the study are as follows:

In the case of the lower Amu Darya, the causes of climate change on the water flow and potential impact of the river basins on the environment were identified;

A land use and vegetation map was developed to model the water flow dynamics in the lower Amu Darya, and the volume of water flow and ecological flow rates for the future were estimated;

The importance of satellite imagery, remote sensing data, and geographic information technology (GIS) technologies for making rapid management decisions in areas with limited data in the basin where the network of monitoring stations is

insufficient to assess and predict the potential impact of climate change on the flow and environment was identified;

A generalized method for predicting changes in water dynamics in the lower Amu Darya basin was developed.

Implementation of the research results. Based on the results of the study on the assessment of the ecological flow for the lower Amu Darya under climate change conditions:

Taking into account the increase in water allocation for irrigation of crops and human activities in the lower Amu Darya delta, the minimum ecological flow was calculated to ensure the sustainability of the ecological flow in the basin (Reference No. 02/023-2611 of the Ministry of Agriculture dated on August 21, 2024). As a result, it was determined that for the lower Amu Darya it should not be less than 350-400 m³/s;

The critical value of the ecological flow was calculated and implemented for agricultural activities, which are the main economic sector of the Republic of Karakalpakstan, depending on water consumption. (Reference No. 01/010-3401 of the Ministry of Agriculture of the Republic of Karakalpakstan dated on September 18, 2023). As a result, it was proven that the amount of water consumption in the Republic of Karakalpakstan to ensure environmental protection and ecosystem stability by 90% is 60%;

Taking into account the amount of water in the river basin, its distribution, evaporation, water balance and environmental conditions, the “Indicators of Hydrological Alterations (IHA)” model was integrated and introduced into the irrigated areas of the Republic of Karakalpakstan and Khorezm region for the lower reaches of the Amu Darya. (Reference No. 01/010-3401 dated on September 18, 2023 to the Ministry of Agriculture of the Republic of Karakalpakstan). As a result, the amount of water in the irrigated areas of the Republic of Karakalpakstan and Khorezm regions was calculated, and the ecological flow in the river for the lower reaches of the Amu Darya was calculated and the distribution was modeled, which created an opportunity to quickly determine the water distribution.

Approbation of research results. The results of this research were discussed and approved at international, republican and university conferences, including 2 international and 3 republican scientific and practical conferences.

Publication of research results. The main scientific results of the dissertation prepared for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan on the topic of the dissertation were published in 9 articles in scientific publications recommended for publication, including 3 in republican and 6 in international journals.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YHATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Makhmudova U.Z. Long-term analysis of climatic factors of the lower delta of the Amudarya river // AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI ilmiy-amaliy jurnali. – Toshkent, 2024. - №1. - B. 122 – 126. (11.00.00; №3)

2. Makhmudova U.Z. A review on air temperature and precipitation of the Amudarya river basin // AGRO ILM jurnali. – Toshkent, 2023. - №6[95]. - B. 82 – 85. (11.00.00; №2)

3. Makhmudova U.Z., Khasanov S., Karimov A., Abdurakhmonov S. Evaluation of perennial reference evapotranspiration (ET_0) over a typical dryland using satellite images: a case study from Uzbekistan. – Ecohydrology & Hydrobiology (Q1), 2023. 23(3), 484-497, <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.03.006>. (www.Scopuc.com). (11.00.00; №16)

4. Makhmudova U.Z. Determining the Environmental Flow in the Cultivation of Agricultural Crops for the Lower Delta of the Amudarya River. – Lecture Notes in Networks and Systems, 2024. 733, 639-645, https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_63. (www.Scopuc.com)

5. Makhmudova U.Z., Karimov Y. Estimation of Evapotranspiration (ET_c) from Agricultural Land in the lower delta of the Amudarya River. – Lecture Notes in Networks and Systems, 2024. 733, 647-653, https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_64. (www.Scopuc.com)

II бўлим (II часть; II part)

6. Makhmudova U.Z., Matyakubov B., Goziev G. State of the inter-farm irrigation canal: In the case of Khorezm province, Uzbekistan. – International Conference. Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2021). E3S Web of Conferences, 2021. 258, 03022, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803022>.

7. Makhmudova U.Z., Aslanov I., Mukhtorov U., Mahsudov R., Alimova S., Djurayeva L., Ibragimov O. Applying remote sensing techniques to monitor green areas in Tashkent Uzbekistan. – International Conference. Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2021). E3S Web of Conferences, 2021. 258, 04012, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125804012>.

8. Djuraev A., Makhmudova U.Z., Khushvaktov T. Environmental flows in integrated sustainable water resource management in Tuyamuyin water reservoir, Uzbekistan. – International Conference. Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2021). IOP Conference

Series: Earth and Environmental Science, 2021. 937(3), 032024,
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/3/032024>.

9. Makhmudova U.Z. Quyi Tuyamo‘yin gidrouzeli hududidagi iqlim o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan ekologik muammolar // “Qishloq va suv xo‘jaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi an‘anaviy XX-yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning Respublika ilmiy – amaliy anjumani. - Toshkent, 2021. B. 493 – 497.



Bosishga ruxsat etildi: 25.07.2025-yil.
Bichimi 60x84^{1/16}, “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3.1. Adadi: 100. Buyurtma: № 72.
Tel (99) 817 44 54.
Guvohnoma reyestr № 219951
“PUBLISHING HIGH FUTURE” OK nashriyotida bosildi.
Toshkent sh., Uchtepa tumani, Ali qushchi ko‘chasi, 2A-uy.