

IQLIM O'ZGARISHI VA TUPROQ SHO'RLANISHI: O'ZBEKISTON SUG'ORMA DEHQONCHILIGI OLDDAGI YANGI MELIORATIV MUAMMOLAR

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23079429>

Bozorov Ma'rufjon Abdumalik o'g'li

QMKFB Suv kadastru muhandisi

Tel.:+99893-903-42-82

marufjonbozorov2@gmail.com

Narzullayev Quvonchbek Dilshod o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti talabasi

Tel.:+99894-339-02-11

Beg'amonov Oybek Davron o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti magistranti

Tel.:+99890-666-29-70

Annotatsiya

O'zbekistonning qurg'oqchil va keskin kontinental iqlim sharoitida qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining barqarorligi ko'p jihatdan sug'orish tizimlarining samarali ishlashiga bog'liq. Biroq global iqlim o'zgarishi natijasida havo haroratining ko'tarilishi, evapotranspiratsiyaning ortishi, qurg'oqchilik hodisalarining kuchayishi va daryo oqimining mavsumiy rejimidagi o'zgarishlar sug'oriladigan yerlarda mavjud meliorativ muammolarni murakkablashtirmoqda. Ayniqsa, suv tanqisligi bilan tuproq sho'rlanishining o'zaro kuchaytiruvchi ta'siri O'zbekiston sug'orma dehqonchiligi uchun strategik xavfga aylanmoqda. So'nggi ma'lumotlarga ko'ra, mamlakat sug'oriladigan qishloq xo'jaligi yerlarining qariyb 45–47 foizida turli darajadagi sho'rlanish qayd etiladi. Qishloq xo'jaligi esa mamlakat suv iste'molining qariyb 90 foizini tashkil etadi. Iqlim o'zgarishi ta'sirida O'zbekistonda mavjud suv resurslarining 30–40 foizgacha qisqarishi, shu bilan bir vaqtda irrigatsiya suviga talabning 25 foizga ortishi mumkinligi prognoz qilinmoqda.

Mazkur maqolada iqlim o'zgarishi va tuproq sho'rlanishi o'rtasidagi sabab-oqibat aloqalari, grunt suvlari sathi, evapotranspiratsiya, kollektor-drenaj tizimlari va sug'orish rejimining o'zaro ta'siri ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida kelajak melioratsiyasi faqat sho'r yuvish yoki drenaj tizimini ta'mirlash bilan chegaralanmasligi, balki suv-tuproq-iqlim tizimini yagona boshqaruv obyekti sifatida ko'radigan raqamli, differensial va iqlimga moslashuvchan yondashuvga o'tish zarurligi asoslandi.

Kalit so'zlar

Iqlim o'zgarishi, tuproq sho'rlanishi, sug'orma dehqonchilik, melioratsiya, evapotranspiratsiya, grunt suvlari, drenaj, suv tanqisligi, masofadan zondlash, O'zbekiston.

CLIMATE CHANGE AND SOIL SALINIZATION: EMERGING AMELIORATIVE CHALLENGES FOR IRRIGATED AGRICULTURE IN UZBEKISTAN

Abstract

The sustainability of agricultural production in Uzbekistan, characterized by an arid and sharply continental climate, largely depends on the performance of irrigation and drainage systems. However, rising air temperatures, increasing evapotranspiration, intensifying drought, and changes in seasonal river-flow regimes associated with climate change are aggravating existing land-reclamation problems. The interaction between water scarcity and soil salinization is becoming a particularly important strategic threat to irrigated agriculture. Recent estimates suggest that approximately 45–47% of Uzbekistan's irrigated agricultural lands are affected by different degrees of salinity, while agriculture accounts for about 90% of national water consumption. Climate-related changes may reduce available water resources by 30–40% while increasing irrigation demand by approximately 25%.

This paper synthesizes recent scientific evidence on the relationships between climate change, soil salinity, groundwater levels, evapotranspiration, irrigation practices, and drainage performance in Uzbekistan and the wider Central Asian region. Recent satellite-based evidence from the Amu Darya Basin indicates that total crop water consumption increased by approximately 10% between the late 1980s and late 2010s, while average water consumption per unit area increased by 18%, with climate change identified as the dominant driver. The study argues that future land reclamation policy should move beyond isolated leaching and drainage interventions toward integrated climate-smart management of the soil–water–groundwater system. Priority measures include groundwater control, improved drainage, precision irrigation, differentiated salt leaching, remote-sensing-based monitoring, soil organic matter management, salt-tolerant cropping systems, and digital water accounting.

Keywords

climate change, soil salinity, irrigated agriculture, land reclamation, evapotranspiration, groundwater, drainage, water scarcity, remote sensing, Uzbekistan.

Kirish

Tuproq shoʻrlanishi qurgʻoqchil va yarim qurgʻoqchil hududlarda sugʻorma dehqonchilik barqarorligini cheklovchi asosiy ekologik va agrotexnik omillardan biridir. Shoʻrlanish tuproq eritmasida oʻsimlik uchun zararli miqdorda eruvchan tuzlarning toʻplanishi bilan tavsiflanib, tuproqning suv-fizik xossalari, oʻsimliklarning suv va oziqa elementlarini oʻzlashtirishi, urugʻlarning unib chiqishi hamda hosildorlikka bevosita taʼsir qiladi. Tuz stressi oʻsimliklarda dastlab osmotik stressni yuzaga keltiradi, keyingi bosqichlarda esa Na^+ va Cl^- ionlarining ortiqcha toʻplanishi ion toksikligi va fiziologik muvozanatning buzilishiga olib keladi (Munns & Tester, 2008; van Zelm et al., 2020).

Muammo Oʻzbekiston uchun ayniqsa dolzarb. Mamlakat qishloq xoʻjaligining katta qismi tabiiy yogʻin hisobiga emas, balki Amudaryo va Sirdaryo havzalaridan olinadigan sugʻorish suvlari hisobiga shakllanadi. Jahon bankining 2025-yildagi bahosiga koʻra, qishloq xoʻjaligi Oʻzbekiston umumiy suv isteʼmolining qariyb 90 foizini tashkil etadi. Shu bilan birga, mamlakatdagi sugʻorish infratuzilmasining bir qismi eskirganligi sababli suvni tashish va taqsimlashda yoʻqotishlar saqlanib qolmoqda.

FAO va Oʻzbekistonning tegishli tashkilotlari keltirgan maʼlumotlarda sugʻoriladigan qishloq xoʻjaligi yerlarining taxminan 45 foizi shoʻrlanish taʼsirida ekani qayd etilgan. Ayrim zamonaviy masofadan zondlash tadqiqotlarida esa bu koʻrsatkich 46,6–47 foiz atrofida baholanadi. Raqamlardagi kichik tafovut monitoring yili, yer toifalari va shoʻrlanishni tasniflash metodikasining farqi bilan izohlanishi mumkin. Shunday boʻlsa-da, barcha manbalar muammoning milliy miqyosini tasdiqlaydi.

Ilgari tuproq shoʻrlanishiga, asosan, sugʻorish meʼyorining buzilishi, drenajning yetarli ishlamasligi, minerallashtirilgan grunt suvlarining yuza joylashuvi va tuproqning tabiiy xossalari bilan bogʻliq meliorativ muammo sifatida qaralgan. Hozirgi davrda esa bu tizimga yangi kuchli omil — iqlim oʻzgarishi qoʻshilmoqda.

Harorat koʻtarilishi atmosferaning bugʻlantirish talabini oshiradi. Natijada ekinlarning suvga ehtiyoji ortadi, tuproq sathidan bugʻlanish kuchayadi va kapillyar oqim orqali grunt suvlaridagi tuzlarning yuqori qatlamga koʻtarilish ehtimoli ortadi. Suv resurslari bir vaqtda kamayadigan sharoitda esa yetarli shoʻr yuvish meʼyorini taʼminlash qiyinlashadi. Shuning uchun iqlim oʻzgarishi va shoʻrlanish alohida ikki muammo emas, balki oʻzaro bogʻlangan **iqlim-suv-melioratsiya tizimi** sifatida tadqiq etilishi lozim.

Mazkur maqolaning maqsadi iqlim oʻzgarishining Oʻzbekiston sugʻoriladigan yerlaridagi shoʻrlanish jarayonlariga taʼsir mexanizmlarini aniqlash, yangi

meliorativ xavflarni tizimlashtirish hamda iqlim sharoitiga moslashgan zamonaviy boshqaruv yo'nalishlarini ilmiy asoslashdan iborat.

Tadqiqot materiallari va usullari

Maqola ilmiy-tahliliy sharh metodologiyasiga asoslangan. Tahlilda 2008–2026-yillarda nashr etilgan xalqaro peer-reviewed ilmiy maqolalar, FAO, Jahon banki va IPCC materiallari hamda O'zbekiston va Markaziy Osiyo sharoitida amalga oshirilgan masofadan zondlash va meliorativ tadqiqotlardan foydalanildi.

Tadqiqot quyidagi metodlar orqali amalga oshirildi:

- Ilmiy adabiyotlarni tizimli taqqoslash;
- Iqlim va meliorativ omillar o'rtasidagi sabab-oqibat aloqalarini tahlil qilish;
- Statistik ma'lumotlarni qiyosiy baholash;
- Tuproq-grunt suvi-sug'orish suvi tizimini konseptual tahlil qilish;
- Masofadan zondlash va gis tadqiqotlari natijalarini umumlashtirish;
- Iqlim xavfi asosidagi meliorativ boshqaruv modelini shakllantirish.

Maqolada yangi dala tajribasi natijalari keltirilmaydi. Ilmiy yangilik mavjud tadqiqot natijalarini **"iqlim o'zgarishi → evapotranspiratsiya → suv talabi → grunt suvlari va tuz balansi → tuproq sho'rlanishi"** zanjiri doirasida birlashtirib, O'zbekiston sharoiti uchun integratsiyalashgan meliorativ boshqaruv ustuvorliklarini aniqlashdan iborat.



Natijalar

Iqlim o'zgarishi va sug'orish suviga talabning ortishi

Markaziy Osiyo quruq iqlimli hudud bo'lganligi sababli global harorat o'zgarishlariga nisbatan yuqori sezgirlikka ega. Li va boshqalar (2020) tomonidan Markaziy Osiyo uchun bajarilgan model hisoblarida global isish 1,5 °C va 2,0 °C darajasiga yetganda mintaqadagi o'rtacha ekin suv talabi mos ravishda yiliga taxminan 13 va 19 mm ga ortishi prognoz qilingan. Farg'ona vodiysi kabi sug'orma

dehqonchilik rayonlarida 2 °C global isish sharoitida suv ta'minoti va ekin suv talabi o'rtasidagi tafovutning yanada kengayishi mumkinligi aniqlangan.

O'zbekiston uchun 2024-yilda CMIP5 va CMIP6 modellari asosida amalga oshirilgan tadqiqotda XXI asr o'rtalariga kelib haroratning ayrim SSP ssenariylarida 2–2,5 °C gacha ortishi ko'rsatilgan. 2080–2099-yillarda esa yozgi haroratning SSP2–4.5 bo'yicha 3–4 °C, SSP3–7.0 bo'yicha ayrim hududlarda 4–6 °C gacha yuqorilashi ehtimoli mavjud. Ushbu ssenariylar prognoz bo'lib, aniq kelajak haroratini emas, turli emissiya yo'llarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xavf diapazonini ifodalaydi.

IPCC ham Markaziy Osiyoda yozgi haroratning ortishi evapotranspiratsiyani kuchaytirishi va asrning ikkinchi yarmida qishloq xo'jaligi qurg'oqchiligi xavfini oshirishi mumkinligini qayd etadi.

Bu jarayonning O'zbekiston uchun eng muhim oqibati sug'orish suvi ehtiyojining ortishidir. Jahon banki bahosida muzlik va qor suvlaridan shakllanadigan oqimdagi o'zgarishlar, evapotranspiratsiya ortishi, yog'in rejimining beqarorlashuvi va qurg'oqchiliklar ta'sirida suv mavjudligi kelajakda 30–40 foizgacha kamayishi, irrigatsiya xizmatlariga talab esa taxminan 25 foiz ortishi mumkinligi ta'kidlangan.

Shunday qilib, kelajak melioratsiyasi paradoksal holat bilan to'qnashadi: **sho'rlangan tuproqni yaxshilash uchun ko'proq sifatli suv talab qilinadigan bir paytda, aynan shu suv resursining mavjudligi kamayishi mumkin.**

Amudaryo havzasida suv iste'molining o'zgarishi

2026-yilda *Communications Earth & Environment* jurnalida chop etilgan yirik masofadan zondlash tadqiqoti bu xavfning allaqachon shakllanayotganini ko'rsatadi. Tadqiqotchilar 1987–2019-yillarda Amudaryo havzasidagi sug'oriladigan ekin maydonlarining haqiqiy evapotranspiratsiyasini Landsat tasvirlari asosida baholagan.

1987–1990 va 2016–2019-yillar o'rtasidagi davrlar taqqoslanganda havza bo'yicha umumiy ekin suv iste'moli taxminan 10 foizga, birlik maydon hisobidagi o'rtacha suv iste'moli esa 18 foizga oshgani aniqlangan. Mualliflarning dekompozitsion tahliliga ko'ra, iqlim o'zgarishi suv iste'molining potensial 21 foizlik ortishiga hissa qo'shgan, yer foydalanishidagi o'zgarishlar esa uning atigi 3 foizini kompensatsiya qilgan.

Tadqiqotning yana bir muhim xulosasi shundaki, Amudaryoning quyi oqimlarida maksimal harorat va atmosferaning bug'lantirish talabi yuqori sur'atlarda ortgan. Xorazm, Qoraqalpog'iston va quyi oqimning boshqa sug'orma hududlari sayoz grunt suvlari, yuqori sho'rlanish hamda irrigatsiya infratuzilmasining zaifligi sababli yanada yuqori xavfga ega.

Demak, iqlim o'zgarishi sharoitida suvni tejaydigan ekinlarga o'tishning o'zi yetarli emas. Sug'orish texnologiyasi, drenaj, suv taqsimoti va grunt suvlari rejimi ham bir vaqtda modernizatsiya qilinishi zarur.

Iqlim o'zgarishi tuproq sho'rlanishini qanday kuchaytiradi?

Iqlim va sho'rlanish o'rtasidagi bog'lanishni quyidagi fizik zanjir orqali tushuntirish mumkin:

Harorat ↑ → evapotranspiratsiya ↑ → sug'orish talabi ↑ → tuproq namligi kamayishi ↑ → kapillyar ko'tarilish ↑ → suv bug'lanadi → tuzlar ildiz qatlamida qoladi → sho'rlanish ↑.

Agar grunt suvlari minerallashgan va yer yuzasiga yaqin bo'lsa, jarayon yanada jadallashadi. Suv tuproq kapillyarlari bo'ylab yuqoriga ko'tariladi. Suv bug'langach, undagi erigan tuzlar tuproq qatlamida qoladi.

Navoi viloyati sharoitidagi tadqiqotlarda intensiv sug'orish, minerallashgan suv, grunt suvlarining sayoz joylashuvi va yuqori evapotranspiratsiya Markaziy Osiyo pasttekisliklarida tuzlarning ustki tuproq qatlamlarida to'planishining asosiy sabablaridan ekanligi ko'rsatilgan.

Shimoli-g'arbiy O'zbekiston bo'yicha Hamidov, Khamidov va Ishchanov (2020) ham harorat ortishi ekin maydonlaridan evapotranspiratsiyani, sug'orish suviga talabni va natijada irrigatsiya yerlarining meliorativ holatiga bosimni kuchaytirishini ko'rsatgan.

O'zbekistonda sho'rlanishning hududiy xususiyatlari

Sho'rlanish butun mamlakat bo'yicha bir xil kechmaydi. Uning darajasi tuproqning mexanik tarkibi, geomorfologik sharoit, grunt suvlarining chuqurligi va minerallashuvi, drenaj ta'minoti, suv sifati va sug'orish texnologiyasiga bog'liq.

Qoraqalpog'iston va Amudaryoning quyi qismi ekologik jihatdan eng sezgir hududlar qatoriga kiradi. 2026-yilgi Amudaryo havzasi tadqiqotida qurg'oqchil yillarda quyi oqimlarda evapotranspiratsiya anomaliyalarining keskinligi va suv stressining yuqoriligi qayd etilgan.

Farg'ona vodiysida ham sho'rlanish muammosi turli shakllarda namoyon bo'ladi. Rishton tumani bo'yicha Landsat tasvirlari asosida 1993–2021-yillar uchun amalga oshirilgan tadqiqot tuproq sho'rlanishining vaqt va makonda sezilarli o'zgarishini ko'rsatgan.

Markaziy Farg'ona tuproqlarining kimyoviy tadqiqotida esa tekshirilgan sug'oriladigan tuproqlarda xlorid-sulfat tipidagi sho'rlanish aniqlangan va tuproq profilining chuqur qatlamlari hamda grunt suvlarida tuz miqdorining ortishi kuzatilgan.

Bu natijalar meliorativ tadbirlarni respublika bo'yicha yagona standart me'yor asosida emas, balki har bir gidrogeologik va tuproq-meliorativ rayon uchun alohida ishlab chiqish zarurligini ko'rsatadi.

Iqlim o'zgarishi sharoitidagi asosiy yangi meliorativ muammolar

Iqlim yoki xo'jalik omili	Meliorativ jarayon	Kutiladigan oqibat	Ustuvor boshqaruv chorasi
Haroratning ko'tarilishi	Evapotranspiratsiya ortadi	Tuproq namligi tez kamayadi, tuz konsentratsiyasi ortadi	Sug'orish muddatlarini ET asosida boshqarish
Suv tanqisligi	Sho'r yuvish suvi yetishmaydi	Ildiz qatlamida qoldiq tuzlar to'planadi	Differensial sho'r yuvish
Grunt suvining sayozlashuvi	Kapillyar suv ko'tarilishi	Ikkilamchi sho'rlanish	Drenaj va grunt suvlari monitoringi
Sug'orish suvining minerallashuvi	Tuproqqa qo'shimcha tuz kiradi	Tuz balansining musbatlashuvi	Suv sifatini doimiy monitoring qilish
Yuqori bug'lanish	Tuproq yuzasida tuz to'planishi	Urug' unishi va o'simlik rivojlanishi pasayadi	Mulchalash, organik modda, optimal namlik
Eskirgan kanallar	Filtratsion yo'qotish	Grunt suvining ko'tarilishi	Kanal va gidrotexnik inshootlarni modernizatsiya qilish
Monitoringning yetishmasligi	Muammo kech aniqlanadi	Meliorativ xarajatlar ortadi	GIS, Landsat/Sentinel va dala sensorlarini integratsiya qilish

Jadvaldan ko'rinadiki, suvni tejash va sho'rlanishga qarshi kurash har doim ham bir xil maqsad emas. Masalan, tomchilatib sug'orish suv sarfini kamaytirishi mumkin, ammo drenaj va davriy sho'r yuvish to'g'ri tashkil qilinmasa, namlanish konturining chetlarida tuzlarning lokal to'planishi yuz berishi mumkin. Shuning uchun suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish **"qancha suv tejandi?"** mezonini bilangina emas, **"ildiz qatlamining uzoq muddatli tuz balansi qanday o'zgardi?"** mezonini bilan ham baholanishi kerak.

Muhokama: Yangi avlod melioratsiyasi qanday bo'lishi kerak?

Drenaj tizimini iqlim xavfiga moslashtirish

O'zbekiston sharoitida sho'rlanishga qarshi kurashning asosiy muhandislik elementlaridan biri kollektor-drenaj tizimidir. Drenaj samaradorligi pasaysa, sug'orish natijasida grunt suvi ko'tarilib, ikkilamchi sho'rlanish xavfi ortadi.

Kelajakda drenaj tizimini boshqarishda faqat kollektorlarning mavjudligi emas, ularning haqiqiy suv olib chiqish qobiliyati, drenaj suvi minerallashuvi, grunt suvining kritik chuqurligi va mavsumiy dinamikasi hisobga olinishi kerak.

Har bir yirik sug'orish massivi uchun:

ECe – grunt suvi chuqurligi – grunt suvi minerallashuvi – evapotranspiratsiya – drenaj oqimi

ko'rsatkichlarini yagona raqamli monitoring tizimida birlashtirish maqsadga muvofiq.

Sho'r yuvishni differensial boshqarish

An'anaviy yondashuvda katta maydonlarga bir xil sho'r yuvish me'yori belgilanishi mumkin. Suv tanqisligi kuchayayotgan sharoitda bu iqtisodiy va gidrologik jihatdan samarasiz.

Kelajakda sho'r yuvish me'yorlari tuproqning elektr o'tkazuvchanligi – ECe, mexanik tarkibi, grunt suvining chuqurligi, mineralizatsiyasi, ekinning tuzga chidamliligi hamda sug'orish suvining sifatiga qarab aniqlanishi kerak.

Bunda sho'rlanmagan yoki kuchsiz sho'rlangan yerlarga ortiqcha suv berish kamayadi, yuqori xavfli maydonlarda esa resurslar maqsadli ishlatiladi.

Masofadan zondlash va sun'iy yo'ldosh monitoringi

Khasanov va boshqalar (2023) O'zbekiston bo'yicha 2000–2020-yillardagi ekin maydonlari va sho'rlanish o'zgarishini Google Earth Engine orqali monitoring qilgan. Tadqiqotda sun'iy yo'ldosh asosida tuzilgan sho'rlanish xaritalari aniqligi 74 foizdan yuqori bo'lgan. Bu natija texnologiyaning imkoniyatlarini ko'rsatishi bilan bir qatorda, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini dala o'lchovlari bilan kalibrlash zarurligini ham tasdiqlaydi.

Kelajak monitoring tizimida quyidagi axborot qatlamlari integratsiya qilinishi mumkin:

Landsat/Sentinel → sho'rlanish indeksleri → NDVI → yer yuzasi harorati → evapotranspiratsiya → grunt suvi kuzatuvlari → ECe dala tahlillari → GIS xavf xaritasi.

FAOning O'zbekistondagi Land Degradation Neutrality tashabbusi doirasida ishlab chiqilayotgan geoportal ham tuproq sifati, sho'rlanish, agroximik ko'rsatkichlar va boshqa yer degradatsiyasi indikatorlarini tizimli yig'ish imkoniyatini rivojlantirmoqda.

Tuproqning organik moddasi va fizik holatini yaxshilash

Sho'rlanishga qarshi melioratsiya faqat tuzni suv bilan yuvishga qaratilsa, muammoning biologik qismi e'tibordan chetda qoladi. Tuproqdagi organik moddaning oshirilishi agregatlarning barqarorligi, suv o'tkazuvchanligi va namni saqlash qobiliyatini yaxshilashi mumkin.

Mulchalash tuproq yuzasidan bevosita bug'lanishni kamaytirishi va kapillyar tuz ko'tarilishini cheklashga yordam beradi. Almashinuvchi natriy miqdori yuqori bo'lgan sodik tuproqlarda esa kimyoviy meliorantlar, jumladan gips, tuproq tahlili asosida qo'llanishi mumkin. Biroq gipsni barcha sho'rlangan yerlarga universal

yechim sifatida qo'llash ilmiy jihatdan to'g'ri emas: avvalo tuproq sho'r yoki sodik ekanligi aniqlanishi zarur.

FAOning 2024-yilgi global baholashida ham yaxshilangan drenaj, tegishli tuproq meliorantlari, tuzga chidamli o'simliklar va takomillashtirilgan monitoring sho'rlangan yerlarni boshqarishning asosiy yo'nalishlari sifatida ko'rsatilgan.

Ekin tarkibini iqlim va sho'rlanish xavfiga moslashtirish

Sho'rlangan hududlarda bir xil ekinlar tarkibini saqlash suvga bo'lgan bosimni kuchaytirishi mumkin. Ekinlarni joylashtirishda faqat iqtisodiy daromad emas, balki:

- Ekinning suv iste'moli;
- Tuzga chidamlilik chegarasi;
- Vegetatsiya davri;
- Mavjud suv ta'minoti;
- Tuproqning ece darajasi;
- Grunt suvining chuqurligi

birgalikda hisobga olinishi kerak.

Tuzga nisbatan chidamli navlar, almashlab ekish, qurg'oqchilikka mos ekinlar va suv mahsuldorligi yuqori bo'lgan ekin tizimlari meliorativ strategiyaning agrobiologik qismini tashkil etishi zarur.

Iqlimga moslashgan meliorativ boshqaruvning konseptual modeli

O'zbekiston sug'orma dehqonchiligi uchun kelajak boshqaruv tizimini uch bosqichda shakllantirish maqsadga muvofiq.

Birinchi bosqich – diagnostika. Har bir sug'orish massivida tuproq sho'rlanishi, ECe, grunt suvi chuqurligi va minerallashuvi, sug'orish suvi sifati, evapotranspiratsiya va drenaj holati bo'yicha boshlang'ich raqamli baza shakllantiriladi.

Ikkinchi bosqich – xavfni prognozlash. Meteorologik prognozlar, qurg'oqchilik indeksleri, ETo, sun'iy yo'ldosh tasvirlari va suv ta'minoti prognozi yordamida sho'rlanish xavfi mavsumdan oldin aniqlanadi.

Uchinchi bosqich – differensial boshqaruv. Sug'orish me'yori, sho'r yuvish hajmi, drenaj rejimi va ekin turi har bir maydonning meliorativ holati bo'yicha alohida belgilanadi.

Ushbu tizimning mohiyati muammo yuzaga kelganidan keyin unga qarshi kurashishdan **oldindan prognoz qilish va profilaktik boshqaruv** modeliga o'tishdir.

Bunda melioratsiya sohasi gidrotexnik inshootlarni ekspluatatsiya qilish bilan chegaralanmay, meteorologiya, gidrologiya, tuproqshunoslik, agronomiya,

masofadan zondlash va raqamli texnologiyalarni birlashtiruvchi multidissiplinar tizimga aylanadi

Xulosa

O'tkazilgan ilmiy tahlil O'zbekiston sug'orma dehqonchiligi sharoitida tuproq sho'rlanishi va iqlim o'zgarishi o'rtasidagi bog'liqlik tobora kuchayayotganini ko'rsatdi.

Birinchidan, sug'oriladigan yerlarning taxminan 45–47 foizida turli darajadagi sho'rlanish mavjudligi muammoning alohida xo'jalik yoki hudud emas, milliy oziq-ovqat va suv xavfsizligi masalasi ekanligini ko'rsatadi.

Ikkinchidan, haroratning ortishi va atmosferaning bug'lantirish talabi ko'payishi ekinlarning suvga ehtiyojini oshirib, suv tanqisligi bilan sho'rlanish o'rtasida ijobiy qayta aloqa mexanizmini shakllantirmoqda.

Uchinchidan, Amudaryo havzasida 1987–2019-yillarda birlik maydondagi ekin suv iste'molining 18 foizga ortgani va bu o'sishda iqlim o'zgarishining yetakchi rol o'ynagani mavjud irrigatsiya me'yorlarini tarixiy iqlim ko'rsatkichlariga asoslangan holda saqlab qolish kelajak uchun yetarli emasligini anglatadi.

To'rtinchidan, suv tanqisligi sharoitida sho'r yuvish uchun zarur qo'shimcha suvni ta'minlash imkoniyati kamayishi mumkin. Shu sababli yalpi sho'r yuvishdan tuproq va grunt suvi ma'lumotlariga asoslangan differensial melioratsiyaga o'tish zarur.

Beshinchidan, zamonaviy suv tejovchi sug'orish texnologiyalari kollektor-drenaj tizimi, grunt suvlari monitoringi va tuz balansini boshqarish bilan kompleks ravishda qo'llanilgandagina uzoq muddatli meliorativ natija beradi.

Oltinchidan, Landsat, Sentinel, GIS, Google Earth Engine, avtomatik gidropostlar va dala sensorlari asosida shakllantiriladigan monitoring tizimi sho'rlanishni yuzaga kelganidan so'ng qayd qilishdan uni oldindan prognoz qilish tizimiga o'tish imkonini beradi.

Shunday qilib, O'zbekiston sug'orma dehqonchiligining kelajakdagi barqarorligi **“ko'proq suv yetkazib berish” paradigmasidan “har bir kub metr suv va har bir gektar yerning suv-tuz balansini boshqarish” paradigmasiga o'tishni talab etadi.** Iqlimga moslashgan melioratsiya aynan suv resurslaridan samarali foydalanish, tuproq unumdorligini saqlash, sho'rlanish jarayonlarini nazorat qilish va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash o'rtasidagi muvozanatni yaratishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>.
2. van Zelm, E., Zhang, Y., & Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 71, 403–433. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100005>.
3. Hamidov, A., Khamidov, M., & Ishchanov, J. (2020). Impact of climate change on groundwater management in the northwestern part of Uzbekistan. *Agronomy*, 10(8), 1173. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081173>.
4. Li, Z., Fang, G., Chen, Y., Duan, W., & Mukanov, Y. (2020). Agricultural water demands in Central Asia under 1.5 °C and 2.0 °C global warming. *Agricultural Water Management*, 231, 106020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106020>.
5. Khasanov, S., Kulmatov, R., Li, F., van Amstel, A., Bartholomeus, H., Aslanov, I., Sultonov, K., Kholov, N., Liu, H., & Chen, G. (2023). Impact assessment of soil salinity on crop production in Uzbekistan and its global significance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 342, 108262. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108262>.
6. Turdaliev, A., Askarov, K., Abakumov, E., Makhkamov, E., Rahmatullayev, G., Mamajonov, G., Akhmadjonov, A., & Axunov, A. (2023). Biogeochemical state of salinized irrigated soils of Central Fergana (Uzbekistan, Central Asia). *Applied Sciences*, 13(10), 6188. <https://doi.org/10.3390/app13106188>.
7. Khamraliev, A., Mamatkulov, Z., Musaev, I., Saipova, B., Oymatov, R., & Mirjalolov, N. (2023). Soil salinity monitoring in irrigated areas of Rishtan District of Fergana Valley, Uzbekistan. *E3S Web of Conferences*, 386, 01010.
8. Rakhmatova, N., Nishonov, B. E., Kholmatjanov, B. M., Rakhmatova, V., Toderich, K. N., Khasankhanova, G. M., Shardakova, L., Khujanazarov, T., Ungalov, A. N., & Belikov, D. A. (2024). Assessing the potential impacts of climate change on drought in Uzbekistan: Findings from RCP and SSP scenarios. *Atmosphere*, 15(7), 866. <https://doi.org/10.3390/atmos15070866>.
9. Peña-Guerrero, M. D., Senay, G. B., Umirbekov, A., Tarasova, L., Rufin, P., Pulatov, B., et al. (2026). Climate change has increased crop water consumption in Central Asia despite less water-intensive cropping. *Communications Earth & Environment*, 7, 122.
10. Qadir, M., Quill  rou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P., & Noble, A. D. (2014). Economics of salt-induced land degradation

and restoration. *Natural Resources Forum*, 38(4), 282–295.
<https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>.

11. IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press.

12. IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.

13. FAO. (2024). *Global Status of Salt-Affected Soils*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

14. FAO. (2025–2026). *Land Degradation Neutrality and Sustainable Land Management in Uzbekistan*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

15. World Bank. (2025). *Uzbekistan to Modernize Its Irrigation Infrastructure with World Bank Support*. Washington, DC.

16. Khasanov, S. et al. (2023). Nationwide cropland and soil salinity assessment using Google Earth Engine in Uzbekistan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 342, 108262.