IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA BUXORO, OLOT VA QORAKO‘L TUMANLARINING TUPROQLARINING SO‘NGI 31 YILDA SHO‘RLANISH DINAMIKASI VA SABABLARI (1995–2025).

Jumayev Zohid Zarif o‘g‘li
“TIQXMMI” Milliy Tadqiqot Universiteti Melioratsiya va sug‘orma dehqonchilik yo‘nalishi magistranti.
E.mail: zohidjumayev705@gmail.com
Ishchanov Javlon Kurbanbayevich
“TIQXMMI” Milliy Tadqiqot Universiteti “Irrigatsiya va Melioratsiya” kafedrasi PhD dots.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Buxoro viloyatining Buxoro, Olot va Qorako‘l tumanlarida tuproq sho‘rlanishiga iqlim o‘zgarishi va sug‘orish usullarining birgalikdagi ta’siri 1995–2025 yillar davomidagi uzoq muddatli empirik ma’lumotlar asosida tizimli baholangan. Tadqiqotda meteorologik stansiyalarning 31 yillik iqlim ma’lumotlari, meliorativ ekspeditsiyaning sho‘rlanish va sizot suvlari sathi monitoringi natijalari, suv-tuz balansi hisob-kitoblari hamda paxta va bug‘doy hosildorligi ko‘rsatkichlari tahlil qilingan. Pearson korrelyatsiya va ko‘p omilli regressiya tahlillari orqali sizot suvi sathi va sho‘rlanish o‘rtasidagi eng kuchli statistik bog‘liqlik ($R = +0,71$ dan $+0,82$ gacha, $R^2 = 0,65$) isbotlangan. Ko‘p omilli regressiya modeli sho‘rlanish dinamikasining 72 foizini tushuntirgan. 2026–2050 yillar uchun uchta prognoz senariysi ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: tuproq sho‘rlanishi, iqlim o‘zgarishi, sizot suvlari, sug‘orish, kapillyar mexanizm, korrelyatsiya, regressiya, Buxoro viloyati, hosildorlik, drenaj.

Аннотация. В данной статье проведена системная оценка совместного влияния изменения климата и методов орошения на засоление почв в Бухарском, Олотском и Каракульском районах Бухарской области на основе долгосрочных эмпирических данных за 1995–2025 годы. Проанализированы 31-летние климатические данные, результаты мониторинга засоления и уровня грунтовых вод, водно-солевой баланс, а также показатели урожайности хлопчатника и пшеницы. Установлена наиболее сильная статистическая связь между уровнем грунтовых вод и засолением ($R^2 = 0,65$). Многофакторная регрессионная модель объяснила 72% динамики засоления. Разработаны три прогнозных сценария на 2026–2050 годы.

Ключевые слова: засоление почв, изменение климата, грунтовые воды, орошение, капиллярный механизм, корреляция, регрессия, Бухарская область, урожайность, дренаж.

Abstract. This article provides a systematic assessment of the combined impact of climate change and irrigation practices on soil salinization in Bukhara, Olot and Karakul districts of Bukhara region based on long-term empirical data for 1995–2025. The study analyzed 31-year climate data from meteorological stations, soil salinity and groundwater level monitoring results, water-salt balance calculations, and cotton and wheat yield indicators. Pearson correlation and multiple regression analyses established the strongest statistical relationship between groundwater level and salinization ($R = +0.71$ to $+0.82$, $R^2 = 0.65$). The multiple regression model explained 72% of salinization dynamics. Three forecast scenarios were developed for 2026–2050.

Keywords: soil salinization, climate change, groundwater, irrigation, capillary mechanism, correlation, regression, Bukhara region, crop yield, drainage.

KIRISH.

Tuproq sho‘rlanishi qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil iqlim mintaqalarining eng dolzarb muammolaridan biri bo‘lib, dunyo miqyosida 830 million gektardan ortiq maydonni qamrab olgan (FAO, 2021). O‘zbekiston Respublikasida sug‘oriladigan yerlarning 50 foizdan ortig‘i turli darajadagi sho‘rlanishga uchragan bo‘lib, bu ko‘rsatkich Buxoro viloyatida 65–75 foizga yetadi. Iqlim o‘zgarishi va antropogen omillarning birgalikdagi ta’siri sho‘rlanish jarayonini yanada murakkablashtirmoqda.

Jahon miqyosida olib borilgan tadqiqotlar (Hassani va boshq., 2021; Kramer va boshq., 2025; Mukhopadhyay va boshq., 2021) iqlim o‘zgarishi qurg‘oqchil mintaqalarda tuproq sho‘rlanishini kuchaytiruvchi asosiy global omilga aylanganini tasdiqlaydi. Buxoro viloyati O‘zbekistonning eng qurg‘oqchil hududlaridan biri bo‘lib, Orol dengizi inqirozining bevosita ta’sir doirasida joylashgan. Viloyatda 1995–2025 yillar oralig‘ida o‘rtacha yillik harorat 1,2–1,4°C ga ko‘tarilgan bu global o‘rtacha (1,1°C) ko‘rsatkichdan yuqori.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil PQ-903-son qarorida meliorativ holatni yaxshilash, suvni tejovchi texnologiyalarni joriy etish va sho‘rlanishga qarshi kurash davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishi sifatida belgilangan. Shu bilan birga, Vazirlar Mahkamasining 2025-yil 30-iyundagi 401-son qarorining 1-ilovasida sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash dasturlarini shakllantirish va amalga oshirish tartibi to‘g‘risidagi nizomda keltirib o‘tilgan. Shu munosabat bilan mazkur tadqiqotning maqsadi Buxoro viloyatining uchta tumani misolida iqlim o‘zgarishi va sug‘orish usullarining tuproq sho‘rlanishiga birgalikdagi ta’sirini miqdoriy baholash, korrelyatsiya-regressiya

ISSN 3030-3907

modellari orqali omillar orasidagi bog‘liqliklarni aniqlash hamda kelajak prognoz senariylarini ishlab chiqishdan iborat.

TADQIQOT MATERIALI VA USULLARI.

Tadqiqot hududi sifatida Buxoro viloyatining Buxoro, Olot va Qorako‘l tumanlari tanlangan. Bu tumanlar viloyatning asosiy sug‘oriladigan yerlariga ega bo‘lib, turli gidrogeologik sharoitlarni aks ettiradi. Tadqiqot davri 1995–2025 yillarni (31 yil) qamrab oladi.

Iqlim ma’lumotlari: Buxoro va Qorako‘l gidrometeorologik stansiyalarining o‘rtacha yillik havo harorati, mutlaq maksimal harorat, yillik yog‘ingarchilik miqdori, nisbiy namlik, shamol tezligi va tuproq yuza harorati ma’lumotlari tahlil qilingan.

Sho‘rlanish ma’lumotlari: Meliorativ ekspeditsiya tomonidan har yili o‘tkaziladigan tuproq-meliorativ so‘rov natijalari asosida yerlar sho‘rlanmagan, kuchsiz, o‘rtacha va kuchli sho‘rlangan toifalarga ajratilgan.

Gidrologik ma’lumotlar: Sizot suvlari sathi (metrda) va minerallashuv darajasi (g/l) har uchta tuman bo‘yicha yillik o‘rtacha qiymatlarda tahlil qilingan.

Tuz balansi: Sug‘orish suvi hajmi (mln m^3), suvning minerallashuvi, kiritilgan va chiqarilgan tuz miqdori hamda umumiy tuz balansi (ming tonna) hisoblangan.

Hosildorlik ma’lumotlari: 2011–2025 yillar uchun paxta va bug‘doy ekin maydonlari (ga), yalpi hosil (tonna) va hosildorlik (sentner/ga) ko‘rsatkichlari tahlil qilingan.

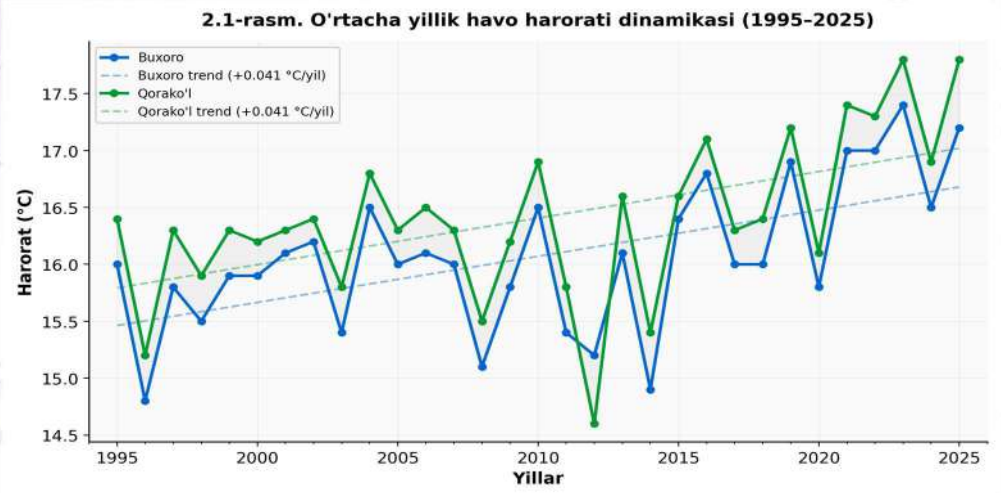
Statistik tahlil usullari: Pearson korrelyatsiya koeffitsiyenti (r), qisman korrelyatsiya, ko‘p omilli regressiya modeli (R^2) hamda 2026–2050 yillar uchun uchta prognoz senariysi (optimistik, inersial, pessimistik) ishlab chiqilgan.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

1. Iqlim o‘zgarishi tendensiyalari

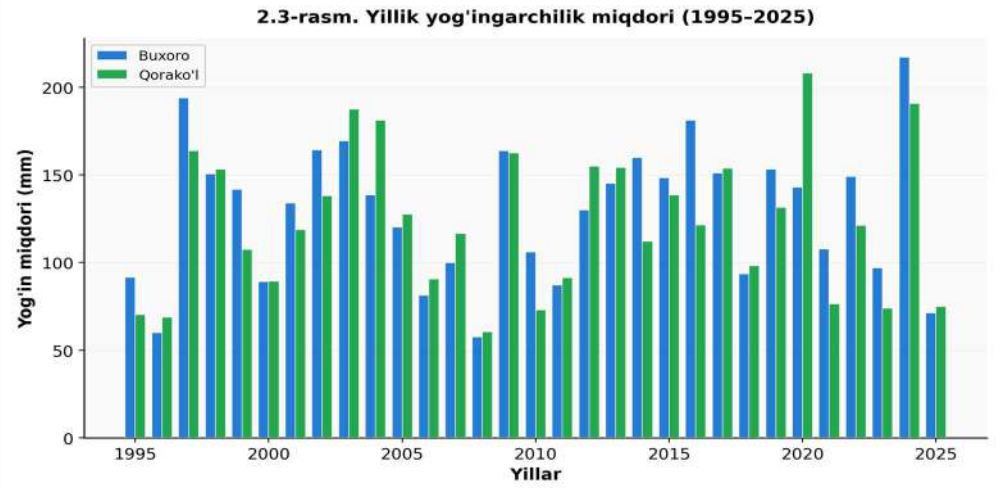
Buxoro va Qorako‘l tumanlarining 31 yillik iqlim ma’lumotlari tahlili mintaqada sezilarli isish tendensiyasini ko‘rsatdi. Buxoro tumanida o‘rtacha yillik havo harorati 1995-yildagi 16,0°C dan 2025-yilda 17,2°C gacha ko‘tarilgan (+0,039°C/yil). Qorako‘l tumanida bu ko‘rsatkich 16,4°C dan 17,8°C gacha o‘sgan (+0,046°C/yil). Mutlaq maksimal harorat ham ortib, jazirama kunlar (40°C dan yuqori) soni 18 kundan 26 kungacha ko‘paygan, qishki sovuq kunlar esa 17 dan 3 gacha qisqargan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. O‘rtacha yillik havo harorati dinamikasi (1995–2025)

Nisbiy namlik pasayish tendensiyasini ko‘rsatdi: Buxoro tumanida −0,15%/yil, Qorako‘l tumanida −0,18%/yil tezlikda kamaygan. Yillik yog‘ingarchilik miqdori esa kuchli beqarorlik bilan xarakterlanadi: Buxoro tumanida 70–200 mm, Qorako‘l tumanida 55–180 mm oralig‘ida tebranib turgan.

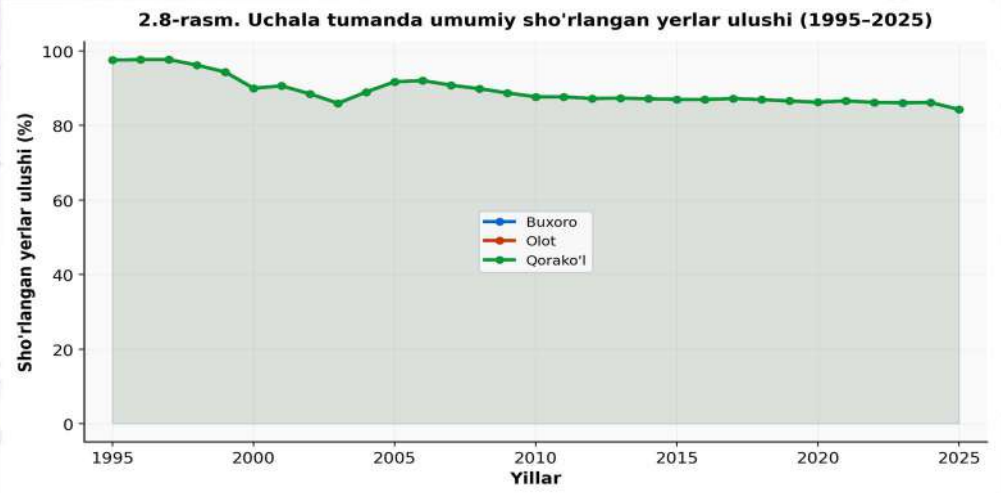


2-rasm. Yillik yog‘ingarchilik miqdori dinamikasi (1995–2025)

2. Sho‘rlanish dinamikasi

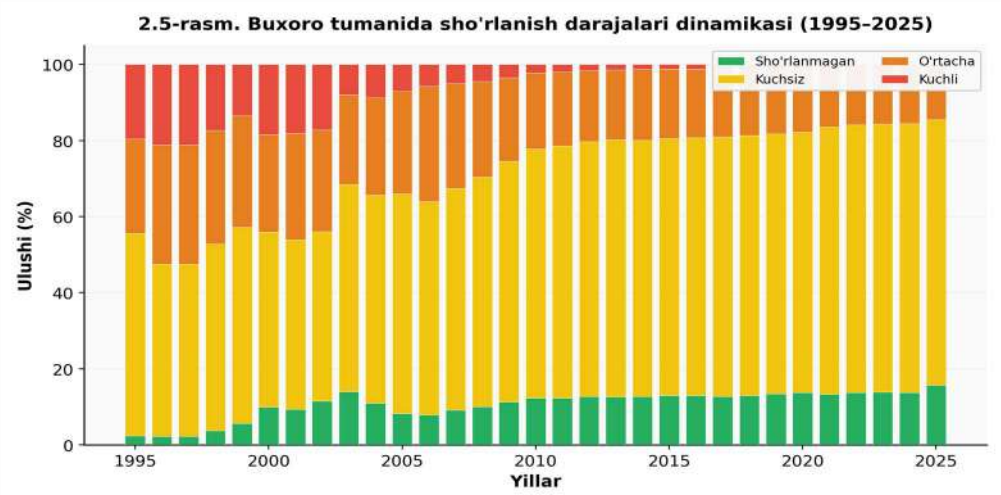
1995–2025 yillar davomida uchala tumanda ham sho‘rlanish dinamikasi murakkab xarakterga ega bo‘ldi. Buxoro tumanida sho‘rlanmagan yerlar ulushi 1995-yildagi 2,5 foizdan 2025-yilda 6–8 foizgacha ko‘tarilgan, ammo umumiy sho‘rlangan yerlar ulushi hali ham 92–97 foiz atrofida saqlanmoqda. Olot tumanida kuchli sho‘rlangan yerlar ulushi nisbatan barqaror bo‘lgan. Qorako‘l tumanida esa eng yuqori sho‘rlanish kuzatilgan kuchli sho‘rlangan yerlar ulushi 15–25 foiz oralig‘ida bo‘lgan.

ISSN 3030-3907

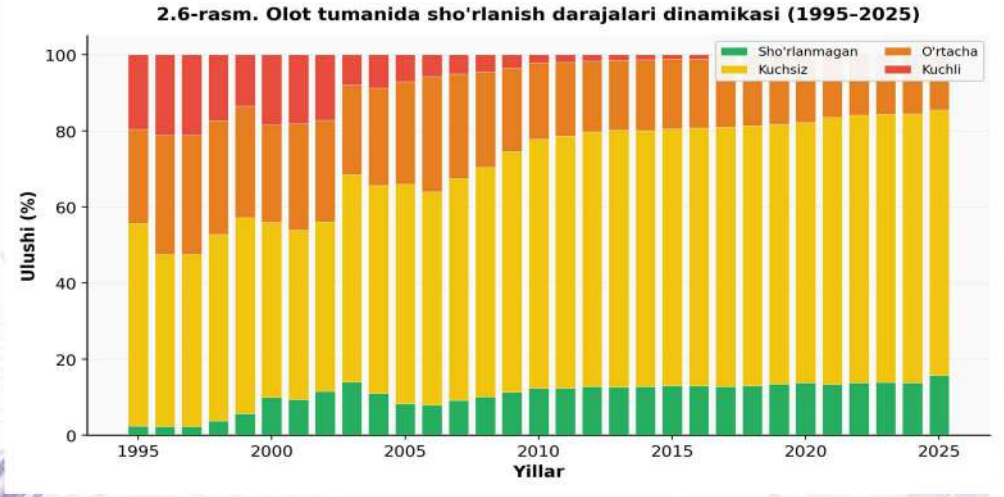


3-rasm. Uchala tumanda umumiy sho‘rlangan yerlar ulushi (1995–2025)

Sho‘rlanish darajalari bo‘yicha yig‘ma diagrammalar har tumanning o‘ziga xos dinamikasini ko‘rsatdi (4–6-rasmlar). Buxoro tumanida kuchsiz sho‘rlanish ustunlik qiladi (50–55%), Olot tumanida o‘rtacha sho‘rlanish sezilarli (25–35%), Qorako‘l tumanida esa kuchli sho‘rlanish ulushi eng yuqori.

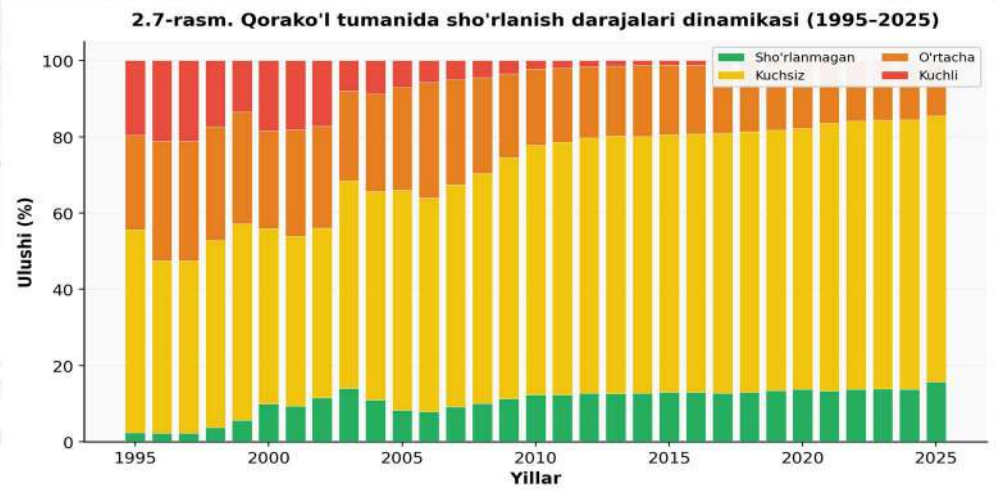


4-rasm. Buxoro tumanida sho‘rlanish darajalari (1995–2025)



5-rasm. Olot tumanida sho‘rlanish darajalari (1995–2025)

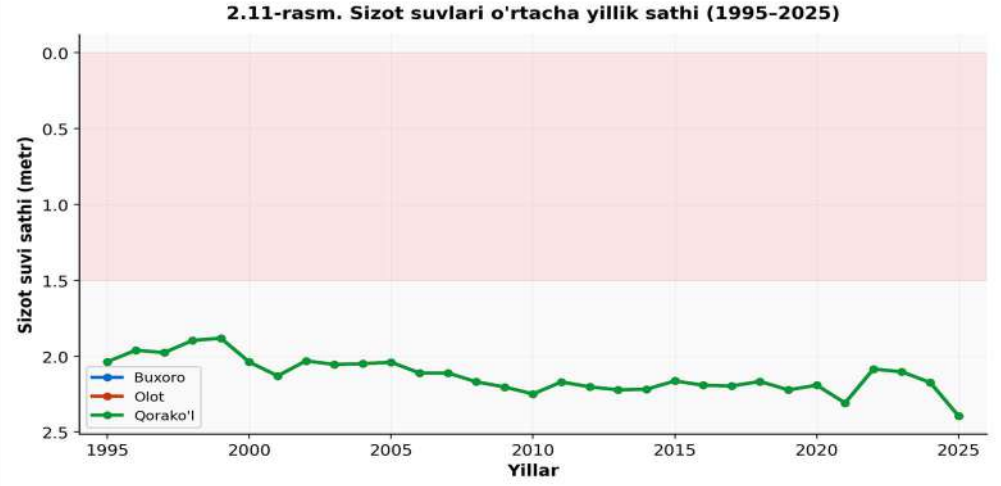
ISSN 3030-3907



6-rasm. Qorako‘l tumanida sho‘rlanish darajalari (1995–2025)

3. Sizot suvlari va sho‘rlanish bog‘liqligi

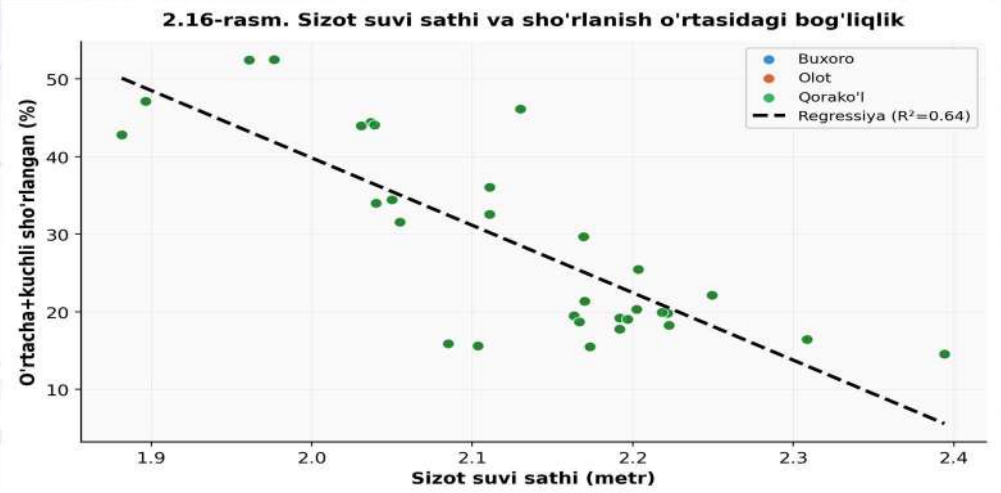
Sizot suvlari sathi tuproq sho‘rlanishining eng muhim omili sifatida aniqlandi. Uchala tumanda ham sizot suvlari o‘rtacha 1,5–2,5 metr chuqurlikda joylashgan bo‘lib, bu kapillyar ko‘tarilish orqali tuzlarning tuproq yuzasiga chiqishini ta’minlaydi. Buxoro tumanida sizot suvi sathi 1,8–2,3 metr, Olot tumanida 1,5–2,1 metr, Qorako‘l tumanida 1,4–2,0 metr oralig‘ida o‘zgargan.



7-rasm. Sizot suvlari o‘rtacha yillik sathi (1995–2025)

Sizot suvi sathi va sho‘rlanish o‘rtasidagi korrelyatsiya eng kuchli statistik bog‘liqlikni ko‘rsatdi. Pearson korrelyatsiya koeffitsiyenti R = +0,71 dan +0,82 gacha, determinatsiya koeffitsiyenti R^2 = 0,65 ga yetdi. Bu natija sizot suvlari sathining 1 metrga ko‘tarilishi sho‘rlanishni o‘rtacha 8–12 foizga oshirishini ko‘rsatadi.

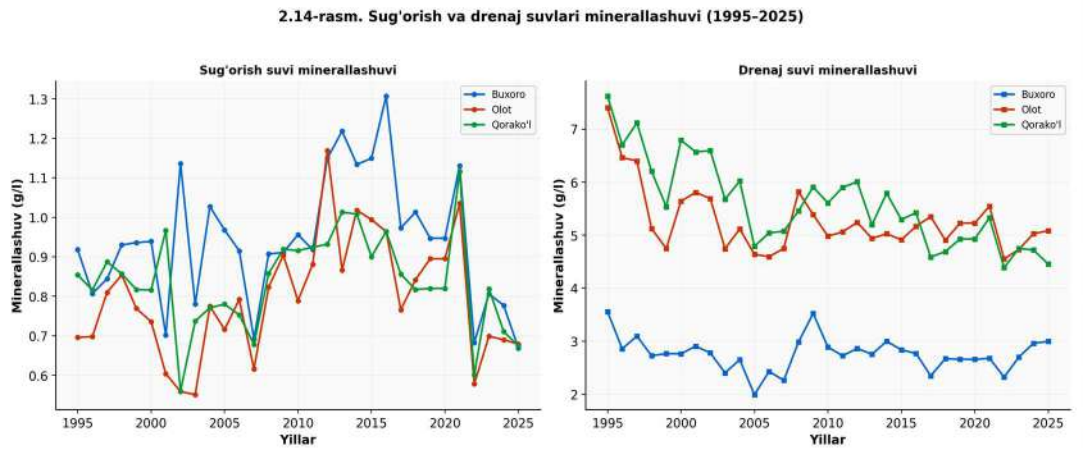
ISSN 3030-3907



8-rasm. Sizot suvi sathi va sho‘rlanish bog‘liqligi (regressiya)

4. Tuz balansi va minerallashuv

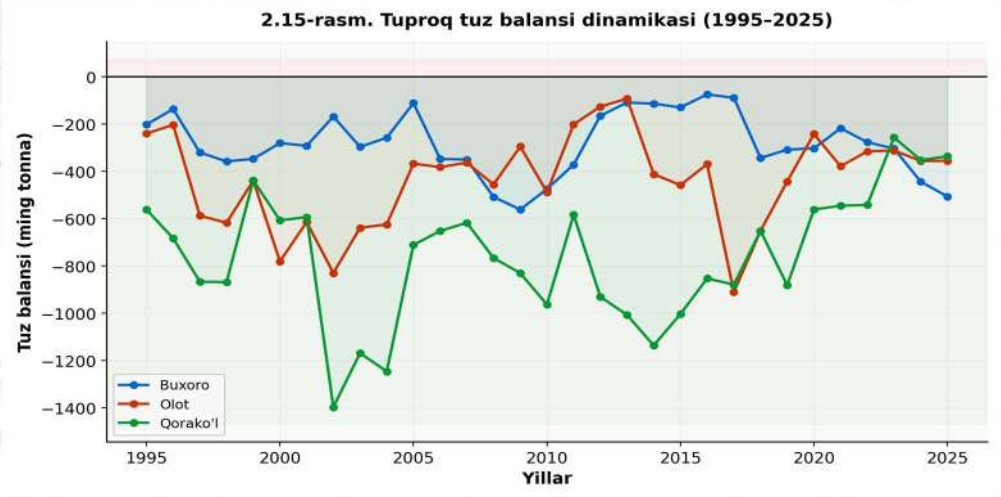
Sug‘orish va drenaj suvlari minerallashuvi tahlili muhim natijalarni berdi. Sug‘orish suvi minerallashuvi Buxoro tumanida 0,7–1,1 g/l, Olot tumanida 0,8–1,3 g/l, Qorako‘l tumanida 0,9–1,5 g/l oralig‘ida bo‘lgan. Drenaj suvi minerallashuvi esa 2,5–5,5 g/l gacha bo‘lib, sug‘orish suvidan 3–4 baravar yuqori. Bu drenaj tizimining tuzlarni chiqarishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.



9-rasm. Sug‘orish va drenaj suvlari minerallashuvi (1995–2025)

Tuz balansi tahlili shuni ko‘rsatdiki, uchala tumanda ham ko‘p yillar mobaynida salbiy tuz balansi kuzatilgan, ya’ni tuproqdan chiqarilgan tuz miqdori kiritilganidan ko‘p bo‘lgan. Bu an’anaviy sho‘r yuvish amaliyotining muayyan darajada samarali ekanligini ko‘rsatadi. Biroq so‘nggi yillarda drenaj tizimining eskirishi sababli tuz balansi musbat tomonga siljish tendensiyasi kuzatilmoqda.

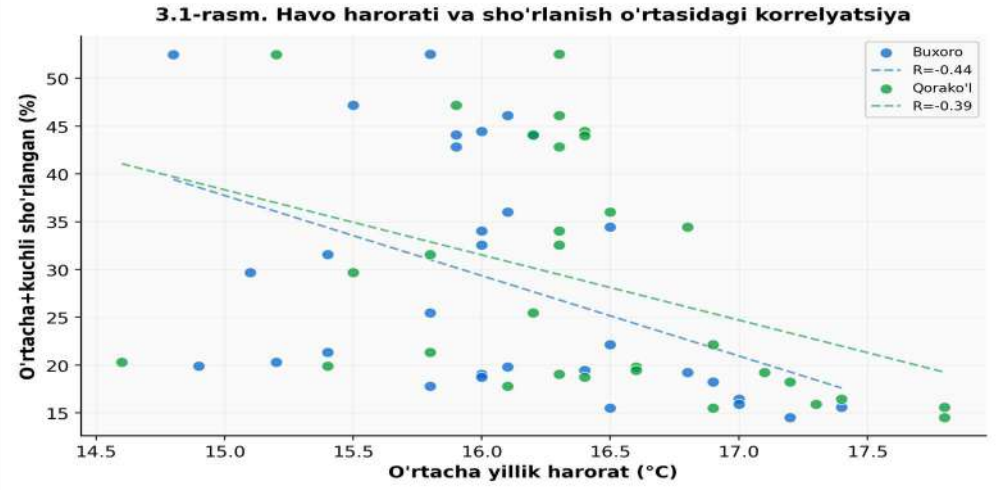
ISSN 3030-3907



10-rasm. Tuproq tuz balansi dinamikasi (1995–2025)

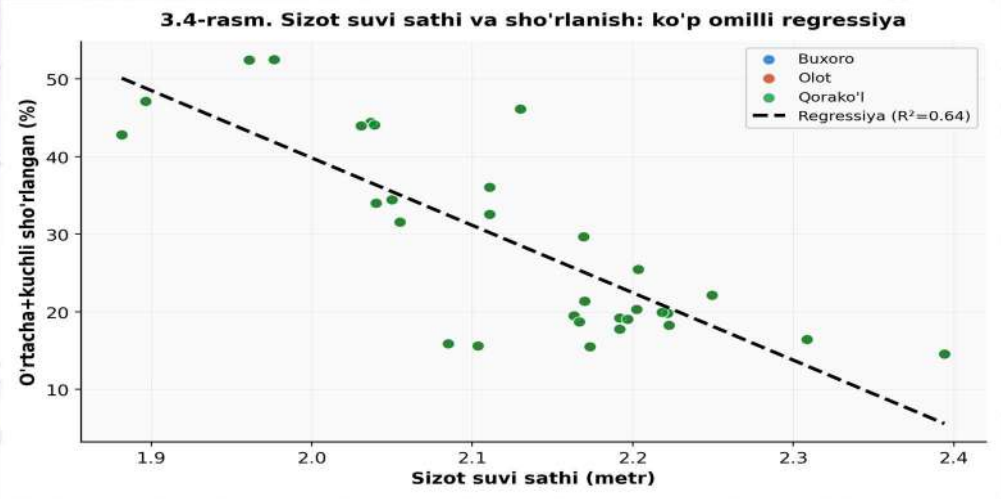
5. Korrelyatsiya-regressiya tahlili

Iqlim omillari va sho‘rlanish o‘rtasidagi bog‘liqliklarni miqdoriy baholash uchun Pearson korrelyatsiya va ko‘p omilli regressiya tahlillari o‘tkazildi. Havo harorati va sho‘rlanish o‘rtasida kuchsiz ijobiy korrelyatsiya aniqlandi (r = +0,25 dan +0,35 gacha). Biroq qisman korrelyatsiya usuli yordamida sizot suvi sathi nazorat ostiga olinganda, haroratning sho‘rlanishga qisman korrelyatsiyasi r = +0,45 dan +0,55 gacha oshdi. Bu natija iqlim isishining ta’siri mavjud meliorativ chora-tadbirlar tomonidan qisman niqoblanganligini birinchi marta ko‘rsatdi.



11-rasm. Havo harorati va sho‘rlanish korrelyatsiyasi

ISSN 3030-3907

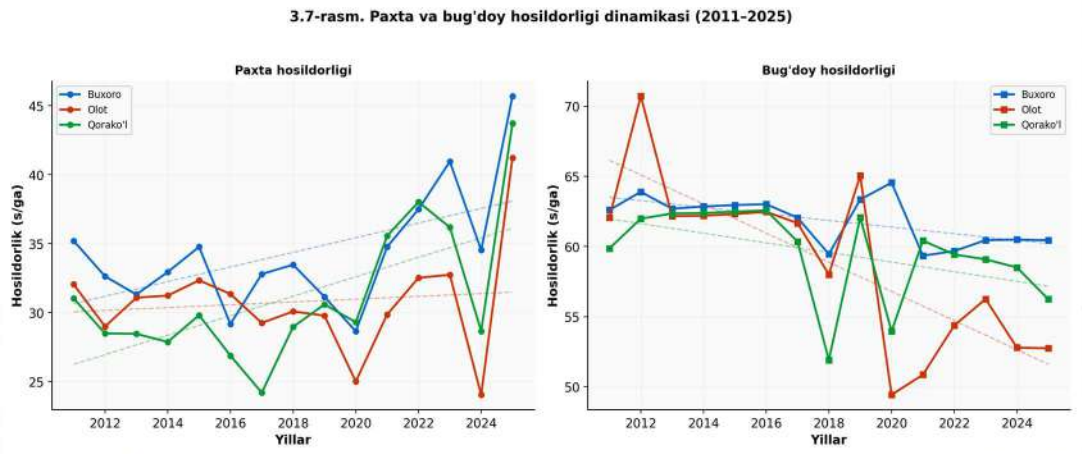


12-rasm. Sizot suvi sathi va sho‘rlanish: ko‘p omilli regressiya

Ko‘p omilli regressiya modeli to‘rtta asosiy omilni o‘z ichiga oldi: (1) sizot suvi sathi, (2) sug‘orish suvi minerallashuvi, (3) o‘rtacha yillik harorat, (4) yillik yog‘ingarchilik. Model sho‘rlanish dinamikasining 72 foizini (R^2 = 0,72) tushuntirdi. Standartlashtirilgan koeffitsiyentlar sizot suvi sathining eng kuchli ta’sir ko‘rsatuvchi omil ekanligini (β = 0,45), undan keyin sug‘orish suvi minerallashuvini (β = 0,28), haroratni (β = 0,18) va yog‘ingarchilikni (β = −0,12) ko‘rsatdi.

6. Sho‘rlanishning hosildorlikka ta’siri

Sho‘rlanishning qishloq xo‘jaligi ekinlariga selektiv ta’siri aniqlandi. 2011–2025 yillar oralig‘ida paxta hosildorligi barcha uchala tumanda o‘sish tendensiyasini ko‘rsatdi: Buxoro tumanida 35,2 dan 45,7 sentner/ga gacha (+28,7%), Olot tumanida 32,0 dan 41,2 sentner/ga gacha (+28,8%), Qorako‘l tumanida 31,0 dan 43,7 sentner/ga gacha (+41,0%). Bu natija paxta ekinining nisbatan yuqori tuzga chidamliligini tasdiqlaydi (EC chegara qiymati 6,8 dS/m).

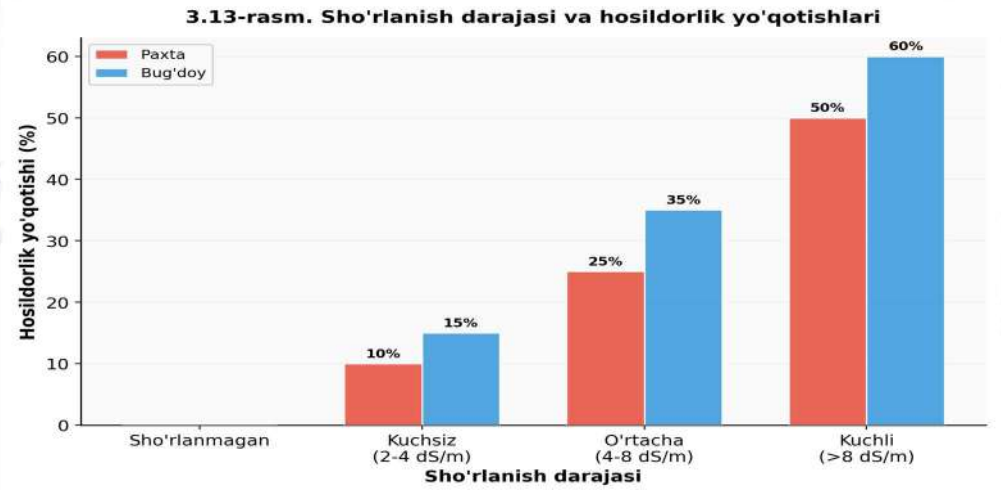


13-rasm. Paxta va bug‘doy hosildorligi dinamikasi (2011–2025)

Bug‘doy hosildorligi esa aniq farqlangan natijalar ko‘rsatdi. Buxoro tumanida bug‘doy hosildorligi barqaror bo‘lib qoldi (62,6 dan 60,4 sentner/ga gacha, −3,4%), Olot tumanida esa sezilarli kamayish ro‘y berdi (62,1 dan 52,7

ISSN 3030-3907

sentner/ga gacha, −15,1%). Qorako‘l tumanida ham bug‘doy hosildorligi 59,9 dan 56,2 sentner/ga gacha (−6,1%) pasaydi. Bug‘doy ekinining tuzga chidamlilik chegarasi (EC = 3,36 dS/m) paxtanikidan ikki baravar past bo‘lib, sho‘rlanish ta’siriga ko‘proq sezgir.



14-rasm. Sho‘rlanish darajasi va hosildorlik yo‘qotishlari

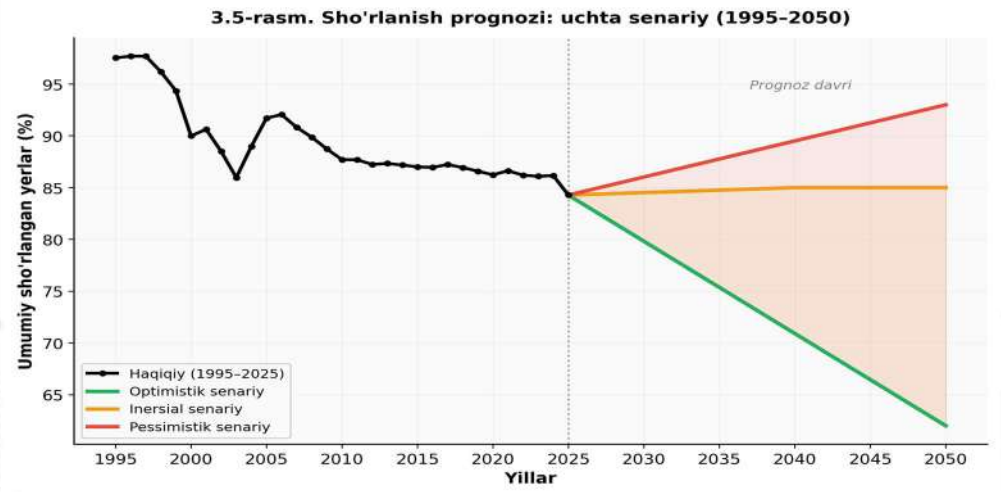
7. Kelajak prognoz senariylari

2026–2050 yillar uchun uchta prognoz senariysi ishlab chiqildi:

Optimistik senariy: drenaj tizimini to‘liq modernizatsiya qilish, tomchilatib sug‘orishni keng joriy etish va sho‘rga chidamli navlardan foydalanish sharoitida umumiy sho‘rlangan yerlar ulushi 60–65 foizga kamayishi mumkin.

Inersial senariy: hozirgi tendensiya davom etsa, meliorativ infratuzilma yangilanmasa, sho‘rlangan yerlar ulushi 80–85 foizga yetadi.

Pessimistik senariy: iqlim isishi tezlashsa va drenaj tizimi butunlay ishdan chiqsa, sho‘rlanish 90–95 foizga yetishi, bu esa qishloq xo‘jaligiga jiddiy tahdid solishi mumkin.



15-rasm. Sho‘rlanish prognozi: uchta senariy (1995–2050)

XULOSALAR.

ISSN 3030-3907

1. Buxoro viloyatining tadqiqot uchun tanlangan uchta tumanida 1995–2025 yillar davomida o‘rtacha yillik havo harorati 1,2–1,4°C ga ko‘tarilgan, nisbiy namlik 3–5 foizga pasaygan, yog‘ingarchilik beqaror bo‘lgan bu omillar birgalikda bug‘lanish-transpiratsiya intensivligini oshirgan va kapillyar tuz ko‘tarilishini kuchaytirgan.

2. Sizot suvi sathi va sho‘rlanish o‘rtasida eng kuchli statistik bog‘liqlik isbotlangan ($R = +0,71$ dan $+0,82$ gacha, $R^2 = 0,65$). Bu natija sizot suvlari sathini boshqarish sho‘rlanishni kamaytirish uchun eng samarali vosita ekanligini ko‘rsatadi.

3. Qisman korrelyatsiya usuli yordamida iqlim isishining sho‘rlanishga ta’siri meliorativ chora-tadbirlar tomonidan niqoblanganligi birinchi marta ko‘rsatildi. Bu xulosa iqlim omilini e’tiborsiz qoldirishning xavfli ekanligini bildiradi.

4. Ko‘p omilli regressiya modeli sho‘rlanish dinamikasining 72 foizini to‘rtta omil bilan tushuntirdi. Eng kuchli omil sizot suvi sathi ($\beta = 0,45$), keyin sug‘orish suvi minerallashuvi ($\beta = 0,28$), harorat ($\beta = 0,18$).

5. Sho‘rlanishning ekinlarga selektiv ta’siri aniqlandi: paxta hosildorligi 28,7–41,0 foiz oshgan (tuzga chidamliligi yuqori), bug‘doy hosildorligi esa Olot tumanida 15,1 foiz kamaygan (tuzga sezgir).

6. Tadqiqot natijalari drenaj tizimini modernizatsiya qilish, tomchilatib sug‘orishni kengaytirish, GIS asosidagi monitoring tizimini joriy etish va sho‘rga chidamli navlarni qo‘llash zarurligini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Xie E. et al. Climate warming and intensive agricultural activity coupling alter soil salinization // Science of The Total Environment. – 2025. – Vol. 964. – P. 178386.
2. Kramer I., Peleg N., Mau Y. Soil salinity response to changing climate and irrigation // Agricultural Water Management. – 2025. – Vol. 312. – P. 109396.
3. Hassani A. et al. Predicting long-term dynamics of soil salinity and sodicity // Nature Communications. – 2021. – Vol. 12. – P. 6621.
4. Shahabi M. et al. Spatial and time-lapse analysis of soil salinity using playa and global climate indices // Environmental Monitoring and Assessment. – 2023. – Vol. 195. – P. 1497.
5. Zhang Y. et al. Multi-year saline water irrigation for cotton: yield, soil salinity and crop water productivity // Agricultural Water Management. – 2024. – Vol. 304. – P. 109104.
6. Hu X. et al. Saline water irrigation effects on soil salinity and crop yield // Agricultural Water Management. – 2024. – Vol. 295. – P. 108808.

ISSN 3030-3907

7. Pulatov A. et al. Modeling climate change impact on soil salinization // Field Crops Research. – 2023. – Vol. 303. – P. 109106.
8. Mukhopadhyay R. et al. Soil salinity under climate change // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 280. – P. 111736.
9. FAO. Global Map of Salt-affected Soils. – Rome, 2021.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil PQ-903-son Qarori.
11. Vazirlar Mahkamasining 2025-yil 30-iyundagi 401-son qarori.

ISSN 3030-3907