

К.Б. Зулпыхаров^{1*}, **А.А. Токбергенова¹**, **Р. Салмұрзаұлы¹**,
А.А. Калдыбаев², **У.Б. Мухтаров¹**, **А.А. Асанбаева¹**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²«Институт Ионосфера» ЖШС, Алматы, Қазақстан

*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ ИРРИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ СУАРМАЛЫ ЕГІСТІК ЖЕРЛЕРІНІҢ МЕЛИОРАТИВТІК ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІ

Мақалада Түркістан облысындағы ирригациялық жүйелердің қазіргі техникалық жай-күйі және олардың суармалы егістік жерлердің мелиоративтік жағдайына тигізетін әсері қарастырылған. Зерттеу барысында негізгі суару және коллекторлық-дренаждық желілердің физикалық тозу деңгейі, гидротехникалық құрылыстардың пайдалану тиімділігі, сондай-ақ су беру режимдерінің топырақтың агро-мелиоративтік көрсеткіштеріне ықпалы талданды. Зерттеудің ақпараттық базасын көпжылдық архивтік материалдар, далалық бақылау деректері және қашықтан зондау мәліметтері құрады.

Зерттеу нәтижелері ирригациялық және коллекторлық-дренаждық жүйелердің техникалық жағдайының қанағаттанарлықсыз болуына байланысты Түркістан облысындағы суармалы жерлердің жыл сайын шамамен 10-15% пайдаланылмай келеді. Атап айтқанда, суармалы алқаптардың 1,5-3%-ы өте күшті тұздануға, 4-5,6%-ы су тапшылығына, 1,5-2%-ы жерасты сулары деңгейінің шектен тыс (2 м-ден жоғары) көтерілуіне немесе батпақтануға, ал 5,6-7%-ы суару жүйелерінің тозуына және өзге де қаржылық-техникалық факторларға байланысты пайдаланылмай отыр.

Алынған нәтижелер ирригациялық жүйелердің техникалық тозуы топырақтың тұздану және батпақтану үдерістерінің күшеюіне, жерасты сулары деңгейінің жоғарылауына және суармалы егістік жерлердің өнімділігінің төмендеуіне әкелетінін айқындады. Зерттеу қорытындылары өңірдегі суару жүйелерін жаңғырту, су ресурстарын тиімді басқару және суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын жақсарту бойынша ғылыми-практикалық ұсынымдар әзірлеуге негіз бола алады.

Түйін сөздер: ирригациялық жүйелер, коллекторлық-дренаждық жүйелер, тұздану, Мырзашөл суармалы массиві, Қызылқұм суармалы массиві.

K.B. Zulpykharov^{1*}, A.A. Tokbergenova¹, R. Salmurzauly¹,
A.A. Kaldybayev², U.B. Mukhtarov¹, A. A. Assanbayeva¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²LLP "Institute of Ionosphere", Almaty, Kazakhstan

*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

Technical condition of irrigation systems of Turkestan region and their impact on the reclamation state of irrigated arable land

This article examines the current technical condition of irrigation systems in the Turkestan oblast and their impact on the meliorative status of irrigated agricultural lands. The study analyzes the degree of physical deterioration of the main irrigation and collector–drainage networks, the operational efficiency of hydraulic structures, as well as the influence of water delivery regimes on soil agromeliorative indicators. The information base of the research includes long-term archival materials, field observation data, and remote sensing data.

The results of the study show that due to the unsatisfactory technical condition of irrigation and collection and drainage systems, about 10-15% of irrigated land in the Turkestan region is unused annually. In particular, 1.5-3% of irrigated areas are affected by severe salinization, 4-5.6% experience water shortages, 1.5-2% are subject to excessive groundwater level rise (above 2 m) or waterlogging, while 5.6-7% are not utilized due to the deterioration of irrigation systems and other financial and technical constraints.

The findings demonstrate that the technical degradation of irrigation systems leads to intensified soil salinization and waterlogging processes, rising groundwater levels, and, consequently, a decline in the productivity of irrigated agricultural lands. The conclusions of the study provide a scientific basis for developing practical recommendations aimed at modernizing irrigation systems, improving water resource management, and enhancing the meliorative condition of irrigated lands in the oblast.

Keywords: irrigation systems, collector–drainage systems, soil salinization, Myrzashol irrigated massif, Kyzylkum irrigated massif.

К.Б. Зулпыхаров^{1*}, А.А. Токбергенова¹, Р. Салмұрзаұлы¹,
А.А. Калдыбаев², У.Б. Мухтаров¹, А.А. Асанбаева¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²ТОО «Институт ионосферы», Алматы, Казахстан

*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

Техническое состояние ирригационных систем Туркестанской области и их влияние на мелиоративное состояние орошаемых пахотных земель

В статье рассматривается современное техническое состояние ирригационных систем Туркестанской области и их влияние на мелиоративное состояние орошаемых сельскохозяйственных земель. В ходе исследования проанализированы уровень физического износа основных оросительных и коллекторно-дренажных сетей, эффективность эксплуатации гидротехнических сооружений, а также влияние режимов водоподачи на агро-мелиоративные показатели почв. Информационную базу исследования составили многолетние архивные материалы, данные полевых наблюдений и материалы дистанционного зондирования Земли.

Результаты исследования показывают, что в связи с неудовлетворительным техническим состоянием ирригационных и коллекторно-дренажных систем ежегодно не используется около 10–15% орошаемых земель Туркестанской области. В частности, 1,5–3% орошаемых площадей характеризуются сильной степенью засоления, 4–5,6% дефицитом водообеспечения, 1,5–2% чрезмерным подъёмом уровня грунтовых вод (выше 2 м) или заболачиванием, а 5,6–7% не используются вследствие износа оросительных систем и иных финансово-технических факторов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что технический износ ирригационных систем приводит к усилению процессов засоления и заболачивания почв, повышению уровня грунтовых вод и, как следствие, снижению продуктивности орошаемых сельскохозяйственных земель. Выводы исследования могут быть использованы при разработке научно-практических рекомендаций по модернизации оросительных систем, рациональному управлению водными ресурсами и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель региона.

Ключевые слова: ирригационные системы, коллекторно-дренажные системы, засоление почв, Мырзашольский орошаемый массив, Кызылкумский орошаемый массив.

Кіріспе

Топырақтың тұздануы мен батпақтануы – ауыл шаруашылығы мен табиғи экожүйелерге ауқымды әсер ететін негізгі экологиялық мәселелер (Zaghloul et al., 2020; Singh, 2021; Zhang, 2023; Cisse et al., 2024). Қазіргі таңда әлемдегі ауыл шаруашылығында пайдаланылатын жер ресурстарының шамамен 20%, ал суармалы жерлердің 33% топырақ жамылғысы тұздануға ұшырап, 2050 жылға қарай дүние жүзіндегі жалпы егістік жерлерінің 50% астамы тұзданады деген болжам бар (Shrivastava et al., 2015; Pitman & Läuchli, 2002; Jamil et al., 2011). Сол сияқты, әлемдегі суармалы егістік жерлерінің шамамен 10–15% батпақтануға ұшыраған (Tian et al., 2021). Аталған мәселелер, әсіресе жауын-шашын мөлшерінің аздығы, буланудың жоғары

деңгейі және суару жүйелерінің қарқынды қолданылуы топырақтың деграациялық үдерістерін күшейтетін құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда кеңінен таралған (Hagage et al., 2024; Singh, 2021; Pitman & Läuchli, 2002;).

Суармалы жерлердегі топырақтың деграацияға ұшырауына себепші болатын факторлар көпқырлы және олар бір-бірімен өзара тығыз байланысты. Топырақтың тұздануы үгілу үрдістері, минералданған жер асты суларының жер бетіне жақын орналасуы және т.б сияқты табиғи жағдайлардың әсерінен қалыптасуы мүмкін (Askri et al., 2022, Greene et al., 2016). Алайда, ирригациялық жүйелердің дұрыс орналастырылмауы, суару әдістерінің дұрыс жүргізілмеуі, дренаж жүйелерінің жеткіліксіздігі және сапасы төмен суару суларының пайдаланылуы сияқты бірқатар антропогендік әрекеттер бұл үр-

дісті едәуір күшейтеді (Singh, 2021; Khalil et al., 2021). Аталған мәселелер әлемдегі ең ірі суармалы егіншілікпен айналысатын аймақтардың бірі құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда орналасқан Орталық Азияда айқын көрініс тапқан. Бұл аймақта суармалы ауыл шаруашылығы кенінен таралған және аймақтың тұщы су ресурстарын пайдаланудың шамамен 90 %-ын құрайды (Rakhmatullaev et al., 2013). Тарихи тұрғыдан алғанда, аймақтағы ауыл шаруашылығында суды пайдалану тиімсіздігімен сипатталады, бұл бір жағынан суарудың тиімсіз әдістерімен, екінші жағынан ескірген және тиісті деңгейде күтім жасалмайтын суару каналдары инфрақұрылымының салдарынан болатын судың елеулі тасымалдау шығындарымен байланысты (Bekchanov, 2024).

2024 жылғы жайғдай бойынша Қазақстанның жалпы егістік жерлерінің ауданы 27 089,4 мың га (93,3%) болса, оның 1 815,7 мың га (6,7%) ғана суармалы жерлерді құрайды. Алайда, жалпы еліміздегі егістік жерлерден түсетін табыстың 45% жуығы суармалы жерлердің үлесіне тиісті. Ал, жалпы республикадағы егістік жерлердің 25% астамы біздің зерттеп отырған, яғни Түркістан облысына тиесілі (АШМ ЖРБК жылдық талдамалы есебі, 2023). Соңғы зерттеулер көрсеткендей, зерттеу аумағындағы суармалы алқаптардың 30 % жуығы әртүрлі дәрежеде тұздануға ұшыраған. 2023 жылы облыстағы жалпы 543 058 га суармалы жерлердің 8 312 га тұздану, 600 га жер асты суының көтерілуі (батпақтану), 19 545 га су жетіспеушілігі және 30 641 га басқада себептерге байланысты (суару жүйелерінің техникалық жағдайы) пайдаланылмаған.

Түркістан облысындағы суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайының өзгеруі тарихи суармалы жерлерді игеру кезінде суару жүйелерінің тиімсіз ұйымдастырылуымен тікелей байланысты. Бұл келесідей 4 кезеңмен сипатталады (Tokbergenova et al., 2023; Мороз, 1993):

1928-1950 жылдары алғашқы суармалы жерлерді игеру кезеңі, бұл кезеңде су ресурстары шектеусіз болып, су нормасы 1,5-2,0 есе артық пайдаланылды. Нәтижесінде Мырзашөл және Қызылқұм суармалы массивтеріндегі минералданған жер асты суларының деңгейі 12-,15 м тереңдіктен 3-4 м дейін көтерілген.

1950-1970 жылдары қажетті коллектор-дренаж жүйелерін салусыз жаңа суармалы жерлерді игеру қарқынды жалғастырылды. Суару нормасы 12–20 мың м³/га-дан 10–12 мың м³/га-ға дейін төмендеді. Тұздардың келуі шығыстан 2,4–2,5 т/га артық болды. Нәтижесінде, 50–55% жерлер

орташа және күшті тұзданған болды. 1955–1965 жылдар аралығында мақта өнімділігі 28–30 ц/га-дан 17–24 ц/га-ға дейін төмендеді.

1968-1992 жылдары коллектор-дренаж жүйелерін дамыту, тұзданумен күрес шаралары іске асылырды. 1975-1980 жылдары Мырзашөл суармалы алқабында 830 вертикальды дренаж ұңғымасы салынды. Нәтижесінде, жер асты суларының деңгейін жыл мезгілдеріне қарай 1,5 м-3,5 м дейін реттелді және аумақтағы 80-85 % суармалы жерлер тұзданбаған және әлсіз тұзданған категорияларға өтті.

1991 жылдан кейінгі кезең, яғни ұжымшарлар мен кеңшарлардың ұсақ шаруа қожалықтары мен кооперативтерге айналуы. Көптеген фермерлер агротехникалық шараларды дұрыс орындамады, соның нәтижесінде топырақтың тұздануы мен құнарлылығының төмендеуі байқалды.

1990-2023 жылдардың аралығында Мырзашөл суармалы алқабындағы вертикальді дренаждардың саны 830-дан 377-ге дейін азайды. Ал, облыстағы күшті және өте күшті тұзданған жерлердің ауданы 1995-2023 жж аралығында 12 мың гектардан 40,3 мың га немесе 3,7 %-дан 8 % дейін артты. Алайда, соңғы жылдары облыстағы суармалы жерлерді тиімді пайдалану мақсатында және тұздану үрдістерінің алдын алу мен тұзданған жерлерді қалпына келтіру бойынша бірнеше бағдарламалар іске асырылуда. Атап айтқанда, «Ирригация және дренаж жүйелерін жетілдіру жобасы» (ИДЖЖЖ), «Су ресурстарын басқару мен жерді қалпына келтіру жобасы (СРБЖҚЖ) және т.б. Аталған жобалар аясында қазіргі таңда бірнеше негізгі ирригациялық жүйелер (каналдар, қашыртқылар және т.б.) коллекторлық-дренаждық жүйелер қалпына келтірілуде. Зерттеу жұмысының мақсаты – облыстағы ирригациялық жүйелердің техникалық жағдайына талдау жасай отырып, олардың суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайына әсерін бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны

Түркістан облысы Қазақстан Республикасының қиыр оңтүстігінде орналасқан (40°34'04"–46°00'13" с.е., 65°59'44"–70°56'43" ш.б.) және ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер ресурстарына бай, республиканың жетекші аграрлық өңірлерінің бірі болып табылады. Облыстың жалпы жер қоры 10 041,7 мың га құрайды. Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің жалпы ауданы 10 042,4 мың га, оның ішінде егістік жер-

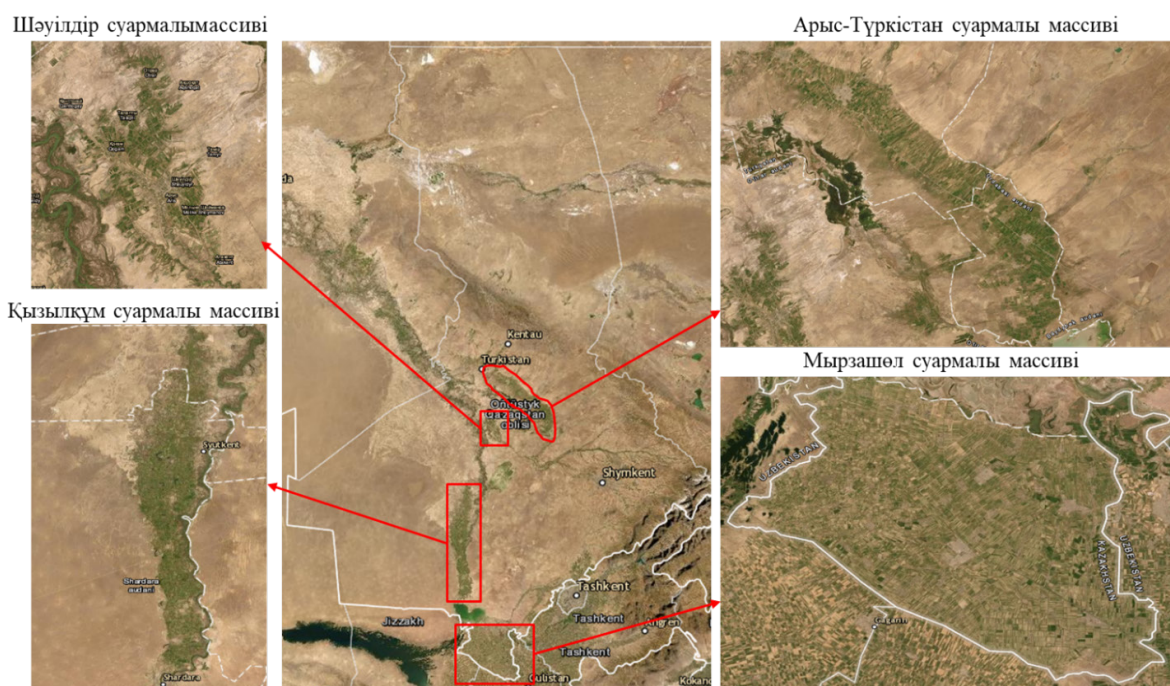
лердің көлемі 931,0 мың га, ал суармалы жерлер 458,8 мың га немесе егістік алқаптардың 49,3%-ын құрайды (АШМ ЖРБК жылдық талдамалы есебі, 2023).

Жалпы Қазақстандағы мақта өндірісінің 100 %, көкөніс, бақша дақылдарының 41 % жуығы және жүгері өндірісінің 25 % астамы Түркістан облысының суармалы жерлерінің үлесіне

тиесілі (ҚР ұлттық статистика бюросының деректері, 2023). Облыстың негізгі суармалы жерлері төрт ірі суармалы алқаптарда шоғырланған: Мырзашөл (Жетісай, Мақтаарал аудандары), Арыс-Түркістан (Ордабасы, Сауран аудандары мен Түркістан және Арыс қ.ә.), Қызылқұм (Шардара ауданы) және Шәуілдір (Отырар ауданы) (ҚР ұлттық атласы II том, 2010). (1-сурет).

1-сурет

Зерттеу нысаны



Ескерту: автор құрастырған.

Түркістан облысының климаты шұғыл континенттік сипатқа ие. Қыс мезгілі қысқа әрі салыстырмалы түрде жұмсақ болып келеді, қар жамылғысы жұқа және тұрақсыз. Қаңтар айының орташа көпжылдық ауа температурасы $-4,9^{\circ}\text{C}$ -ты құрайды. Жаз мезгілі ұзақ, өте ыстық, қуаң және аңызқты сипатта өтеді. Шілде айының орташа көпжылдық температурасы $+29,9^{\circ}\text{C}$, ал ең жоғары абсолюттік температура $+43,3^{\circ}\text{C}$ -қа дейін жетеді.

Жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері аймақтың табиғи-географиялық ерекшеліктеріне байланысты әркелкі таралған: шөлді аймақтарда 120–140 мм, тау етегінде 350–500 мм, ал биік таулы бөліктерде шамамен 700 мм-ге дейін жетеді. Жауын-шашынның негізгі бөлігі (шамамен 57%) көктемгі-қысқы кезеңге сәйкес келеді.

Түркістан облысының негізгі су көзі – Сырдария өзені және оның ірі салалары болып табылатын Арыс, Келес, Құркелес, Бадам өзендері. Облыс аумағындағы суармалы егіншілік алқаптарын сумен қамтамасыз ету мақсатында Сырдария өзенінен бастау алатын Достық және Қызылқұм магистральді каналдары, сондай-ақ Арыс өзенінен тартылған Арыс-Түркістан магистральді каналдары пайдаланылуда. Аталған гидротехникалық нысандар өңірдің суармалы жерлерін тұрақты сумен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Облыстың суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысы әралуан түрлілігімен ерекшеленеді. Бұл облыстың жер бедерінің күрделілігімен, климаттық жағдайының әркелкі болуы және аналық жыныстардың құрамымен тығыз бай-

ланысты. Облыстың топырақ жамылғысы тек ендік зоналылықтың ғана емес, сонымен қатар биіктік белдеулік заңдылықтарының әсерінен қалыптасады.

Облыстың суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысы биіктік-зоналық таралу ерекшеліктеріне және топырақ түзілу заңдылықтарына сәйкес үш негізгі зонаға бөлінеді.

«А» зонасы – шөл және шөлейтке өтпелі аймақ. Бұл зонада ылғалдану коэффициенті 0,1-ден төмен, жылдық жауын-шашын мөлшері 200 мм-ге дейін, ал орташа тәуліктік ауа температурасы +10 °С-тан жоғары болатын кезеңнің ұзақтығы 120–200 күнді құрайды. Аталған табиғи жағдайда серо-қоңыр, тақыр тәріздес және сұр топырақтар қалыптасқан. Әкімшілік-аумақтық тұрғыдан бұл зонаға Созақ, Отырар, Шардара аудандары және Арыс қалалық әкімшілігі аумағы жатады.

«Б» зонасы – эфемерлі дала аймағы. Мұнда ылғалдану коэффициенті 0,1–0,2 аралығында, жылдық жауын-шашын мөлшері 200–300 мм, ал жылы кезеңнің ұзақтығы 200–220 күнге жетеді. Бұл аймақта ашық түсті сұр, сұр-шалғынды және шалғынды топырақтар таралған. Әкімшілік-аумақтық бөлініс бойынша зона Мақтаарал, Жетісай, Ордабасы, Бәйдібек аудандарын, сондай-ақ Түркістан және Арыс қалалық әкімшіліктерін қамтиды.

«В» және «Г» зоналары – түрлі шөптесін далалар аймағы. Бұл белдеулер салыстырмалы түрде ылғалды болып келеді, жылдық жауын-шашын мөлшері 300 мм-ден жоғары, ал ылғалдану коэффициенті 0,2–0,3 аралығында өзгереді. Мұнда негізінен сұр және типтік сұр топырақтар басым таралған. Әкімшілік-аумақтық тұрғыдан бұл зоналар Сарыағаш, Қазығұрт, Төле би, Түлкібас және Сайрам аудандары аумағында орналасқан.

Бастапқы материалдар

Облыстың суармалы жерлеріндегі ирригациялық жүйелерінің (каналдар, коллекторлық-дренаж жүйелері, қашыртқылар) саны, ұзындығы және олардың техникалық жағдайы және олардың қанша суармалы жерлерді суаруға қызмет етуі туралы ақпарат «Қазсушар» РМК Түркістан филиалы мен ҚР АШМ «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ ұйымдарынан жинақталды.

Суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын анықтау мақсатында Мырзашөл, Қызылқұм суармалы массивтерінде далалық-зерттеу жұмыстары ұйымдастырылып, топырақ үлгілері, суармалы сулардан сынамалар алынып

зертханалық талдаулар жасалынды. Суармалы алқаптардағы топырақ жамылғысының тұздану дәрежелерін анықтау мақсатында 2013–2023 жж аралығындағы Landsat сериялы спутнигінің кескіндері жүктеліп, вегетациялық, тұздану және ылғалдылық индекстері есептелінді.

Зерттеу әдістері

Зерттеу жұмысы кешенді әдістемелік тәсілдерге негізделіп, далалық, зертханалық, қашықтан зондтау және аналитикалық әдістерді қолдану арқылы жүргізілді.

Ирригациялық жүйелердің техникалық жағдайын бағалау үшін визуалды-инженерлік зерттеу әдісі пайдаланылды. Бұл әдіс арқылы каналдар, коллекторлық-дренаж жүйелері мен қашыртқылардың конструктивтік элементтерінің тозу деңгейі, деформациялар, жарықтар, су жоғалту белгілері, шөгінділердің жиналуы және техникалық ақаулар анықталды. Ирригациялық нысандардың нақты жағдайы жобалық және нормативтік талаптармен салыстырылып, олардың жұмысқа жарамдылық дәрежесі бағаланды.

Суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын анықтау мақсатында далалық зерттеу жұмыстары жүргізілді. Далалық зерттеулер барысында негізгі зерттеу учаскелерінде жоғары дәлдікті портативті НМ-WSYP детекторы қолданылып, топырақтың ылғалдылығы, температурасы, электр өткізгіштігі (тұздану деңгейін сипаттайтын көрсеткіш) және сутектік көрсеткіші (рН) анықталды. Далалық жұмыстар аясында суармалы жерлердің әртүрлі тұздану деңгейін қамтитын топырақ үлгілері алынып, олар кейінгі зертханалық талдауларға жіберілді. Зертханалық зерттеулер барысында топырақтың тұздану дәрежесі, ерігіш тұздардың құрамы және суармалы сулардың минералдану көрсеткіштері қолданыстағы әдістемелік нұсқаулар мен мемлекеттік стандарттарға сәйкес анықталды (ҚР АШМ суармалы жерлерінің мелиорациялық жай-күйін анықтау бойынша нұсқаулығы, 2016).

Далалық зерттеу кезінде суармалы жерлердің жер асты суының деңгейін, жер асты суының минералдық құрамын анықтау мақсатында бақылау құдықтарынан сынамалар алынып зертханада талдау жасалынды. Сонымен қатар, суармалы алқаптардағы топырақ жамылғысының мелиоративтік жағдайының кеңістіктік және уақыттық тұрғыдан өзгеру динамикасын анықтау мақсатында 2013–2023 жж аралығында ЖҚЗ деректері пайдаланылып келесідей индекстер есептелінді:

1	Normalized Difference Water Index	$NDWI = \frac{G - NIR}{NIR + G}$	(McFeeters et al., 1996)
2	Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	(Rouse et al., 1973)
3	Normalized Difference Salinity Index	$NDSI = \frac{R - NIR}{R + NIR}$	(Singh et al., 1985)
4	Salinity index1	$SI_1 = \sqrt{G \cdot R}$	(Sowmya et al., 2021)
5	Salinity index2	$SI_2 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	(Yuan et al., 2022)
6	Salinity index3	$SI_3 = \sqrt{G^2 + R^2}$	(Chen et al., 2023)

Нәтижелер мен талқылаулар

2023 жылғы жайғдай бойынша, облыс аумағындағы ирригациялық жүйелердің жалпы ұзындығы 11 991,1 км құрап, оның 74,8% (8 965,2 км) жер арналарында, 6,5% (782,2 км) бетонмен қап-

талған, 11,4% (1 371 км) лотоктарда, ал қалған 7,3% (872,7 км) құбырлы жүйелерде орналасқан. Аталған ирригациялық жүйелердің 43,9% (5 262,1 км) мемлекеттік меншікте, 50,1 % (6 010,4 км) коммуналдық және 6 % (718,6 км) жеке меншікте (1-кесте).

1-кесте

Түркістан облысының аудандары бөлінісіндегі ирригациялық жүйелердің сипаттамасы

№	Аудандар	Канал саны	Жалпы ұзындығы, км	Іргелес жатқан жер көлемі, га	Гидротехникалық құрылыстар	Каналдың түрі (км)			
						ашық	лоток	бетондалған	құбыр
Республикалық меншіктегі каналдар									
1	Қазығұрт	4	133,3	4142	1749	5,6	14,5	0	113,2
2	Ордабасы	2	21	2425	0	4	17	0	0
3	Созақ	11	120,2	4149	41	6,7	55,7	19,2	38,6
4	Отырар	112	388	41943	0	306,3	47,7	34	0
5	Сарыағаш	5	138	3872	0	126	7,2	2,2	2,6
6	Жетісай	783	1256,9	47511	1015	1056,5	-	200,4	0
7	Мақтаарал	529	1152	53374	385	898,9	100	153,1	0
8	Шардара	258	762,9	58814	10319	747,4	0	15,5	0
9	Келес	5	39,9	2258	21	24,9	0	0	15
10	Төлеби	36	232,9	6395	84	208,9	0	24	0
11	Түлкібас	111	572	14800	33	495,2	46,9	15,9	14
12	Кентау қаласы	105	445	60042	594	125	271	49	0
Барлығы		1961	5262,1	299725	14241	4005,4	560	513,3	183,4
Коммуналдық меншіктегі каналдар									
1	Қазығұрт	101	634,2	11529	3578	371	25,2	0	238
2	Ордабасы	72	655,6	53000	165	528,9	102	24,7	0
3	Сайрам	47	363,2	18036	515	305,7	20	37,5	0
4	Созақ	8	75	2215	15	0	61	2	12
5	Отырар	6	33,6	1229	0	33,6	0	0	0
6	Сарыағаш	79	541,6	24510	0	245	41,1	20	235,5

№	Аудандар	Канал саны	Жалпы ұзындығы, км	Іргелес жатқан жер көлемі, га	Гидротехникалық құрылғылар	Каналдың түрі (км)			
						ашық	лоток	бетондалған	құбыр
7	Жетісай	180	413,6	2793	208	365,9	0	47,7	0
8	Шардара	343	1056,5	36594	7881	1038,9	0	17,6	0
9	Келес	143	641,3	23516	335	579,1	24,1	21	17,1
10	Төлеби	38	249,4	3359	108	234,5	0	14,9	0
11	Бөйдібек	30	263,4	11767	107	215,4	29,8	18,2	0
12	Кентау қаласы	87	1083	34272		716	367		
Барлығы	1134	6010,4	222820	12912	4634	670,2	203,6		502,6
Жеке меншіктегі каналдар									
1	Ордабасы	9	136,8	4434	86	56,2	71,6	9	0
2	Сайрам	6	64,3	2950	53	55	0	9,3	0
3	Созақ	3	48	893	21	0	35,6	0	12,4
4	Сарыағаш	4	225,3	5730	0	51	0	0	174,3
5	Жетісай	11	23,7	1860,6	165	15,6	4,5	3,6	0
6	Мақтаарал	48	122,8	5755,5	1161	75,3	29,1	18,4	0
7	Шардара	9	75,7	15103	144	50,7	0	25	0
8	Түлкібас	1	22	2032	0	22			
Барлығы	91	718,6	38758,1	1630	325,8	140,8	65,3		186,7
Облыс бойынша	3186	11991,1	561303,1	28783	8965,2	1371	782,2		872,7

Ескерту: авторлар құрастырған.

Облыс аумағында коллекторлық-дренаждық желі жоғарыда атап өткеніміздей, ХХ ғасырдың ортасында салынған. Облыс бойынша коллекторлық-дренаждық желінің жалпы ұзындығы 6 294,06 км құрайды, оның ішінде шаруашылық-қаралық желі – 1497,2 км, шаруашылық-шілік желі – 4796,86 км (2-кесте), сондай-ақ бұрыннан бар тік дренаж ұңғымаларының саны 1785 дана, олардың ішінде бүгінгі күні қалпына келтірілгені – 2015 жылғы жағдай бойынша 518 дана, ал 2026 жылға қарай 732 данасы іске қосылады деп жоспарланған.

Қазіргі уақытта техникалық жағдайының қанағаттанарлықсыз болуына байланысты облыстың суару жүйелерінде судың едәуір шығындары байқалады.

Экономиканың жоспарлы жүйеден нарықтық жүйеге өту кезеңінде су шаруашылығына инвестициялар іс жүзінде тоқтатылды, бұл суару жүйелерінің қарқынды тозуына алып келді. Бүгінгі таңда олардың тозу деңгейі 50%-дан асады, ал су қамтамасыз ету тұрғысынан жүйе-

нің пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) 0,5-тен аспайды. Бұл суару суының көлемінің жартысы егістік алқаптарына жетпейтінін + деградация күшейетінін көрсетеді. Суару желілері мен гидротехникалық құрылыстардың техникалық деңгейінің төмендеуі оларды пайдалану жағдайларын едәуір нашарлатып, нәтижесінде суармалы жерлердің өнімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Алайда, соңғы жылдары «Ирригация және дренаж жүйелерін жетілдіру» (ИДЖЖЖ) жобасы, «Су ресурстарын басқару мен жерді қалпына келтіру» (СРБЖҚКЖ) жобасы және т.б. аясында облыстағы бірнеше негізгі суару жүйелері, коллекторлық-дренаждық жүйелер және тік ұңғымалы қашыртқылар мен вертикальді дренаж жүйелері қайта жөнделуден өтуде. Дегенмен, аталған шараларға қарамастан, облыстағы суармалы жерлердің мелиоративтік жай-күйі әлі де қанағаттанарлық деңгейге жеткізілген жоқ және бұл мәселе кешенді әрі жүйелі шешімдерді талап етеді.

2-кесте

Облыстың аудандар бөлінісіндегі коллекторлық-дренаждық желілерінің сипаттамасы

№	Аудандар мен қалалық әкімшіліктер атауы	Коллекторлардың жалпы ұзындығы, км	Оның ішінде	
			Шаруашылықаралық коллекторлардың ұзындығы, км	Шаруашылықішілік коллекторлардың ұзындығы, км
1	Арыс	191,3	-	191,3
2	Қазығұрт	187,27	40,97	146,3
3	Сарыағаш	712,0	528,35	183,65
4	Мақтаарал, Жетісай	1206,8	418,915	787,88
5	Отырар	55,0	55,0	-
6	Ордабасы	531	104,07	426,93
7	Туркестан қ.ә.	454,59	154,39	300,2
8	Шардара	2956,1	195,5	2760,6
	Түркістан облысы	6294,06	1497,2	4796,86

Ескерту: авторлар құрастырған.

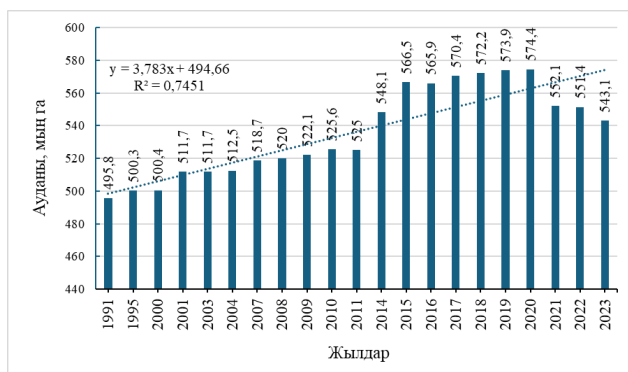
2023 жылы жалпы облыстағы 543,1 мың га суармалы жердің 10,9 % немесе 59,1 мың га пайдаланылмаған. Облыстың суармалы жерлерінің жыл сайын 10-15% жуығы жыл сайын пайдаланылмай келеді (2 а,б-сурет). Мұның негізгі себептері: тұздану, жер асты суының шектен тыс (2 м) көтерілуі (бастпақтану), су жетіспеушілігі және суару жүйелерінің тозуы және басқада себептер (3-сурет).

Облыстағы жалпы суармалы жерлердің жыл сайын 1,5-3 % өте күшті тұздану (3а-сурет),

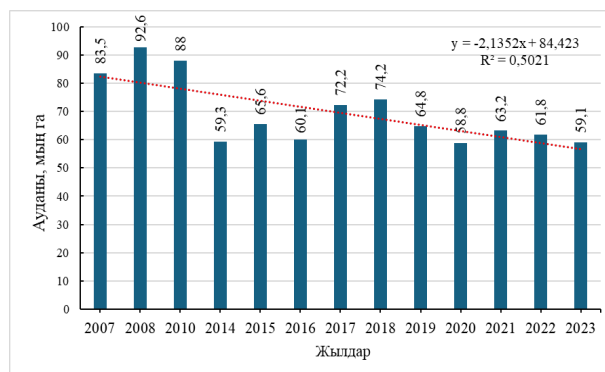
4-5,6% су жетіспеушілігі (3б-сурет), 1,5-2% жер асты суының шектен тыс (2 м) көтерілуі немесе батпақтану (3в-сурет), 5,6-7 % жуығы суару жүйелерінің тозуы және басқа да қаржылық себептерге (3с-сурет) байланысты мүлдем пайдаланылмай келеді. Мұның басты себебі облыстағы суармалы жүйелер мен коллекторлық-дренаждық жүйелердің техникалық жағдайының толық жұмыс жасамауымен тікелей байланысты (Tokbergenova et al. 2023).

2-сурет

1991-2023 ж. облыстағы суармалы жерлердің пайдалану көрсеткіштері



а) пайдаланылған

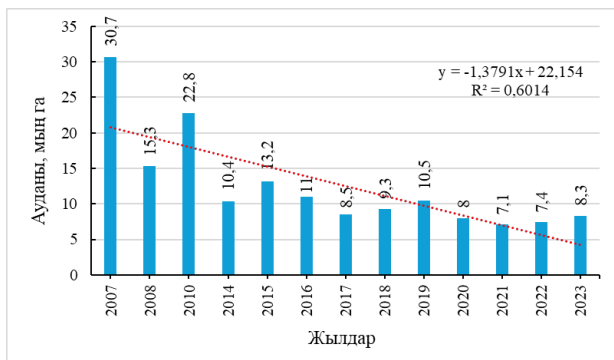


б) пайдаланылмаған

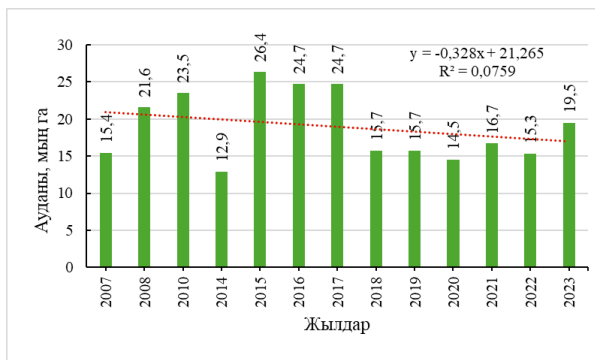
Ескерту: авторлар құрастырған.

3-сурет

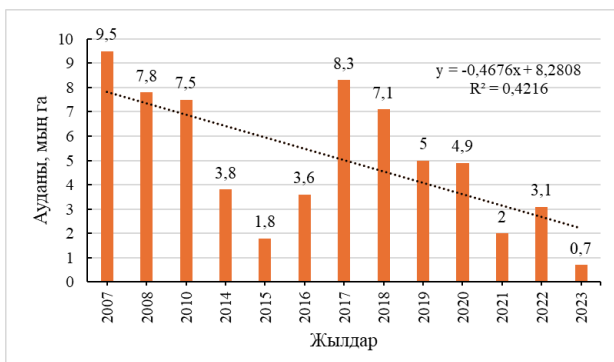
2007-2023 ж. облыстағы пайдаланылмаған суармалы жерлердің негізгі себептері



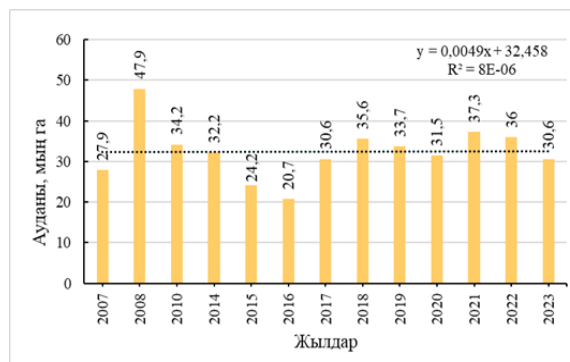
а) түздану



б) су жетіспеушілігі



в) жер асты суының шектен тыс (2 м) көтерілуі



с) суару жүйелерінің тозуы және басқа да қаржылық себептер

Ескерту: авторлар құрастырған.

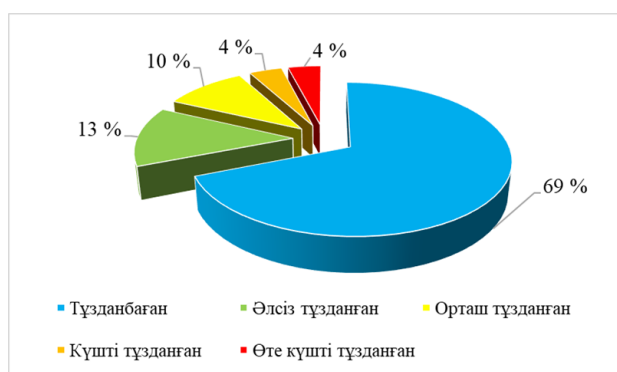
2024-2025 жылы жүргізілген далалық зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысының негізгі бөлігі түзданбаған күйде сақталған. Атап айтқанда, суармалы алқаптардың 69%-ын (368,9 мың га) түзданбаған жерлер құраса, 13%-ы (72,1 мың га) әлсіз түзданған, 10%-ы (59,9 мың га) орташа түзданған, 4%-ы (20,2 мың га) күшті түзданған және 4%-ы (20,1 мың га) өте күшті түзданған жерлерге жатады (4-сурет).

Облыс аумағындағы күшті және өте күшті түзданған суармалы жерлердің негізгі бөлігі

Мырзашөл (Жетісай және Мақтаарал аудандары), Қызылқұм (Шардара ауданы) және Шәуілдір (Отырар ауданы) суармалы алқаптарында шоғырланған. Атап айтқанда, Мырзашөл суармалы алқабында 16 661 га, Қызылқұм алқабында 11 516 га және Шәуілдір алқабында 6 933 га күшті және өте күшті түзданған жерлер анықталған. Нәтижесінде, облыстағы күшті және өте күшті түзданған суармалы жерлердің жалпы көлемінің 41,4%-ы Мырзашөл, 28,6%-ы Қызылқұм және 17,2%-ы Шәуілдір суармалы алқаптарының үлесіне тиесілі (5-сурет).

4-сурет

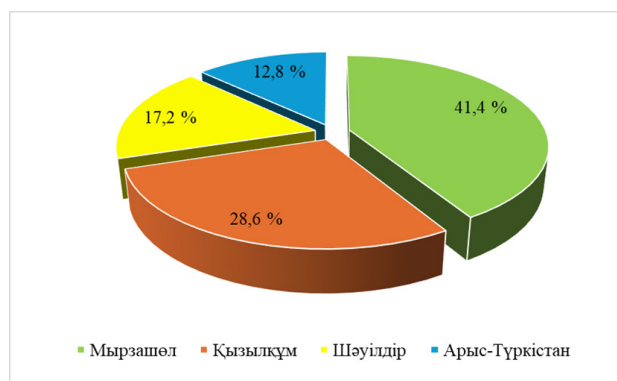
Түркістан облысы суармалы жерлерінің тұздану дәрежесі, %



Ескерту: авторлар құрастырған.

5-сурет

Түркістан облысындағы күшті және өте күшті тұзданған суармалы жерлерінің ірі алқаптар бөлінісіндегі көрсеткіштері, %



Ескерту: авторлар құрастырған.

4 және 5-суреттерде көрсетілгендей, облыстағы мелиоративтік жағдайы өте нашар топырақ жамылғыларының басым бөлігі Мырзашөл және Қызылқұм суармалы массивтерінде шоғырланған. Осыған байланысты осы массивтердегі топырақ жамылғысының тұздану үрдістерінің

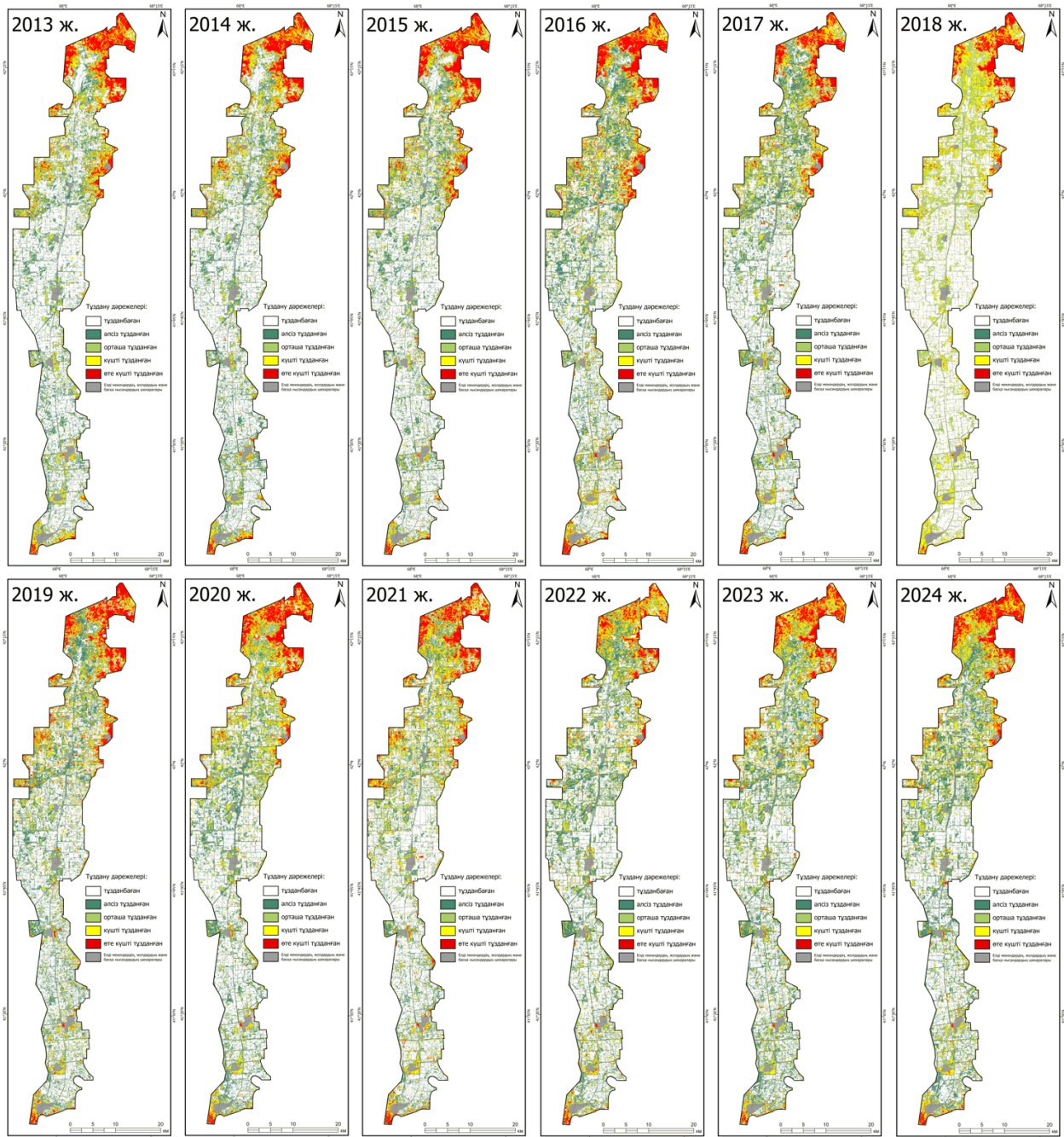
кеңістіктік таралуы мен уақыттық өзгерістерін егжей-тегжейлі талдау мақсатында 2013-2024 ж. аралығындағы Landsat сериялы спутнигінің деректерін пайдалана отырып вегетациялық, ылғалдылық және тұздану индекстерін есептей отырып, динамикалық тұздану карталары әзірленді (6,7-суреттер).

2013-2023 жылдары ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелер бойынша Қызылқұм суармалы массивіндегі егістік жерлердің 40-45% тұзданбаған, 20-25% әлсіз тұзданған, 13-14% орташа, 10-12% күшті және 10-11% өте күшті дәрежеде тұзданған. Ал, Мырзашөл суармалы массиві бойынша 43-46% тұзданбаған, 19-30% әлсіз тұзданған, 13-25% орташа, 6-7% күшті және 4-5% өте күшті дәрежеде тұзданған (8-9-суреттер). Көрсетілген пайыздық көрсеткіштер әр жылдары өзгеріп отырған. Суармалы алқаптардағы тұздану дәрежесінің мұндай ауытқып отыруы әр жылдардағы жүргізілген агротехникалық (сор шаю, жырту және қопсыту жұмыстары) және гидротехникалық (суару жүйелерін жөндеуден өткізу, тік құбырлы қашыртқыларды қалпына келтіру және т.б.) іс-шаралардың жиынтығымен байланысты.

ЖҚЗ деректерін пайдаланғанда әрқашан олардың дәлдігі мен шынайылығы тексерілуі қажет (Pontius et al., 2011; Olofsson P. et al. 2014). Көпжылдық архивтік деректер мен жиналған далалық бақылау материалдары алдын ала сапалық сүзгіден өткізілді. Атап айтқанда, ақпараттық толықтығы жеткіліксіз нүктелер, сондай-ақ автомобиль жолдарына тікелей іргелес орналасқан немесе елді мекендер аумағында орналасқан бақылау нүктелері зерттеуден алынып тасталды, себебі мұндай аумақтар суармалы жерлердің спектрлік сипаттамаларына елеулі бұрмалаулар енгізуі мүмкін. Жіктеу нәтижелерін валидациялау мақсатында Қызылқұм суармалы массиві аумағында 140 далалық нүкте және Мырзашөл суармалы массиві шегінде 308 далалық нүкте пайдаланылды (10-сурет).

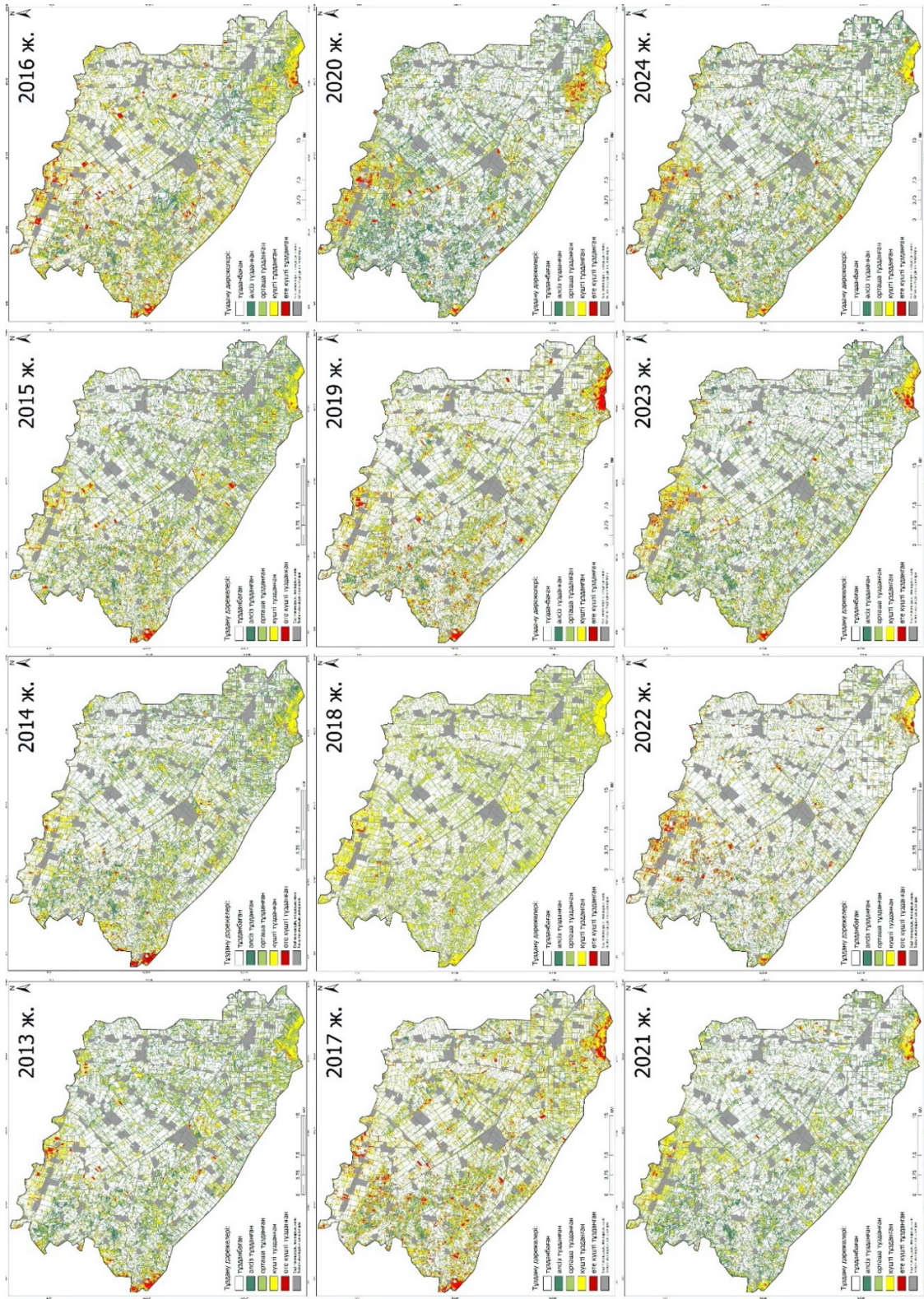
6-сурет

ЖҚЗ деректері негізінде Қызылқұм суармалы алқабындағы топырақ жамылғысының тұздану динамикасы (2013-2024 ж.)



Ескерту: авторлар құрастырған.

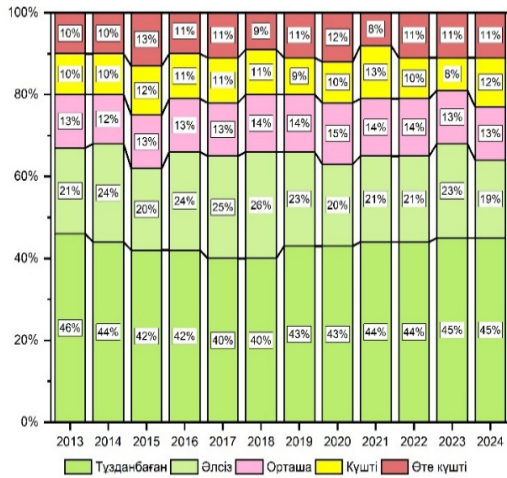
7-сурет
ЖКЗ деректері негізінде Мырзашөл суармалы алабындағы топырақ жамылғысының тұздану динамикасы (2013-2024 жж.)



Ескерту: авторлар құрастырған.

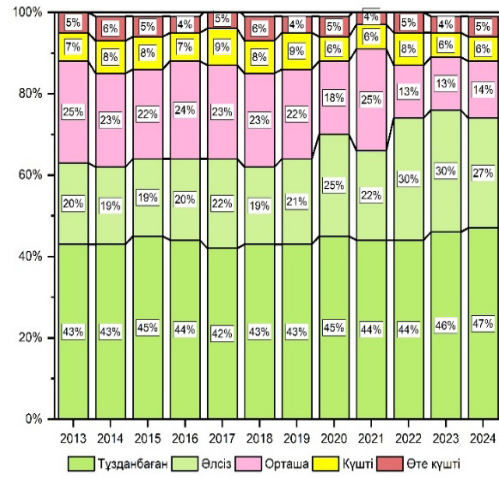
8-сурет

Қызылқұм алқабындағы аудандардың тұздану дәрежесі бойынша пайыздық үлесі



9-сурет

Мырзашөл алқабындағы аудандардың тұздану дәрежесі бойынша пайыздық үлесі



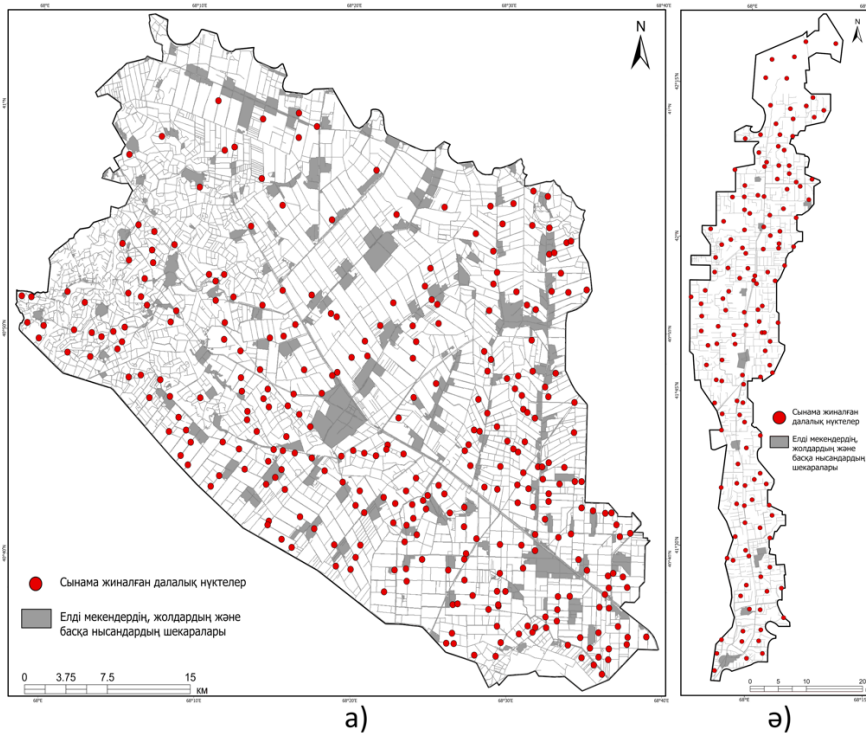
Ескерту: авторлар құрастырған.

Жүргізілген жіктеу (классификациялау) дәлдігін бағалау нәтижелері алынған деректердің жоғары сенімділігін көрсетті. Жалпы, 2013-2023 жылдар кезеңіндегі жіктеудің жалпы дәлдігінің

орташа мәні 80,65%-ды, ал орташа Каппа коэффициенті 0,73-ті құрады, бұл жіктеу нәтижелері мен шынайы (далалық) деректер арасындағы жақсы сәйкестікті көрсетеді.

10-сурет

Далалық нүктелердің кеңістіктік таралуы: а) Мырзашөл алқабы; ә) Қызылқұм алқабы



Ескерту: авторлар құрастырған.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері Түркістан облысындағы ирригациялық және коллекторлық-дренаждық жүйелердің техникалық жағдайы суармалы жерлердің мелиоративтік жай-күйіне тікелей әрі шешуші әсер ететінін көрсетті. Облыс аумағындағы суару желілерінің басым бөлігінің жер арналарында орналасуы, олардың едәуір тозуы (50 %-дан жоғары) және пайдалы әсер коэффициентінің 0,5-тен аспауы су шығындарының артуына және егістік алқаптарына жеткізілетін су көлемінің азаюына алып келуде.

Коллекторлық-дренаждық желілердің жеткіліксіз жұмыс істеуі мен вертикальді дренаж ұңғымалары санының қысқаруы жер асты сулары деңгейінің көтерілуіне, соның салдарынан топырақтың қайта тұздануы мен батпақтану үдерістерінің күшеюіне себеп болып отыр. Нәтижесінде, облыстағы суармалы жерлердің жыл сайын шамамен 10–15 %-ы түрлі себептермен пайдаланылмайды, оның ішінде 1,5–3 %-ы өте күшті тұздануға, 4–5,6 %-ы су тапшылығына, 1,5–2 %-ы жер асты суларының шамадан тыс көтерілуіне, ал 5,6–7 %-ы суару жүйелерінің тозуына байланысты айналымнан шығып отыр.

Далалық зерттеулер мен қашықтан зондтау деректерін талдау нәтижелері облыстың суармалы жерлерінің 69 %-ы тұзданбаған күйде сақталғанымен, 18 %-дан астамы орташа және күшті дәрежеде тұзданғанын көрсетті. Күшті және өте күшті тұзданған алқаптардың басым бөлігі Мырзашөл, Қызылқұм және Шәуілдір суармалы массивтерінде шоғырланған. 2013–2024 жылдар аралығындағы динамикалық талдау тұздану дәрежесінің жылдар бойынша өзгеріп отыратынын, оның агротехникалық және гидротехникалық шаралардың тиімділігіне тәуелді екенін айқындады.

Жалпы алғанда, ирригациялық инфрақұрылымның техникалық тозуы, су беру режимдерінің оңтайландырылмауы және дренаж жүйелерінің жеткіліксіздігі топырақтың агро-мелиоративтік көрсеткіштерінің нашарлауына, өнімділіктің төмендеуіне және су ресурстарының тиімсіз пайдаланылуына әкеліп отыр.

Осыған байланысты облыста ирригациялық және коллекторлық-дренаждық жүйелерді кешенді жаңғырту, суару желілерін кезең-кезеңімен бетондау немесе құбырлы жүйелерге көшіру, тік дренаж ұңғымаларын толық қалпы-

на келтіру, су үнемдеу технологияларын енгізу және су ресурстарын цифрлық мониторингтеу жүйесін дамыту қажет. Сонымен қатар, топырақтың тұздану карталарын жүйелі түрде жаңартып отыру және ЖКЗ деректерін далалық бақылаулармен ұштастыру өңірдегі суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын тұрақтандыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері өңірдегі суармалы егіншілікті тұрақты дамыту, ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыру және су ресурстарын тиімді басқару бағытында ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға практикалық негіз бола алады.

Қаржыландару

Бұл зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған (грант № AP23490857).

Шығармашылық ұжым әдістемелік көмек көрсеткені үшін ҚР АШМ «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ мекемесіне, сондай-ақ техникалық қолдау көрсеткені үшін су ресурстары және қоршаған орта бойынша USAID жобасына алғысын білдіреді.

Авторлар үлесі:

Тұжырымдаманы әзірлеу – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова және Р. Салмұрзаұлы; Әдіснама – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, А.А. Қалдыбаев; Бағдарламалық қамтамасыз ету – Р. Салмұрзаұлы, У.Б. Мухтаров, А.А. Қалдыбаев; Валидация – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, Р. Салмұрзаұлы және У.Б. Мухтаров; Формалды талдау – У.Б. Мухтаров, Р. Салмұрзаұлы; Зерттеу – А.А. Қалдыбаев, У.Б. Мухтаров, А.А. Асанбаева; Ресурстар – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова және Р. Салмұрзаұлы; Деректерді өңдеу – Р. Салмұрзаұлы, У.Б. Мухтаров, А.А. Асанбаева; Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, А.А. Қалдыбаев; Қарау және редакциялау – К.Б. Зулпыхаров, А.А. Токбергенова, Р. Салмұрзаұлы; Визуализация – У.Б. Мухтаров, А.А. Қалдыбаев; Ғылыми жетекшілік – А.А. Токбергенова; Жобаны басқару – К.Б. Зулпыхаров; Қаржыландыруды тарту – А.А. Токбергенова.

Әдебиеттер

- Zaghloul, E. A., Abdeen, M. M., Elbeih, S. F., & Soliman, M. A. (2020). Water logging problems in Egypt's deserts: Case study Abu Mena archaeological site using geospatial techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(3), 387–399. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.06.003>
- Singh, A. (2021). Soil salinization management for sustainable development: A review. *Journal of Environmental Management*, 277, 111383. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111383>
- Zhang, Y. (2023). Knowledge of earthen heritage deterioration in dry areas of China: Salinity effect on the formation of cracked surface crust. *Heritage Science*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40494-023-00890-y>
- Cisse, E. H. M., Jiang, B. H., Yin, L. Y., Miao, L. F., Li, D. D., Zhou, J. J., & Yang, F. (2024). Physio-biochemical and metabolomic responses of the woody plant *Dalbergia odorifera* to salinity and waterlogging. *BMC Plant Biology*, 24(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04721-5>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Pitman, M. G., & Läuchli, A. (2002). Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In *Salinity: Environment–plants–molecules* (pp. 3–20). Springer. <https://doi.org/10.1007/0-306-48155-3>
- Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2011). Gene expression profiling of plants under salt stress. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(5), 435–458. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.605739>
- Tian, L. X., Zhang, Y. C., Chen, P. L., Zhang, F. F., Li, J., Yan, F., & Feng, B. L. (2021). How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634898. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634898>
- Hagage, M., Abdulaziz, A. M., Elbeih, S. F., & Hewaidy, A. G. A. (2024). Monitoring soil salinization and waterlogging in the northeastern Nile Delta linked to shallow saline groundwater and irrigation water quality. *Scientific Reports*, 14(1), 27838. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77954-x>
- Askri, B., Khodmi, S., & Bouhlila, R. (2022). Impact of subsurface drainage system on waterlogged and saline soils in a Saharan palm grove. *Catena*, 212, 106070. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106070>
- Greene, R., Timms, W., Rengasamy, P., Arshad, M., & Cresswell, R. (2016). Soil and aquifer salinization: Toward an integrated approach for salinity management of groundwater. In *Integrated groundwater management: Concepts, approaches and challenges* (pp. 377–412). Springer.
- Khalil, M. M., Abotalib, A. Z., Farag, M. H., Rabei, M., Abdelhady, A. A., & Pichler, T. (2021). Poor drainage-induced waterlogging in Saharan groundwater-irrigated lands: Integration of geospatial, geophysical, and hydrogeological techniques. *Catena*, 207, 105615.
- Rakhmatullaev, S., Huneau, F., Celle-Jeanton, H., Le Coustumer, P., Motelica-Heino, M., & Bakiev, M. (2013). Water reservoirs, irrigation and sedimentation in Central Asia: A first-cut assessment for Uzbekistan. *Environmental Earth Sciences*, 68(4), 985–998. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1802-0>
- Bekchanov, M. (2024). Conveyance efficiency and irrigation water productivity under varying water supply conditions in arid lowlands of Central Asia. *Agricultural Water Management*, 293, 108697. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108697>
- Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі. (2023). *Қазақстан Республикасының 2023 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі*. Астана.
- Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросы. (2024). *Ресми статистикалық деректер (ауыл, орман, аңшылық және балық шаруашылығы)*. <https://stat.gov.kz/>
- Tokbergenova, A. A., Zulpikharov, K. B., Kaliyeva, D. M., & Essanbekov, M. Y. (2023). Assessment of the current soil-reclamation state of the soils of Myrzashol in the Kazakhstan part (The Hungry Steppe). *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(1). <https://doi.org/10.15244/pjoes/155087>
- Tokbergenova, A. A., Zulpikharov, K. B., Taukebayev, O. Z., Essanbekov, M. Y., Alsherieva, D. Y., & Duanbekova, A. Y. (2023). Анализ проблем засоления почвы на орошаемых землях Туркестанской области (на примере Мырзашольского орошаемого массива). *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*, (1), 120–137.
- Мороз, И. К. (1993). *Улучшение засоленных земель (пути решения проблем)*. Алматы: Кайнар.
- Қазақстан Республикасы. (2010). *ҚР ұлттық атласы (II том: Халқы, өкімілік-аумақтық бөлінісі)*. Алматы.
- Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі. (2016). *Суармалы жерлердің мелиорациялық жай-күйінің мониторингі туралы бұйрық №330 (25 шілде 2016 ж.)*. <https://law.gov.kz/client/#!/doc/106992/kaz>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*, 351, 309–317.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Singh, A., & Harrison, A. (1985). Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing*, 6(6), 883–896. <https://doi.org/10.1080/01431168508948511>
- Sowmya, S. V., & Jayaraju, N. (2021). Development of spectral indices for soil salinity detection under residual vegetation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 577. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09268-z>
- Yuan, Z., Li, H., & Zhang, Y. (2022). Remote sensing-based modeling of soil salinity using vegetation and reflectance synergy. *Catena*, 212, 106087. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106087>
- Chen, Y., & Ma, X. (2023). Multi-index brightness synthesis for mapping soil salinity in drylands. *Journal of Arid Environments*, 205, 104878. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104878>

- Pontius, R. G., Jr., & Millones, M. (2011). Death to kappa: Birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32(15), 4407–4429. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.552923>
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>

References

- Zaghloul, E. A., Abdeen, M. M., Elbeih, S. F., & Soliman, M. A. (2020). Water logging problems in Egypt's deserts: Case study Abu Mena archaeological site using geospatial techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(3), 387–399. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.06.003>
- Singh, A. (2021). Soil salinization management for sustainable development: A review. *Journal of Environmental Management*, 277, 111383. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111383>
- Zhang, Y. (2023). Knowledge of earthen heritage deterioration in dry areas of China: Salinity effect on the formation of cracked surface crust. *Heritage Science*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40494-023-00890-y>
- Cisse, E. H. M., Jiang, B. H., Yin, L. Y., Miao, L. F., Li, D. D., Zhou, J. J., & Yang, F. (2024). Physio-biochemical and metabolomic responses of the woody plant *Dalbergia odorifera* to salinity and waterlogging. *BMC Plant Biology*, 24(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04721-5>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Pitman, M. G., & Läuchli, A. (2002). Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In *Salinity: Environment–plants–molecules* (pp. 3–20). Springer. <https://doi.org/10.1007/0-306-48155-3>
- Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2011). Gene expression profiling of plants under salt stress. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(5), 435–458. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.605739>
- Tian, L. X., Zhang, Y. C., Chen, P. L., Zhang, F. F., Li, J., Yan, F., & Feng, B. L. (2021). How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634898. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634898>
- Hagage, M., Abdulaziz, A. M., Elbeih, S. F., & Hewaidy, A. G. A. (2024). Monitoring soil salinization and waterlogging in the northeastern Nile Delta linked to shallow saline groundwater and irrigation water quality. *Scientific Reports*, 14(1), 27838. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77954-x>
- Askri, B., Khodmi, S., & Bouhlila, R. (2022). Impact of subsurface drainage system on waterlogged and saline soils in a Saharan palm grove. *Catena*, 212, 106070. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106070>
- Greene, R., Timms, W., Rengasamy, P., Arshad, M., & Cresswell, R. (2016). Soil and aquifer salinization: Toward an integrated approach for salinity management of groundwater. In *Integrated groundwater management: Concepts, approaches and challenges* (pp. 377–412). Springer.
- Khalil, M. M., Abotalib, A. Z., Farag, M. H., Rabei, M., Abdelhady, A. A., & Pichler, T. (2021). Poor drainage-induced waterlogging in Saharan groundwater-irrigated lands: Integration of geospatial, geophysical, and hydrogeological techniques. *Catena*, 207, 105615. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105615>
- Rakhmatullaev, S., Huneau, F., Celle-Jeanton, H., Le Coustumer, P., Motelica-Heino, M., & Bakiev, M. (2013). Water reservoirs, irrigation and sedimentation in Central Asia: A first-cut assessment for Uzbekistan. *Environmental Earth Sciences*, 68(4), 985–998. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1802-0>
- Bekchanov, M. (2024). Conveyance efficiency and irrigation water productivity under varying water supply conditions in arid lowlands of Central Asia. *Agricultural Water Management*, 293, 108697. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108697>
- Kazakhstan Respublikasy Auyly sharuashylygy ministriligi. (2023). *Qazaqstan Respublikasy 2023 zhyly zhep zhagday zhane onyn paidalanuy turaly zhyiyntyk taldamaly esebi*. Astana.
- Qazaqstan Respublikasy Strategiyalyk zhosparlau zhane reformalar agenttigi Ultyq statistika byurosy. (2024). *Resmi statistik derekter (auyl, orman, anshylyq zhane balyk sharuashylygy)*. <https://stat.gov.kz/>
- Tokbergenova, A. A., Zulpykharov, K. B., Kaliyeva, D. M., & Essanbekov, M. Y. (2023). Assessment of the current soil-reclamation state of the soils of Myrzashol in the Kazakhstan part (The Hungry Steppe). *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(1). <https://doi.org/10.15244/pjoes/155087>
- Tokbergenova, A. A., Zulpykharov, K. B., Taukebayev, O. Z., Essanbekov, M. Y., Alsherieva, D. Y., & Duanbekova, A. Y. (2023). Analiz problem zasoleniya pochvy na oroshaemykh zemlyakh Turkestanskoy oblasti (na primere Myrzashol'skogo oroshaemogo massiva). *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*, 1, 120–137.
- Moroz, I. K. (1993). *Uluchshenie zasolennykh zemel' (puti resheniya problem)*. Almaty: Kaynar.
- Qazaqstan Respublikasy. (2010). *Qazaqstan Respublikasynyn ultyq atlası* (II tom: Khalky, äkimshilik-aumarktyk bölinisi). Almaty.
- Qazaqstan Respublikasy Auyly sharuashylygy ministriligi. (2016). *Suarma ly zherlerdin melioratsiyalyq zhay-küyinin monitoringi turaly buiryk №330 (25 shilde 2016 zh.)*. <https://law.gov.kz/client/#/doc/106992/kaz>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*, 351, 309–317.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Singh, A., & Harrison, A. (1985). Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing*, 6(6), 883–896. <https://doi.org/10.1080/01431168508948511>

Sowmya, S. V., & Jayaraju, N. (2021). Development of spectral indices for soil salinity detection under residual vegetation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 577. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09268-z>

Yuan, Z., Li, H., & Zhang, Y. (2022). Remote sensing-based modeling of soil salinity using vegetation and reflectance synergy. *Catena*, 212, 106087. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106087>

Chen, Y., & Ma, X. (2023). Multi-index brightness synthesis for mapping soil salinity in drylands. *Journal of Arid Environments*, 205, 104878. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104878>

Pontius, R. G., Jr., & Millones, M. (2011). Death to kappa: Birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32(15), 4407–4429. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.552923>

Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>

Авторлар туралы мәлімет:

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD докторы «Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» «Farabi GIS» геокеңістіктік ғылымдар орталығының директоры, «География, жерге орналастыру және кадастр» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com).

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – г.ғ.к, профессор, «Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» «География, жерге орналастыру және кадастр» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: tokbergen@mail.ru).

Салмурзаұлы Руслан – PhD, «Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» «Farabi GIS» геокеңістіктік ғылымдар орталығының жетекші ғылыми қызметкері (ЖФК), «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы ғылыми-зерттеу» институты жетекші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com).

Қалдыбаев Азамат Алмасханович – PhD докторы, доц. «Институт Ионосфера» ЖШС жетекші ғылыми қызметкері (ЖФК) (Алматы, Қазақстан, e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com).

Мухтаров Улан Байтурсынович (жауапты автор) – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының докторанты (Алматы, Қазақстан, e-mail: u_bekt@mail.ru).

Асанбаева Айсара Әлібекқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының докторанты (Алматы, Қазақстан, e-mail: Asanbayeva01@inbox.ru).

Information about the authors:

Zulpykharov, Kanat Bazarbayevich – PhD, Director of the Center for Geospatial Sciences “Farabi GIS”, Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com).

Tokbergenova, Aigul Abdugapparovna – Candidate of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tokbergen@mail.ru).

Salmurzauly, Ruslan – PhD, Leading Researcher, Center for Geospatial Sciences “Farabi GIS”, Leading Researcher, Research Institute “Ecology and Sustainability of Bioresources”, Senior Lecturer, Department of Zoology, Histology and Cytology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com).

Kaldybayev, Azamat Almashanovich – PhD, Associate Professor, Leading Researcher, LLP “Institute of Ionosphere” (Almaty, Kazakhstan, e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com).

Mukhtarov, Ulan Baitursynovich (corresponding author) – PhD student, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: u_bekt@mail.ru).

Asanbayeva, Aisara Alibekkyzy – PhD student, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Asanbayeva01@inbox.ru).

Сведения об авторах:

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD, директор Центра геопространственных наук «Farabi GIS», старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com).

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: tokbergen@mail.ru).

Салмурзаұлы Руслан – PhD, ведущий научный сотрудник (ВНС) Центра геопространственных наук «Farabi GIS», Научно-исследовательского института «Экология и устойчивость биоресурсов» и старший преподаватель кафедры зоологии, гистологии и цитологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com).

Қалдыбаев Азамат Алмасханович – PhD, доцент, ведущий научный сотрудник (ВНС) ТОО «Институт ионосферы» (Алматы, Казахстан, e-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com).

Мухтаров Улан Байтурсынович (ответственный автор) – докторант кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: u_bekt@mail.ru).

Асанбаева Айсара Әлібекқызы – докторант кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: Asanbayeva01@inbox.ru).

Келіп түсті: 16 қаңтар 2026 жыл
Қабылданды: 04 наурыз 2026 жыл