

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті

УДК 502.5 (574.53) (043.3)

Қолжазба құқығында

ЗУЛПЫХАРОВ КАНАТ БАЗАРБАЕВИЧ

**Жерді арақашықтықтан зерделеу мәліметтері негізінде, Түркістан облысы
суармалы жерлеріндегі деградациялық үрдістердің жағдайын бағалау**

8D07304-Жерге орналастыру

Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған
диссертация

Отандық ғылыми жетекші:
география ғылымдарының кандидаты,
профессор Токбергенова Айгул Абдугаппаровна

Шетелдік ғылыми жетекші:
PhD, профессор Хенебри Джеффри
Мичиган штатының университеті, АҚШ

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2025

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР.....	3
АНЫҚТАМАЛАР.....	4
ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН БЕЛГІЛЕУЛЕР.....	6
КІРІСПЕ.....	8
1 СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДЕГІ ДЕГРАДАЦИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРДІ БАҒАЛАУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ӘДІСНАМАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	14
1.1 Жер деградациясының анықтамасы, түрлері және олардың жіктелуі.....	14
1.2 Жер ресурстарының деградациялық үрдістерін зерттеу тәжірибелеріне шолу.....	20
1.3 Суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді бағалау әдістерін талдау.....	26
1.4 Деградация үрдістерін бағалауда қашықтан зондтау деректерін пайдалану ерекшеліктері мен маңызы.....	33
2 ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫ МЕН СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДІ ПАЙДАЛАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	43
2.1 Суармалы егіншілік дамуына әсер ететін облыстың табиғи-климаттық алғышарттары.....	43
2.2 Облыстағы ауыл шаруашылық жерлерінің қазіргі жағдайын талдау.....	51
2.3 Аумақтағы ирригациялық жүйелер және олардың деградацияға әсері.....	59
3 ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНДЕГІ ДЕГРАДАЦИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРДІ БАҒАЛАУ.....	66
3.1 ЖҚЗ деректері негізінде вегетациялық, су, топырақ және тұздылық индекстерін есептеу.....	66
3.2 Далалық зерттеу мәліметтерін талдау және ЖҚЗ деректерімен интеграциялау.....	89
3.3 Суармалы жерлердегі деградациялық үрдістердің өзгеру динамикасына талдау және картографиялау.....	96
4 ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ ДЕГРАДАЦИЯҒА ҰШЫРАУЫНЫҢ АЛДЫН АЛУ ЖӘНЕ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ БОЙЫНША ҰСЫНЫСТАР МЕН ІС-ШАРАЛАР.....	106
4.1 Суармалы жерлер деградациясынан келетін экономикалық шығынды бағалау.....	106
4.2 Суармалы жерлер деградациясын алдын алу және оларды тұрақты пайдалану бойынша бойынша іс-шаралар жүйесі.....	115
ҚОРЫТЫНДЫ.....	126
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	129
ҚОСЫМШАЛАР.....	142

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер пайдаланылды:

Қазақстан Республикасының «Ғылым туралы» Заңы, 2011 жылғы 18 ақпандағы №407-IV;

Қазақстан Республикасының «Білім туралы» Заңы, 2007 жылғы 27 шілде;

ҚР МЖМБС 5.04.034–2011: Қазақстан Республикасының Мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандарты. Жоғары оқу орнынан кейінгі білім. Докторантура. Негізгі ережелер (2022 жылғы 20 шілдедегі №2 өзгерістермен);

ГОСТ 2.105–95. Бірыңғай конструкторлық құжаттама жүйесі. Мәтіндік құжаттарға қойылатын жалпы талаптар;

ГОСТ 7.1–2003. Ақпарат, кітапхана және баспа ісі бойынша стандарттар жүйесі. Библиографиялық жазба. Орыс тіліндегі сөздерді қысқарту. Жалпы талаптар мен ережелер;

ГОСТ 7.1–84. Ақпарат, кітапхана және баспа ісі бойынша стандарттар жүйесі. Құжаттың библиографиялық сипаттамасы. Жалпы талаптар мен құрастыру ережелері;

ГОСТ 7.11–2004 (ISO 832:1994). Ақпарат, кітапхана және баспа ісі бойынша стандарттар жүйесі. Библиографиялық жазба. Шетел тілдеріндегі (еуропалық) сөздер мен сөз тіркестерін қысқарту;

ГОСТ 7.80–2000. Ақпарат, кітапхана және баспа ісі бойынша стандарттар жүйесі. Библиографиялық жазба. Айдар. Жалпы талаптар мен құрастыру ережелері;

ГОСТ 2.105–95. Бірыңғай конструкторлық құжаттама жүйесі. Мәтіндік құжаттарға қойылатын жалпы талаптар.

АНЫҚТАМАЛАР

Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер – егістік, жайылым, көп жылдық екпелер, тыңайған жерлер және басқа да ауыл шаруашылығы үшін пайдаланылатын жерлер.

Бақылау құдығы – жер асты суларының деңгейін және сапасын бақылау үшін орнатылған құрылғы.

Геоақпараттық жүйе (ГАЖ) – кеңістіктік деректерді жинау, сақтау, талдау және визуализациялау үшін қолданылатын ақпараттық жүйе.

Деградация – топырақтың немесе жердің сапалық сипаттамаларының (физикалық, химиялық, биологиялық) нашарлауымен байланысты өнімділіктің төмендеуі.

Дренаждық жүйе – жер асты және жер беті суларының артық мөлшерін шығару үшін құрылған жүйе.

Жер асты суларының деңгейі (ЖАСД) – жер бетіне жақын орналасқан жер асты суларының тереңдігі.

Жер бетінің еңістігі – жердің көлбеу бұрышы, ол су ағысының бағыты мен жылдамдығына әсер етеді.

Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) – Жер беті туралы ақпаратты спутниктер немесе ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) арқылы тікелей байланыссыз алу әдісі.

Ирригациялық жүйелер - бұл ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді жасанды түрде суару үшін арнайы жобаланған инженерлік құрылғылар мен инфрақұрылымдар кешені.

Кобб-Дуглас өндірістік функциясы – өндіріс факторларының (еңбек, капитал, жер) арасындағы байланысты сипаттайтын математикалық модель.

Мелиорация – топырақтың немесе жердің сапасын жақсарту мақсатында жүргізілетін шаралар.

Мелиоративтік жағдай – топырақтың және жердің су, тұз, құрылым және басқа да қасиеттерінің жиынтығы.

Органикалық тыңайтқыштар – өсімдіктер мен жануарлар қалдықтарынан алынған тыңайтқыштар.

Сортаңдану – топырақтың тұздануы нәтижесінде оның құнарлылығының төмендеуі.

Суармалы жерлер – егістік жерлер, оларды суару арқылы пайдаланылатын жерлер.

Суару жүйесі – егістік жерлерді суару үшін құрылған құрылымдар мен жүйелер.

Топырақтың тұздануы – топырақта еріген тұздардың мөлшерінің артуы.

Топырақтың қайталама тұздануы - бұл ауыл шаруашылығы мақсатында суармалы егіншілік жүргізу барысында табиғи дренаждың бұзылуы немесе суару жүйелерінің дұрыс ұйымдастырылмауы салдарынан топырақтың тұз мөлшерінің қайтадан артуы.

Топырақтың құрылымы – топырақ бөлшектерінің (кұм, саз, ил) арақатынасы.

Экономикалық тиімділік – жерді пайдалану немесе мелиорация шараларының қаржылық тиімділігін бағалау.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – вегетациялық индикатор, өсімдіктердің жасыл биомасса-сын сипаттайды. NDVI төмендеуі биологиялық өнімділіктің әлсіреуін және деградациялық үрдістердің дамуын білдіреді.

SI (Salinity Index) – топырақтың тұздану деңгейін спутниктік кескіндер арқылы бағалайтын спектралдық индекс.

ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН БЕЛГІЛЕУЛЕР

- АӨК – Агроөнеркәсіптік кешен
АҚШ – Америка Құрама Штаттары
БҰҰ – Біріккен Ұлттар Ұйымы
БҰҰ АШҰ – Біріккен Ұлттар Ұйымының Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы (FAO)
БҰҰ ББ – Біріккен Ұлттар Ұйымының Биологиялық алуантүрлілік жөніндегі Конвенциясы (CBD)
БҰҰ ҚДБ – Біріккен Ұлттар Ұйымының Құрғақшылық пен жер деградациясына қарсы күрес жөніндегі Конвенциясы (UNCCD)
БҰҰ ҚК – Біріккен Ұлттар Ұйымының Климаттың өзгеруі жөніндегі Негіздемелік Конвенциясы (UNFCCC)
ГАЗ – Геоақпараттық жүйелер
ЖАСД – Жер асты суының деңгейі
ЖҚЗ – Жерді қашықтан зондтау
ЖРБК – Жер ресурстарын басқару комитеті
ЖРТБ – Жер ресурстарын тұрақты басқару
ҚР – Қазақстан Республикасы
ҚР АШМ – Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі
ҚР БҒМ БҒСБК – Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті
ҚР ЖҚЗ ҒЖ – Қазақстан Республикасы Жерді қашықтан зондтау ғарыштық жүйесі
LADA – Құрғақ аймақтардағы жер деградациясын бағалау бағдарламасы
GLASOD – Топырақтың антропогендік деградациясын жаһандық бағалау бағдарламасы
GLADA – Жердің деградациясын жаһандық бағалау
ASSOD – Оңтүстік және Оңтүстік-Шығыс Азияда адам әсерінен топырақ деградациясын бағалау
SOVEUR – Орталық және Шығыс Еуропадағы топырақ деградациясы мен осалдықты бағалау
USGS – АҚШ Геологиялық қызметі
GEF – Жаһандық экологиялық қор
NASA – АҚШ Ұлттық аэронавтика және ғарыш әкімшілігі
CARIN – Орталық Азия Аймақтық Ақпараттық Желісі
MEDALUS – Жерорта теңізі аймағындағы шөлейттену және жер пайдалануды зерттеу бағдарламасы
USLE – Топырақ шайылуын бағалауға арналған әмбебап теңдеу
NDVI – Нормалданған өсімдіктер индексі
SI – Тұздылық индексі
СДЖЖЖ – Суару және дренаж жүйелерін жетілдіру жобасы
ИДЖЖЖ – Ирригация және дренаж жүйелерін жетілдіру жобасы
РММ – Республикалық мемлекеттік мекеме

МКК – Мемлекеттік коммуналды кәсіпорын
РМК – Республикалық мемлекеттік кәсіпорын
ТҚҚ – Тік құбырлы қашыртқы
ТМД – Тұрақты даму мақсаттары
СШК – су шаруашылық каналдар
ШАА – шаруашылықаралық арналар
ж – жыл
жж – жылдар
% – пайыз
млн – миллион
м – метр
мм – миллиметр
га – гектар

КІРІСПЕ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Зерттеу ауыл шаруашылық жерлерін тұрақты пайдалану мақсатында Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі деградациялық үрдістерді бағалауға, халықты азық-түлікпен қамтамасыз етуге бағытталған және жоғары сапалы ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіру мен ауыл шаруашылығы өндірістерінің табыстылығын арттыру мақсаттарын көздейді. Диссертациялық зерттеу келесідей Қазақстан Республикасының негізгі мемлекеттік құжаттарын іске асырумен сәйкес келеді: «Қазақстан-2050» даму стратегиясы, «Қуатты АӨК» ұлттық жобасы (2024-2028), Қазақстан Республикасының ауылдық аумақтарын дамытудың 2023-2027 жылдарға арналған тұжырымдамасы, Қазақстан Республикасының "жасыл экономикаға" көшуі жөніндегі тұжырымдамасы, және Тұрақты даму мақсаттарының (ТДМ) 13.5, 15.3 міндеттері. Зерттеу нәтижесінде көпжылдық далалық зерттеу жұмыстары мен қашықтан зондтау деректері негізінде ауылшаруашылық жерлерін ұтымды пайдалану мәселелерін шешу құралы ретінде суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді жедел мониторинг жасау және олардың алдын алу бойынша кешенді-мелиоративтік схемалары ұсынылды.

Жұмыстың өзектілігі. Диссертациялық зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасының ұлттық басымдықтарына сәйкес келеді және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында суармалы жерлерді тиімді пайдалану мәселелерін шешуге бағытталған.

Жаһандық климаттың өзгеруі, топырақ жамылғысына антропогендік әсердің күшеюі әртүрлі деградация түрлерінің дамуына ықпал етіп отыр. Деградация қаупі аймақ климатының шөлденуімен және суармалы алқаптарындағы егістік жерлерінде суару жүйелерінің дұрыс жүргізілмеуі салдарынан күшеюде.

Қазіргі әлеуметтік-экономикалық жағдайларда азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін республиканың ауыл шаруашылығын тұрақты дамыту өзекті болып табылады. Түркістан облысы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер ресурстарына бай Қазақстанның ауыл шаруашылығына маманданған ірі аудандарының бірі. Облыстағы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің жалпы ауданы 10 042,4 мың га құрайды (2023 ж), оның ішінде егістік жерлер 931,0 мың га болса, оның 459,8 мың га немесе 49,3% суармалы жерлерді құрайды [1]. Түркістан облысының үлесіне республиканың суармалы жерлерінің 25,3 % тиесілі. Қазақстан Республикасында 2022 жылы егістік жерлерден түскен табыстың 45% немесе 820,5 млрд теңге суармалы жерлердің үлесіне тиесілі болды [2].

Республикада мақта өндірісінің 100%, бау-бақша және көкөніс дақылдары өндірісінің 40,8% және жүгері өндірісінің 25% Түркістан облысының суармалы жерлеріне тиесілі.

2024 жылғы мәліметтер бойынша облыстағы суармалы жерлердің 30 % астамы деградацияға, соның ішінде тұздануға ұшыраған.

Аталған жағдайда облыстағы суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді бағалау және оларды тиімді пайдадану бойынша ұсыныстар әзірлеу аймақтағы ауыл шаруашылығы өндірісін жоспарлау және климаттың өзгеруі жағдайында ауыл шаруашылық алқаптарын тұрақты пайдалану үшін өзекті болып отыр. Суармалы жерлерді тиімді пайдалану аймақтағы ауыл шаруашылық өндірісін дамуымен қатар, ауыл халқының өмір сүру сапасын көтеруге мүмкіндік береді.

Зерттеу нысаны: Түркістан облысының суармалы егістік жерлері

Зерттеу пәні: суармалы жерлердегі деградациялық үрдістер

Зерттеу жұмысының мақсаты. Жерді қашықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі деградациялық үрдістерді бағалау

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін келесі *міндеттер* айқындалды:

- суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді бағалаудың теориялық және әдіснамалық негіздерін айқындау, бағалау әдістеріне талдау жасау;
- Түркістан облысындағы суармалы жерлердің қазіргі мелиоративтік жағдайын талдап, суармалы жерлердегі деградация үрдістерінің түрлері мен деградациялық үрдістерді қозғаушы негізгі факторларды анықтау;
- Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері негізінде суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді анықтау және картографиялау;
- ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелерді далалық зерттеу жұмыстары арқылы алынған деректермен верификациялау және суармалы жерлердегі деградациялық үрдістердің карталарын құрастыру;
- зерттеу аумағындағы негізгі учаскелерде деградация салдарынан келтірілген экономикалық шығынды анықтау және суармалы жерлердегі деградациялық үрдістердің алдын алу және оларды қалпына келтіру бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу әдістері: облыстағы суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді қозғаушы негізгі – жер асты суының шектен тыс көтерілуі мен жер асты суының құрамындағы тұздарды анықтау мақсатында «ҚР суармалы жерлердің мелиорациялық жай-күйінің мониторингін және оны бағалауды және ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің мелиорациялық жай-күйі талдау қағидаттарына» сәйкес далалық зерттеу әдістері қолданылды. Сонымен қатар, зерттеу барысында Түркістан облысының суармалы жерлерін Жерді Қашықтан Зондтау (ЖҚЗ) спутниктік суреттері арқылы талдау жүргізілді.

Диссертациялық жұмыста Жерді қашықтан зондтау әдістері суармалы жерлердің жай-күйін бақылау және олардың деградациялық үрдістерін бағалаудағы маңызды ғылыми құрал ретінде кеңінен қолданылды. Қашықтан зондтау деректері топырақты, соның ішінде тұздану мен эрозияға аумақтарды бағалау мен картаға түсіруді жеткілікті дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді.

Қашықтан зондтау деректерін талдау арқылы деградацияға ұшыраған учаскелерді уақытылы анықтап, олардың кеңістіктік таралу заңдылықтарын айқындауға, сондай-ақ агро-мелиоративтік іс-шараларды жоспарлауға ғылыми негіз жасауға болады. Мұндай тәсілдер дәстүрлі далалық зерттеу әдістерімен

салыстырғанда уақыт пен ресурстарды үнемдей отырып, аумағы үлкен өңірлерде жоғары дәлдіктегі бақылау жүргізуге мүмкіндік береді.

Тұздану мен деградация деңгейін бағалау үшін NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI, IPVI сияқты вегетациялық, NDSI, SI1, SI2, SI3, S2, S3, S4, S5, S6 тұздылық индекстері және NDWI мен MNDWI сияқты су индекстері қолданылды. Алынған нәтижелер далалық зерттеулер мен топырақ үлгілерін сараптау арқылы тексерілді.

Жұмыста жоғарады аталған әдістермен қатар мониторингтік бақылаулар; зертханалық талдаулар, статистикалық деректерді өңдеу тәсілдері қолданылды.

Зерттеу барысында алғашқы ақпаратты жинау келесі дереккөздерге сүйене отырып жүзеге асырылды: қашықтан зондтау деректерінің базасы, жүргізілген далалық зерттеулердің материалдары, Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросының ресми статистикалық деректері; ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігі, Ауыл шаруашылығы министрлігіне қарасты Жер ресурстарын басқару комитеті; Түркістан облысының облыстық және аудандық әкімдіктері жанындағы ауыл шаруашылығы басқармалары және басқа да ұйымдар.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесі ұстанымдармен анықталады

Алғаш рет Түркістан облысы үшін суармалы егістіктерді ұтымды және тұрақты пайдаланудың басым бағыттарын айқындауға мүмкіндік беретін суармалы жерлердегі деградациялық үрдістер ЖҚЗ деректері негізінде кешенді бағаланды;

- Көпжылдық далалық зерттеу жұмыстарының нәтижесінде, зерттеу аумағындағы тұздану үрдістерінің негізгі қозғаушы күштері болып санадатын жер асты суының деңгейі, жер асты суының химиялық құрамдары анықталып, алғаш рет 1:100 000 масштабта Мырзашөл мен Қызылқұм суармалы алқаптарының карталары әзірленді.

- Көпжылдық мұрағаттық және өзекті ЖҚЗ деректерін өңдеу және далалық зерттеу нәтижелерімен верификациялау арқылы Мырзашөл мен Қызылқұм суармалы алқаптарындағы топырақ жамылғысының тұздану дәрежелерін анықтау негізінде қолданбалы бағалау карталары әзірленді

Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректерін пайдалана отырып, автоматтандырылған авторлық үлгі (модель) арқылы алғаш рет Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі деградациялық үрдістерді бағалау мақсатында вегетациялық (NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI, IPV), және тұздану (NDSI, SI1, SI2, SI3, S2, S3, S4, S5, S6) индекстері есептелініп, өңірдегі тұздану үрдістерінің кеңістіктік таралуы мен уақыттық өзгеру динамикасына талдау жасалынды;

- Алғаш рет суармалы егістік алқаптарындағы әртүрлі деңгейде (орташа, күшті және өте күшті) тұздану үрдісінен болған экономикалық шығындар анықталып, облыстағы суармалы алқаптарды ұтымды пайдалану бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар құрастырылды

Зерттеудің ғылыми және практикалық құндылығы. Диссертациялық зерттеудің теориялық-әдістемелік негізі жер пайдалану, геоэкология, ауыл

шаруашылығы бағытындағы табиғатты пайдалану және басқа да салалар бойынша жетекші ғылыми мектептер мен олардың өкілдерінің еңбектеріне сүйенеді. Қазақстан Республикасының Түркістан облысы суармалы жерлерді зерттеу барысында келесі ғалымдардың теориялық және әдістемелік тұжырымдамалары пайдаланылды: Николаев В.А. [3]; Варламов, А.С., Гальченко С. А. [4]; Волков С.Н., Троицкий В. П., Гендельман М. А. [5]; Г.П. Глазунова, Кузнецов М.С. [6]; Сейфуллин Ж.Т., Сейтхамзина Г.Ж. [7]; Есполов Т.И. [8]; Жамалбеков Е.У. [9]; Сапаров А.С. [10,11]; Lal R., [12,13]; K.G. Turner [14], P.H. Verburg [15], H.J. Geist [16] және басқа да зерттеушілер.

Зерттеу нәтижелерінің теориялық маңызы ауыл шаруашылығы жерлерін пайдалану саласында жаңа ғылыми білімдердің алынуымен айқындалады. Зерттеу барысында алынған ғылыми нәтижелер жер пайдалануы мен жерге орналастыру, жер ресурстарын ұтымды пайдалану салаларындағы ауыл шаруашылығы ғылымдарының дамуына оң әсерін тигізеді және суармалы жерлерді пайдалану үдерісінде су мен топырақты сақтау технологияларын енгізу бойынша ғылыми-тәжірибелік білімді толықтырады.

Жұмыстың практикалық құндылығы мен маңыздылығы суармалы жерлердің өнімділігінің төмендеуімен байланысты бірқатар мәселелерді шешу мүмкіндігімен сипатталады. Бұл, ең алдымен, басқарушы құрылымдарды және ауыл шаруашылығы субъектілерін арнайы ақпаратпен, картографиялық материалдармен, ғылыми негізделген талаптар мен ұсыныстармен қамтамасыз ету арқылы жүзеге асырылады.

Зерттеу жұмысы Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі деградациялық үрдістерді бағалау мен мониторингтеуде Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректерін қолданудың тиімді әдістерін ұсынды. Суармалы жерлердің деградациясын бағалау үшін анықталған критерийлер, алынған мониторинг деректері және авторлық деградация карталары жердің экологиялық жағдайын кеңістіктік және уақыттық тұрғыда жан-жақты талдауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, жердің интегралды деградациясын бағалау нәтижелері мен деградацияға ұшыраған аумақтарды қалпына келтіру бойынша ұсыныстар тұрақты жер пайдалану және суармалы жерлерді тиімді басқару саласында ғылыми негіз ретінде қызмет етеді.

Зерттеу нәтижелері Түркістан облысының ауыл шаруашылығы мен ауылдық жерлерін дамытуға арналған бағдарламалық құжаттарды дайындауда, сондай-ақ жаңа технологияларды енгізу арқылы суармалы жерлерді тиімді пайдалану және мелиорациялық шараларды жоспарлауда практикалық маңызға ие. Осылайша, жұмыс өңірдің әлеуметтік-экономикалық дамуын қамтамасыз етуде және жер ресурстарын тұрақты басқаруда маңызды ғылыми-тәжірибелік негіз бола алады.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша құрастырылған Мырзашөл суармалы алқабының жер асты суларының деңгейі, жер асты суларының тұздылығы және топырақ жамылғысының тұздану карталарына авторлық құқық алынды (Авторлық құқық № 61184 04.08.2025, № 61183 04.08.2025, № 61185 04.08.2025) (Қосымша А)

Қорғауға ұысынылатын негізгі тұжырымдамалар:

- Түркістан облысындағы суармалы жерлерді тиімді басқару жерлердің мелиоративтік жағдайын және олардың табиғи-ресурстық әлеуетін ескеру негізінде жүзеге асырылуы тиіс. Бұл ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер ресурстарын ғылыми негізде тұрақты пайдалануды қамтамасыз етеді;

- Суармалы жерлердің табиғи-экологиялық мүмкіндіктерін ескермей қарқынды пайдалану топырақ жамылғысының деградациясына, қайталама тұздануға және өнімділіктің төмендеуіне алып келеді. Мұндай үрдістерге мониторинг жүргізу және бағалау жерге орналастыру жүйесінде маңызды міндет болып табылады;

- Жерге орналастыру саласындағы зерттеулерде Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) әдістерін қолдану деградациялық үрдістерді кеңістіктік және уақыттық тұрғыдан нақты анықтап, оларды картографиялауға мүмкіндік береді. Бұл жер мониторингін жүргізу мен жер ресурстарын басқаруды жетілдіруге жағдай жасайды.

- Қашықтан зондтау деректері, далалық зерттеу және верификация нәтижелері негізінде әзірленген деградация карталары суармалы жерлердің мелиорациялық жағдайын қалпына келтіру мен ұтымды пайдалану бойынша басқарушылық шешімдерді негіздеуге мүмкіндік береді және Түркістан облысында заманауи цифрлық технологияларды жерге орналастыру тәжірибесіне енгізуге жол ашады.

- Жерді қашықтан зондтау және далалық зерттеулер деректері мен экономикалық шығындарды бағалау негізінде әзірленген суармалы жерлерді ұтымды пайдалану мен қалпына келтіруге бағытталған ғылыми негізделген ұсынымдарды іске асыру Түркістан облысында ауыл шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз етуге ықпал етеді.

Негізгі ғылыми жұмыстар жоспарымен байланысы. Диссертациялық жұмыс «Тұрақты жер пайдалану мақсатында Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі деградациялық үрдістерді бағалау» ғылыми гранттық жобасы (ЖТН АР23490857, 2024-2026 жж.) аясында орындалған.

Зерттеудің апробациясы

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері мен тұжырымдары келесі конференцияларда баяндалды:

- «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы (2021 және 2022, Алматы, ҚР);

- CARIN (Central Asia Regional Information Network) Орталық Азия Аймақтық Ақпараттық Желісінің аймақты семинары (2023, Бішкек, Қырғызстан);

- әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің 90 жылдығына және ауыл шаруашылық ғылымдарының докторы, профессор Жамалбеков Есбол Усимбековичтің туғанына 90 жыл толуына арналған «Топырақты қорғаудың және жер ресурстарын тұрақты пайдаланудың заманауи мәселелері» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (2024, Алматы, ҚР).

Диссертациялық зерттеудің нәтижелері бойынша жалпы 10 басылым еңбектері жарияланды, оның ішінде Scopus және WoS базасына енетін журналдарда 3, ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдарда 4 және конференция жинақтарында 3 мақала жарияланды.

Жұмыстың құрылымы

Диссертациялық жұмыс 141 беттен, 26 кестеден, 54 суреттен тұрады. Жұмыстың құрылымы кіріспеден, 4 тараудан, қорытындыдан, 173 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және 9 қосымшадан тұрады.

1 СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДЕГІ ДЕГРАДАЦИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРДІ БАҒАЛАУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ӘДІСНАМАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

1.1 Жер деградациясының анықтамасы, түрлері және олардың жіктелуі

Жер деградациясы – әлемдегі ең өзекті экологиялық мәселелердің бірі және оның тез арада алдын алу іс-шараларын жүргізбесе күшею қаупі өте жоғары. БҰҰ-ның Азық-түлік және ауыл шаруашылық ұйымы (ФАО) мен Шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі Конвенциясының (КБОООН) 2023 жылғы деректері бойынша қазіргі таңда дүние жүзіндегі жалпы жер ресурстарының 20-40% деградацияға ұшыраған [17,18].

Биоәртүрлілік және экожүйе қызметтері жөніндегі үкіметаралық ғылыми-саясат платформасының (МПБЭУ/IPBES) мәліметтері бойынша, егер осы тенденциялар жалғаса берсе, 2050 жылға қарай Жер шарының ауыл шаруашылығында пайдаланылып жатқан жер ресурстарының 90% айтарлықтай деградацияға ұшырайды. Ал, әлемнің құрғақ аймақтарында өмір сүретін 4 млрд. адам болса, соның 50-700 млн адамы қоныс аударуға мәжбүр болады және жаһандық ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігі кейбір аймақтарда орта есеппен 10% - дан 50% - ға дейін төмендейді [19]. Бұл өсіп келе жатқан халықтың қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін ауыл шаруашылығын кеңейту, ормандарды кесу және мал жаю сияқты адам әрекеттерімен тікелей байланысты.

2000-2019 жж аралығында әлемдік жалпы ауыл шаруашылығы жерлерінің көлемі 16%-ға ұлғайған, оның ішінде суармалы егістік алқаптары екі есеге, ал жалпы ауыл шаруашылығы өндірісі 3 есеге артқан. Дегенмен, қазіргі таңда жер шарындағы 1 млрд. жуық адам аштықтан зардап шегуде. Азық-түлікке сұраныстың артуы, жаһандық тамақтану дағдыларының өзгеруі, биоотын өндірісі, урбанизация және басқа да көп бағыттағы талаптар планетаның жер ресурстарына үлкен жүктеме түсіруде [20].

Б.Г. Розановтың (1984) деректері бойынша [21] адамзат тарихында құнарлы жерлерді жарамсыз антропогендік шөлдерге айналдыру арқылы 1,5-2,0 млрд. га жуық егістік жерлер біржола қолданыстан шығып қалған. Сонымен қатар, жыл сайын деградация мен шөлейттену үрдістерінің салдарынан ауыл шаруашылығына келетін шығындар 12 млрд. АҚШ долларын құрап, 7 млн. га жуық егістік жерлер деградациялық үрдістердің есебінен қолданыстан шығып отырады.

D. Pimental (1995) бойынша [22] жылына дүние жүзінде 10 млн. га егістік жерлер деградацияға ұшырайды, бұл шамамен Германияның 1/3 бөлігін құрайды. Ал, F.A. Leal Pacheco (2018) [23] деректері бойынша соңғы жылдары жыл сайын 12 млн.га жуық ауыл шаруашылығы жерлері деградацияға ұшырауда. Деградацияға ұшыраған жерлердегі топырақ атмосфераға көміртегі мен азот оксидін бөліп, жер деградациясы климаттың өзгеруіне ықпал жасайтын маңызды факторлардың біріне айналады [24,25].

1977 жылы БҰҰ-ның шөлейттенуге қарсы конференциясы шөлейттенуге қарсы іс-қимыл жоспарын қабылдады. Шөлейттену мен жер деградациясының негізгі критерийлері 1990 жылы Найробиде өткен халықаралық конференцияда БҰҰ-ның Шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі конвенциясының (UNCCD) 1-бабының 1-бөлігінде (17.06.1994, Париж) шөлдену мен деградация үрдістеріне байланысты келесідей «терминдерді қолдану» анықтамалары берілген [26]:

а) *«шөлейттену»* климаттың өзгеруі мен адам әрекетін қоса алғанда, әртүрлі факторлардың әсерінен құрғақ, жартылай құрғақ және субгумидті аймақтардағы жер деградациясын білдіреді;

б) *«шөлейттенуге қарсы күрес»* тұрақты даму мүддесі үшін құрғақ, жартылай құрғақ және құрғақ субгумидті аудандарда жер ресурстарын кешенді дамытудың бөлігі болып табылатын және келесідей бағыттағы қызметтерді қамтиды:

- жер деградациясын болдырмау және/немесе азайту;
- ішінара деградацияға ұшыраған жерлерді қалпына келтіру;
- шөлейттенуден зардап шеккен жерлерді қалпына келтіру.

в) *«құрғақшылық»* жауын-шашын мөлшері қалыпты белгіленген деңгейден едәуір төмен болған кезде пайда болатын табиғи құбылысты білдіреді, бұл жер ресурстарының өнімділігіне теріс әсер ететін гидрологиялық тепе-теңдіктің елеулі бұзылуын тудырады;

г) *«жер»* топырақ, су, өсімдіктер, басқа да биомассалар, сондай-ақ жүйе ішінде болып жатқан экологиялық және гидрологиялық үрдістерді қамтитын жердегі биопродуктивті жүйені білдіреді;

д) *«жер деградациясы»* жерді пайдалану, бір немесе бірнеше үрдістердің әрекеті нәтижесінде құрғақ, жартылай құрғақ және құрғақ субгумидті аудандардағы суарылмайтын, суармалы егістік жерлердің немесе жайылымдардың, ормандар мен орманды алқаптардың биологиялық және экономикалық өнімділігі мен күрделі құрылымының төмендеуін немесе жоғалуын білдіреді, оның ішінде топырақтың жел және/немесе су эрозиясы; топырақтың физикалық, химиялық және биологиялық немесе экономикалық қасиеттерінің нашарлауы; табиғи өсімдік жамылғысының ұзақ мерзімді жоғалуы сияқты үрдістері адам қызметіне және қоныстану құрылымдарына байланысты болады;

е) *«құрғақ, жартылай құрғақ және құрғақ субгумидті аудандар»* - бұл полярлық және субполярлық аудандардан басқа, жауын-шашынның орташа жылдық деңгейінің ықтимал булану транспирациясына қатынасы 0,05-тен 0,65-ке дейін болатын аудандар.

Әр түрлі ғылыми дереккөздерде топырақ пен ауылшаруашылық жерлеріндегі деградация үрдістерінің әр түрлі жіктелімдері мен жиынтығы бар [27-34] (Қосымша Ә).

В.В. Снакин және Н.Г. Ковалев [35,36] жер мен топырақ деградациясын негізгі 3 түрге бөліп көрсеткен: физикалық деградация, химиялық деградация және биологиялық деградация (1-сурет).



1-сурет. Топырақ деградациясының түрлері.

Ф.Р. Зайдельман және Э.Н. Молчанов [37,38] топырақ қасиеттерінің өзгеруіне себепші болатын үрдістердің бағыттарына байланысты негізгі 4 санатқа (немесе түрлерге): физикалық және механикалық; химиялық және физика-химиялық; биологиялық және биохимиялық; гидрологиялық топырақ деградациясы бөліп, оларға келесідей анықтамасын берген:

Физикалық және механикалық топырақ деградациясына – топырақтың құрылымының, тығыздығының, агрегаттық күйінің бұзылуы, су-физикалық қасиеттері мен режимдерінің нашарлауы, сондай-ақ топырақ материалының механикалық бұзылуы немесе жойылу үрдістері (жиі оның түйіршіктік құрамының өзгеруімен қатар) кіреді. Бұған су және жел эрозиясы үрдістері де жатады.

Химиялық және физикалық-химиялық топырақ деградациясы - топырақтың сіңіру кешенінің, қышқыл-сілтілік қасиеттерінің, тотығу-тотықсыздану потенциалының, макро және микроэлементтердің, соның ішінде өсімдікке қажетті қоректік элементтердің құрамының теріс өзгеру үрдістерін қамтиды. Бұл өзгерістер гумустың азаюына, топырақтың тұздануына, сортаңдануына, агрошаршауға, топырақтың қышқылдануына және ластануына әкеледі.

Биологиялық және биохимиялық топырақ деградациясы - топырақ организмдерінің сандық және сапалық құрамының теріс өзгерістерін, топырақтың патогенді микроорганизмдермен ластануын, сондай-ақ санитарлық-эпидемиологиялық көрсеткіштердің нашарлауын қамтиды.

Гидрологиялық топырақ деградациясы – топырақтың су режимінің қолайсыз өзгерістерімен байланысты, олар су шаруашылығы, мелиорациялық, жол құрылыс және басқа да өндірістік шараларды тиімсіз қолданудан туындайды және бұл батпақтану, су басу сияқты үрдістермен көрінеді.

БҰҰ-ның шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі конвенциясы (КБОООН) топырақ деградациясы уақыт өте келе сапалық (тұздану) және сандық (эрозия) түрде болатынын көрсетіп жоғарыда аталған авторлар сияқты 3 түрін анықтап, келесідей анықтамаларын берген [39].

Физикалық деградация – бұл топырақ профилінің бұзылуы салдарынан топырақтың құрылымдық өзгеруі, яғни нашарлауы. Физикалық деградация ауа-су режимінің бұзылуына, жер үсті суын инфильтрациясының төмендеуіне, ағынның жоғарылануына және су балансының нашарлауына алып келеді. Уақыт өте келе бұл өсімдіктер мен биотаға қол жетімді газдардың азаюына әкеледі. Физикалық деградация үрдістеріне эрозия, топырақтың тығыздалуы және жер бетіндегі қыртыстардың пайда болуы жатады.

Химиялық деградация – бұл топырақтағы химиялық теңгерімсіздікке әкелетін үрдістер, соның ішінде тұздану, қоректік заттардың жоғалуы, топырақтың қышқыл және улы заттармен ластануы.

Биологиялық деградация – топырақ құрылымын жасанды түрде бұзу (мысалы, өңдеу арқылы) оттегімен қанықтыру және органикалық заттардың шамадан тыс минералдану салдарынан топырақ биотасының шамадан тыс белсенділігіне, құрылымның бұзылуына және қоректік заттардың жоғалуына әкелуі мүмкін.

Сонымен қатар, БҰҰ-ның шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі конвенциясы (КБОООН) топырақ деградациясының қозғаушы күштерін екі түрге бөліп көрсеткен: (I) тікелей қозғаушы күштер және (II) жанама немесе негізгі қозғаушы күштер. Тікелей қозғаушы күштер табиғи (жер сілкінісі, көшкін, құрғақшылық, су тасқыны және т.б.) және антропогендік (ормандарды кесу, сулы-батпақты жерлерді құрғату, шамадан тыс малды жаю, жерді пайдаланудың ұтымсыз әдістері, ауылшаруашылық, өнеркәсіптік және қалалық аудандардың өсуі және т.б.) жолмен дамидынын атап көрсеткен [39].

Ал, америкалық топырақтанушы R. Lal топырақ деградациясын физикалық, химиялық, биологиялық және экологиялық деп 4 топқа (2-сурет) бөліп анықтамасын берген [40].

Топырақтың физикалық деградациясы – топырақтың құрылымдық атрибуттарының, соның ішінде топырақтың кеуектілік пен сіңіру қасиеттерінің бұзылуына алып келеді. Нәтижесінде топырақ тығыздалып, судың сіңуінің төмендеуін, жер үсті ағынының жоғарылауын, жел мен су эрозиясын, топырақ температурасының үлкен ауытқуын және шөлейттенуге бейімділігін арттырады.

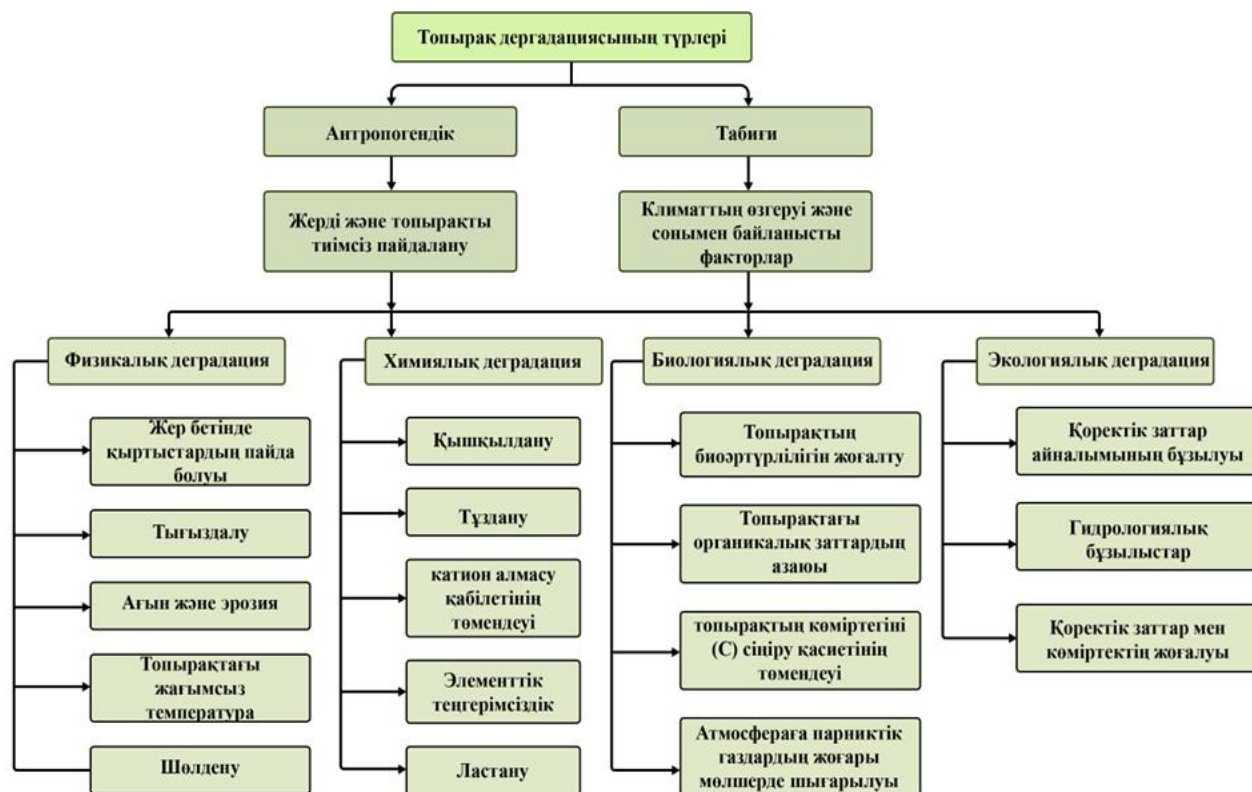
Топырақтың химиялық деградациясы – топырақ құрамының қышқылдануы, тұздануы, қоректік заттардың сарқылуы, катион алмасу қабілетінің төмендеуі, Al немесе Mn уыттылығының жоғарылауымен, Ca немесе Mg жетіспеушілігімен, NO₃-N немесе басқа да маңызды өсімдік қоректік

заттарының сілтіленуімен немесе топырақтың өндірістік қалдықтарымен ластануымен сипатталады.

Топырақтың биологиялық деградациясы – топырақтағы органикалық көміртегі қорының сарқылуын, топырақтың биоәртүрлілігінің жоғалуын, топырақтың көміртегіні (C) сіңіру қасиетінің төмендеуі және парниктік газдар шығарындыларын атмосфераға шығару қабілетінің жоғарлауы. Топырақтың биологиялық деградациясының ең ауыр зардаптарының бірі парниктік газдар шығындыларын (яғни, CO₂ және CH₄) сіңіруші емес атмосфераға шығарушы көзіне айналады.

Экологиялық деградация жоғарыда аталған үшеуінің комбинациясын көрсетеді және элементтік цикл, судың инфильтрациясы және тазартылуы, гидрологиялық циклдің бұзылуы және таза биомасса өнімділігінің төмендеуі сияқты экожүйе функцияларының бұзылуына әкеледі [40].

R. Lal деректері бойынша топырақ деградациясының негізгі қозғаушы күштерін 2 топқа бөліген: (I) антропогендік және (II) табиғи. Антропогендік қозғаушы күштерге – физикалық және химиялық деградация, ал табиғи қозғаушы күштерге – биологиялық және экологиялық деградация түрлері жататынын атап көрсеткен (2-сурет).



2-сурет. Lal бойынша топырақ деградациясының түрлері мен жіктелуі.

Топырақтың профильдік және жалпы биосфералық деградация түрлерін қосымша қамтитын деградациялық үрдістердің өте егжей-тегжейлі кестесін M.B.

Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университетінің ландшафт геохимиясы және топырақ географиясы кафедрасы ұсынған. Топырақ деградациясының түрлерін жіктей отырып, олардың әсерін және әсерді жою немесе азайту бойынша ұсыныстар әзірлеген [41]. Олардың жіктемесі бойынша деградация үрдістері негізгі 5 түрге: химиялық, физикалық, биологиялық, профильдік, географиялық және жалпы биосфералық деградация деп қарастырылған (Қосымша Б).

БҰҰ-ның Азық-түлік және ауылшаруашылық ұйымы (FAO) 1994 [42] жылы Оңтүстік Азиядағы жердің деградациясының себептері мен салдарын қарастыратын «Land Degradation in South Asia: Its Severity, Causes and Effects upon the People» (Оңтүстік Азиядағы жердің деградациясы: Оның Зардабы, Себептері және Адамдарға әсері) есебін жариялады.

K.G. Turner [14], P.H. Verburg [15] және H.J. Geist [16] өздерінің зерттеулерінде жер деградациясының негізгі қозғаушы күштеріне кеңінен талдау жасаған. Олардың зерттеулері бойынша, жер деградациясының қозғаушы күштері көп және күрделі болуы мүмкін, олар уақыт пен кеңістік бойынша әртүрлі өзара әрекеттесулерден туындайды және әр жағдай өзіндік ерекшелікке ие. Оларға жер бедері, жер жамылғысы және өсімдік жамылғысы, топырақтың тұрақтылығы, климат және жер ресурстарын нашар басқару сияқты жақын маңдағы факторлар, сондай-ақ кедейлік, орталықсыздандыру, ауыл шаруашылығын кеңейту қызметтеріне қол жеткізу, жер жамылғысының өзгеруі және тауар нарығына қол жеткізу сияқты негізгі факторларды атап өткен. Сонымен қатар, Johnson, Douglas мен Lewis, Laurence [43, 44] өздерінің 1994 жылы және 2007 жылдары жарық көрген «Land Degradation: Creation and Destruction» тақырыбындағы кітаптарында жер деградациясы үрдістері мен олардың себептерін егжей-тегжейлі талдаған.

FAO [42] жер деградациясының себептерін – *табиғи қауіптер (природные опасности), тікелей себептер (прямые причины) және негізгі себептер (основные причины)* деп 3 топқа бөлген. **Біріншіден**, *табиғи қауіптер (природные опасности)* – бұл жер деградациясының орын алу қаупін арттыратын биофизикалық экологиялық факторлар болып табылады. Бұл факторлар табиғи болып табылады, алайда олардың әсері жерді теңгерімсіз пайдалану немесе дұрыс емес басқару әдістерімен күшеюі мүмкін.

Кейбір жағдайларда табиғи қауіптер адамның іс-әрекетінсіз-ақ өнімсіз жерлердің пайда болуына алып келетіндей қарқынды. Алайда, жер ресурстарын пайдалануды дұрыс жоспарлау және табиғи ресурстарды тұрақты басқару арқылы олардың әсерін азайтуға болады.

Екіншіден, жердің деградациялық үрдістерге ұшырауына алып келетін себептердің бірі – *тікелей себептер* [42]. Бұл – жерді тиімсіз пайдалану мен жер ресурстарын басқарудың тиімсіз жүргізілуімен байланысты, яғни әртүрлі түрдегі адамның іс-әрекеті нәтижесінде жердің деградацияға ұшырауы.

Turner [14] және Van Lynden [45] жер деградациясына әсер етуші *тікелей себептерді* келесідей жіктеген:

– *ауыл шаруашылығы қызметінің тиімсіз жүргізілуі;*

– *ормандарды кесу және табиғи өсімдіктерді жою;*
– *өсімдіктерді тұрмыстық мақсатта шамадан тыс пайдалану:* отын ретінде пайдаланылатын ағаш немесе басқа өсімдіктердің қайта қалпына келу үрдісіне қарағанда көбірек кесілуі мен топырақты қорғайтын жергілікті табиғи өсімдіктердің жойылуы.

- *жайылдарды шектен тыс пайдалану;*
- *жер беті және жер асты су ресурстарын шамадан тыс пайдалану;*
- *өнеркәсіптік қызмет;*

Жер деградациясының тікелей себептері көбінесе адамдардың шешімдеріне және жердің ұзақ мерзімді экологиялық жағдайы мен тұрақтылығын ескермеген әрекеттеріне байланысты. Осы әсерлерді азайту үшін тұрақты басқару тәжірибелері қолданылуы керек.

Үшіншіден, жердің деградациялық үрдістерге ұшырауына алып келетін себептердің бірі – *негізгі себептер* [42]. Негізгі себептер жерді пайдаланудың және жер ресурстарын басқарудың тиімсіз түрлерін қолдануға алып келетін себептер. Олар әдетте жер пайдаланушылардың әлеуметтік-экономикалық жағдайларымен немесе олардың жұмыс істейтін әлеуметтік, мәдени, экономикалық және саяси ортасымен байланысты.

Жердің деградациясының сипаты, ауқымы мен қаупі, сондай-ақ жекелеген ауылшаруашылық дақылдарының, ағаштардың және мал шаруашылығы кәсіпорындарының әлеуетті тұрақты өнімділігі нақты аймақтағы басым биофизикалық жағдайларға байланысты анықталады. Жерді нақты қандай мақсатта пайдалану және қолданылуы тиіс басқару әдістері туралы шешімдер, ең алдымен, жеке ауылдық үй шаруашылықтарының жұмыс істейтін әлеуметтік-экономикалық жағдайларына тәуелді болады. Жерді пайдалану жөніндегі қазіргі кәсіпорындар мен басқару әдістері жердің деградациясын жеделдетуі мүмкін болғанымен, техникалық шешімдер жергілікті әлеуметтік-экономикалық шектеулер аясында жұмыс істеп, оларды шешуге мүмкіндік берсе ғана табысты болмақ.

1.2 Жер ресурстарының деградациялық үрдістерін зерттеу тәжірибелеріне шолу

Жер ресурстарының деградациялық үрдістерін зерттеу топырақ пен қоршаған ортадағы физикалық, химиялық және биологиялық өзгерістер сияқты көптеген аспектілерді қамтитын күрделі үрдіс. Бұл саладағы эксперименттер деградацияның алдын алудың себептерін, салдарын және ықтимал әдістерін анықтауға бағытталған далалық, зертханалық, ГАЖ, ЖҚЗ және т.б зерттеулерді қамтиды [46].

Қазіргі таңда әлемнің әртүрлі аймақтарында жер деградациясының себептерін және оның әсерін азайту мақсатында түрлі зерттеу бағыттары мен тәжірибелері кеңінен қолданылуда [47]. Атап айтқанда, *биофизикалық факторлар (табиғи), эрозиялық үрдістер, топырақтың тұздану үрдістерін зерттеу тәжірибелері, топырақтың өнімділігін жоғалту үрдістерін зерттеу,*

ормандарды кесу және өсімдік жамылғысының сиректелуі бойынша тәжірибелер, *атропогендік факторлардың* жер деградациясына әсері, климаттық өзгерістерді үлгілеу, деградацияға ұшыраған жерлерді қалпына келтіру тәжірибелері және т.б. Сондай-ақ, соңғы жылдары жер деградациясын бағалауға арналған әртүрлі көрсеткіштерге (индикаторлар) негізделген көптеген халықаралық зерттеу ұйымдары мен зерттеушілердің есептері бар [48].

J. Dumanski мен C. Pieri [49] жер сапасының өзгеруі мен оларды басқаруды бағалауда индикаторларды пайдалану концепциясын ұсынған. Индикаторлар белгілі бір нысанның немесе құбылыстың жағдайын, сапалық өзгерістерін немесе жай-күйін сипаттайтын статистикалық деректер немесе өлшемдер. Олар нысандардың күйін талдауға, сондай-ақ өзгерістерді мониторингтеуге арналған құрал болып табылады, ұзақ мерзімді кезеңдегі үрдістер мен жетістіктерді салыстыру мүмкіндігін ұсынады.

Жер деградацияларын зерттеу индикаторлары бұл жетістіктерді, өзгерістерді немесе орындалу деңгейін бағалауға негіз болатын сандық немесе сапалық сипаттамалар, олар нақты жағдайдың өзгерістерін бақылауға мүмкіндік беретін қарапайым және сенімді ақпарат көзін ұсынады. Олар ұзақ уақыт бойы өлшенетін ақпарат бірлігі болып табылады, нақты жағдайдың өзгерісін көрсетуге көмектеседі. Зерттеу контексінде бір мақсат немесе міндет көптеген индикаторлармен байланыста болуы мүмкін, бұл прогресті кешенді бағалауға мүмкіндік береді.

H. Haberl [50] зерттеулерінде жерді пайдалану және тұрақтылық индикаторлары, A. Lane [51] еңбектерінде құрғақ аймақтардағы биоалуантүрлілік индикаторлары, A. Ghani [52] жұмысында топырақ сапасының және топырақтағы органикалық көміртегі қосылыстарының индикаторлары, ал K. Syers [53] зерттеулерінде топырақтағы қоректік заттар балансының индикаторлары бойынша талдаулар жасалынған. Жер деградациясын зерттеуде биофизикалық индикаторлар, әлеуметтік - экономикалық және институционалдық индикаторларды пайдалану M.J. Kirkby, Kuhlmann, Snel және Bot еңбектерінде кеңінен қолданылған [54].

БҰҰ қарасты ФАО (Ауыл шаруашылығы және азық түлік ұйымы), UNEP (Қоршаған орта жөніндегі бағдарламасы), ISRIC (Халықаралық геоақпарат және топырақтану институты) және WOCAT (Табиғатты қорғау тәсілдері мен технологияларына әлемдік шолу) ұйымдарының және т.б. ұйымдастыруымен қазіргі таңда, ғаламдық, аймақтық және жергілікті масштабта әлемнің әртүрлі аймақтарындағы жер деградациясының зардабын анықтау, бағалау және онымен күресу мақсатында бірнеше жобалар жұмыс жасауда.

Оларға жекелей тоқталсақ, UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification), LADA (*Land Degradation Assessment in Drylands*), GLASOD (*Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation*), ASSOD (*Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation in South and Southeast Asia*), SOVEUR (Soil and Terrain Database for Eastern Europe), GLADA (*Global Land Degradation Assessment*), GSP (Global Soil Partnership), SLM (Sustainable Land Management), және т.б. атап өтуге болады [46,48].

Жоғарыда жер деградациясын бағалау, олардың алдын алу немесе қалпына келтіру бойынша жаһандық, аймақтық және жергілікті масштабта қызмет атқаратын бірнеше халықаралық, аймақтық және ұлттық бағдарламалар мен жобалардың тізбегіне шолу жасалынды. Енді осы бағдарламалар мен жобалар бойынша жер деградациясын бағалау әдістеріне жекелей тоқталатын боламыз.

Жер деградациясын бағалау UNCCD (БҰҰ-ның Шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі конвенциясының) ұсынған әдістерге сәйкес кеңінен қолданылады. 1984 жылы UNEP/FAO жер деградациясын бағалау әдістемелеріне арналған аралық есепті ұсынды, онда экологиялық индикаторларға ерекше назар аударылды. Бұл көрсеткіштерге өсімдік жамылғысының деградациясы, су және жел эрозиясы, сондай-ақ тұздану мен батпақтану сияқты топырақ сапасының нашарлау үрдістері кіреді. Осы экологиялық индикаторлар Азияда және әлемнің басқа аймақтарында жер деградациясын бағалау үшін әртүрлі нысандарда қолданылды.

UNCCD ұсынған әдістемеде жер деградациясынан болған әртүрлі шығындарды бағалау үшін «әлсіз», «орташа», «күшті» және «өте күшті» деген сияқты санаттар пайдаланылды. Алайда, қазіргі уақытта физикалық индикаторларды өлшеу әдістері мен оларды бағалаудың біріздендірілген стандарттары жеткіліксіз. Сонымен қатар, мұндай зерттеулер көбінесе халық үшін тікелей әлеуметтік-экономикалық салдарларды ескермейді. Соңғы уақытта жер деградациясының экономикалық бағасына, соның ішінде жоғалған кірістерді және қалпына келтіру шығындарын талдауға қызығушылық артқанымен, мұндай зерттеулердің жалпы саны шектеулі болып қалуда.

2006-2010 жылдары БҰҰ-ның ФАО ұйымы және UNCCD бағдарламасының қолдауымен Құрғақ аймақтардағы жер деградациясын бағалау (LADA) жобасы жүзеге асырылған. Бұл жобаның негізгі мақсаты – жер деградациясын бағалаудың стандартталған әдістемесін енгізу және жер ресурстарын тұрақты пайдалану аясында жердің өнімділігін қалпына келтіру мен қорғау болып табылды [48].

LADA құрғақ аймақтардағы жер деградациясын бағалау үшін келесідей әдістерді қолданды: *сараптамалық пікірлер, Жерді қашықтан зондау деректері (ЖҚЗ), жердің өнімділігінің өзгеру деректері, далалық зерттеу әдістері, фермерлік шаруашылықтар деңгейінде үлгілік зерттеулер және модельдеу* [48].

GLASOD (Адам әрекетінен туындағын топырақ деградациясын жаһандық бағалау) – бұл топырақ деградациясын әлемдік деңгейде алғаш рет бағалаған зерттеу және қазіргі уақытта топырақ деградациясы туралы бірыңғай жаһандық дереккөз болып табылады. Қазіргі күнге дейін GLASOD топырақ деградациясы жөніндегі ең сенімді жаһандық деректер көзі болып саналады. GLASOD жобасы аясында дүние жүзінің топырақ деградациясының 1:10 000 000 масштабта картасы жасалды. Бұл карта сараптамалық бағалаулар мен топырақтану және экология саласындағы 250-ден астам ғалымдардың еңбектеріне негізделді. Адам әрекетінен туындаған топырақ деградациясы «климаттық әсерлер мен топырақтың осы әсерлерге табиғи төзімділігі арасындағы тепе-теңдіктің

бұзылуы, адамның араласуы нәтижесінде топырақтың қазіргі және/немесе болашақта тіршілікті қолдау қабілетінің төмендеуі» ретінде анықталады.

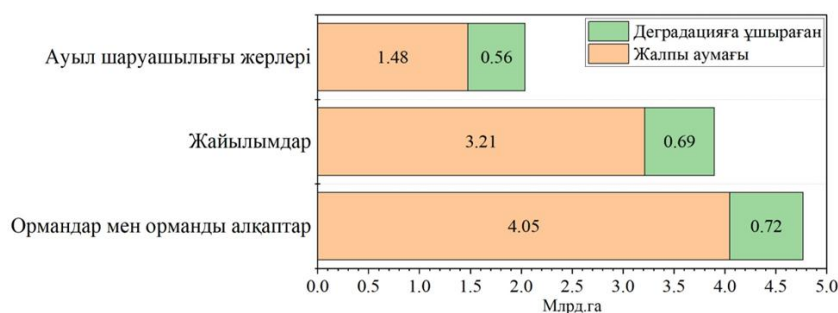
GLASOD әдістемесі аясында топырақ деградациясының зардабы (төмен, орташа, жоғары және өте жоғары) оның дәрежесін (жеңіл, орташа, күшті, шамадан тыс) және таралу ауқымын (зардап шеккен аумақтың пайыздық үлесі 0-5 %, 6-10 %, 11-25 %, 26-50 % және >50 %) біріктіру арқылы есептелді. Деградацияның дәрежесі жердің өнімділігінің төмендеуі арқылы анықталды [38,41,48].

Осы жоба аясында әлем бойынша жалпы, 12 түрлі деградация түрі анықталып, картаға енгізілді. Оларға су эрозиясы (топырақтың беткі қабатын жоғалту және жер бедерінің өзгеруі), жел эрозиясы (топырақтың беткі қабатын жоғалту, жер бедерінің өзгеруі және топырақтың ұшып кетуі) және тұздану жатады.

GLASOD жобасы аясында жер деградациясын бағалауда адам әрекетінен болатын 5 қозғаушы факторларды ескере отырып жасалынған. Оларға: *ауыл шаруашылық қызметі, ормандарды кесу және табиғи өсімдік жамылғысын жою, өсімдіктерді тұрмыстық мақсатта шамадан тыс пайдалану* (отын ретінде), *жайылымдарда шамадан тыс мал жаяу, өндірістік қызметтер* (өнеркәсіп, электр энергиясын өндіру, инфрақұрылым және урбанизация, қалдықтарды өңдеу, көлік қозғалысы және т.б.)

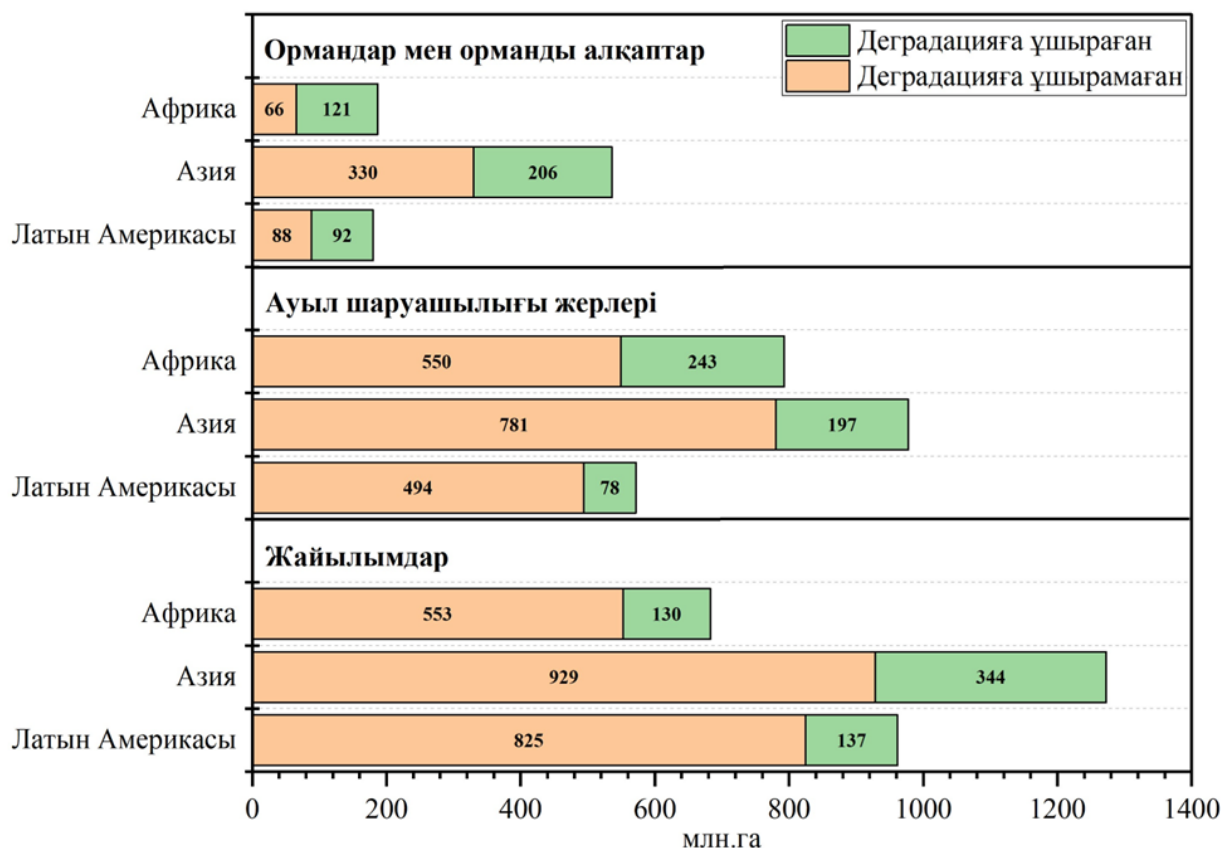
GLASOD деректері бойынша, 8,7 млрд. гектар ауыл шаруашылығы жерлерінің, жайылымдардың, ормандар мен орманды алқаптардың шамамен 2 млрд. гектары (22,5%) XX ғасырдың ортасынан бері деградацияға ұшыраған. Деградацияға ұшыраған жалпы аумақтың 3,5%-ы соншалықты қатты деградацияланған, оны тек қымбат инженерлік шаралар арқылы немесе мүлдем қалпына келтіру мүмкін емес. Сондай-ақ, 10%-ы орташа деградацияланған және оны қалпына келтіру үшін айтарлықтай шаруашылықтық инвестициялар қажет. Ал, 9%-ға жуығы жеңіл деградацияланған және жақсы жерді пайдалану тәжірибесі арқылы оңай қалпына келтіруге болады.

GLASOD зерттеуі бойынша, дүние жүзі бойынша өсімдік жамылғысы бар аумақтардың жартысына жуығы орманды алқаптардың үлесіне тиесілі және олардың 18 % деградацияға ұшыраған. Әрі қарай, дүние жүзіндегі 3,2 млрд. га жайылымдық алқаптардың 21 %, шамамен 1,5 млрд. га егістік алқаптардың 38% деградацияға ұшыраған (3-сурет).



3-сурет. Жерді пайдалану түрі бойынша дүние жүзіндегі жер деградациясы.

Ауыл шаруашылығы жерлердің деградациясы Африкада ең көп байқалаған, мұнда деградация үрдістері егістік жерлердің 65%-на, Латын Америкасында 51% және Азияда 38 % әсер етеді (4-сурет). Жайылымдар мен Орман алқаптарындағы деградацияда осы аймақтарда кең таралған. Мысалы, жайылымдардың деградациясы Африкада 31%, Азияда 20 % Латын Америкасында 14% құраса, орман алқаптарының деградациясы Азияда 27 %, Африкада 19%, Латын Америкасында 14% құраған.



4-сурет. Жерді пайдалану түрі бойынша аймақтар бөлінісіндегі жер деградациясы.

ISRIC (Халықаралық геоақпарат және топырақтану институты) ұйымының бастамасымен 1997 жылы GLASOD әдісімен Оңтүстік және Оңтүстік-Шығыс Азияда адам қызметінің әсерінен болған топырақ деградациясының жай-күйін бағалауды (ASSOD) жүргізді. ASSOD жобасы аясында 17 Оңтүстік және оңтүстік Азия елдерінің 1:5 000 000 масштабта топырақ деградациясының карталары әзірленді. Бұл жоба аясында физикалық (су, жел эрозиясы) және химиялық (тұздану) топырақ деградацияларының қосалқы түрлерімен егжей-тегжейлі талдаулар жасалынған.

ASSOD жобасында деградацияның дәрежесі топырақтың өнімділігіне әсер ету сапасына қарай «әлсіз», «жеңіл», «орташа» «күшті» және «өте күшті» болып жіктелген. ASSOD зерттеу нәтижелері GLASOD қарағанда ауқымды және

накытарқ қарастырылған. ASSOD зерттеулері бойынша толық және маңызды деректер Van Lynden мен Oldeman зерттеулерінен көруге болады [48,55].

ASSOD зерттеулері бойынша Оңтүстік және Оңтүстік-Шығыс Азия елдері аумағындағы жер ресурстарының 46,7% су эрозиясына, 19,8 жел эрозиясына, 9,2 % физикалық деградацияға және 24 % химиялық деградацияға ұшыраған.

1997-2000 жылдар аралығында ФАО және ISRIC бастамасымен GLASOD әдістемесінің сәл өзгерген нұсқасын қолдана отырып, Орталық және Шығыс Еуропадағы топырақ деградациясын бағалау (SOVEUR) бойынша жұмыстар жүргізді. Бұл жоба 1:2 500 000 масштабтағы физикалық географиялық карта негізінде және сарапшылардың бағалауларына сүйене отырып, Орталық және Шығыс Еуропадағы 13 елдің деректерін қамтитын деректер базасы әзірленген.

SOVEUR зерттеулерінде деградация үрдісі түрі мен қарқындылығына, сондай-ақ, деградация үрдісінің топырақтың әртүрлі фракцияларына әсер ету дәрежесіне қарай: *әлсіз, жеңіл, орташа, күшті және өте күшті* деп 5 шкалаға жіктелген [48].

Жоғарыда аталған жобалардан басқа, ғылыми зерттеу институттарын қоса алғанда ұлттық және халықаралық ұйымдардың бастамасымен құрылған жайылымдық жерлердің экожүйесін және олардың жай-күйін бағалауға арналған RALA (*Rangeland Atlas and Land Assessment*) бағдарламасы, жер деградациясының экономикалық әсерін бағалайтын ELD Initiative (*Economics of Land Degradation*) халықаралық бастамасы және жер деградациясына баса назар аудара отырып, қоршаған орта өзгерісін талдауға бағытталған CDE (*Centre for Development and Environment*) жобалары бар [46,48,56].

Сонымен қатар, деградациялық үрдістерді бағлауда, олардың алдын алу шараларын ұйымдастыру және үлгілеуде ұлттық және халықаралық жобалардан басқа жұмыс жасайтын, құрылықтық, аймақтық және мемлекеттік бірнеше жобалар да бар. Атап, айтқанда Еуропалық одақ (ЕО) тарапынан қаржыландыратын Жерорта теңізі аймағындағы орналасқан Еуропа елдері аумағындағы шөлдену мен жер деградациясы мәселелерін қарастыруға бағытталған MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*) және Еуропа елдерінің экожүйесі мен ландшафтарындағы өзгерістерді мониторинг жасауға арналған CORINE (*Coordination of Information on the Environment*) бағдарламалары құрылған.

Америка құрама штаттарының (АҚШ) ауыл шаруашылығы министрлігіне қарасты жер ресурстарын басқаруды жақсарту үшін қаржылық және техникалық көмек көрсететін RCS (*Natural Resources Conservation Service*), АҚШ-тың Геологиялық қызметінің Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері негізінде жер ресурстарының және ландшафттардың өзгерістеріне мониторинг жасайтын USGS (*United States Geological Survey*), жер ресурстарының өзгеруін бақылау үшін ғарыштық технологияларды пайдалануға бағытталған NASA Earth Science Division және т.б. сияқты ірі бағдарламалары қызмет етеді.

Сонымен қатар, жер ресурстарын бағалау мен инвентаризация жасау бойынша Жаңа Зеландиялық NZLRI (*New Zealand Land Resource Inventory*), деградацияға ұшыраған жерлерді қалпына келтіру және жерді пайдалануды

жақсартуға бағытталған Германияның BMZ/GEF (*German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development/Global Environment Facility*), Үндістанның ғарыштық агенттігінің бастамасымен ЖҚЗ деректерін пайдалана отырып, жер деградациясына мониторинг жасайтын DLDAI (*Desertification and Land Degradation Atlas of India*) жобасы және Африка құрылығының TERRAFRICA сияқты бағдарламаларын да атап өтуге болады [46,48].

Орталық Азия және Қазақстан аумағында шөлейттену мен жер деградациясына қарсы және олардың алдын алу бойынша «CACILM - Орталық Азияда жер ресурстарын орнықты басқару бағдарламасы», «GEF - Global Environment Facility» бағдарламалары әрекет етеді.

Central Asian Countries Initiative for Land Management (CACILM) - бұл Ұлттық бағдарламалар мен халықаралық донорлардың (GEF, FAO, ADB, IFAD және тағы басқалар) қолдауымен жүзеге асатын көпжақты және өңірлік бастама. Оның негізгі мақсаты шөлейттену мен жер деградациясының алдын алып, құрғақ климаттық аймақтарда ауылдық жерлердің өнімділігін арттыру және тіршілікті қамтамасыз ету жүйесін нығайту болып табылады. Бұл бағдарламаның бірінші кезеңі 2006-2010 жж аралығын қамтып, Қазақстан, Өзбекстан, Қырғызстан, Түркіменстан және Тәжікстан мемлекеттері қатысып, 2013 жылдан бастап екінші бөлімі басталды, бұл жолы Түркия мемлекетіде қатысады.

GEF (Global Environment Facility) - әлемдегі ең ірі көпжақты экологиялық қаржыландыру ұйымдарының бірі. Ол Қазақстан мен Орталық Азия елдерінде жер деградациясы, шөлейттену, климат өзгерісі, биологиялық әртүрлілік пен су ресурстарын қорғау бойынша ондаған жобаларды қаржыландырған. 1991 жылдан бастап жұмыс жасап, әлемде 195 мемлекет мүше.

Қазақстан Республикасы 1994 жылғы 17 маусымда Парижде қабылданған Біріккен Ұлттар Ұйымының Шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі конвенциясына 1997 жылғы 7 шілде № 149-1 бұйрығымен қосылды. Сол уақыттан бері елімізде шөлейттену мен жер деградациясының алдын алу және жер ресурстарын тиімді пайдалану бойынша бірнеше ұлттық және мемлекеттік жобалар мен бағдарламаларды жүзеге асырып келеді. Оларға: «Қазақстан Республикасының 2025 жылға дейінгі Стратегиялық даму жоспары»; «Қазақстан Республикасында шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі 2025 жылға дейінгі Стратегиялық шаралар»; «Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың 2021-2025 жылдарға арналған ұлттық жобасы» және «Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың 2021 – 2030 жылдарға арналған тұжырымдамасы» сияқты бағдарламаларды атап өтуге болады.

1.3 Суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді бағалау әдістерін талдау

Жер немесе топырақ деградациясы күрделі және көпқырлы сипатқа ие болғандықтан, оны бір ғана сандық көрсеткіш арқылы өлшеу немесе сипаттау мүмкін емес. Осыған байланысты, оның бағалануы сапалық қасиеттері) немесе

сандық көрсеткіштері арқылы жүзеге асырылады. Бұл сипаттамалар топырақтың белгілі бір қасиеттерінің өзгеру дәрежесін, топырақтың жоғалту көлемін, нақты экожүйелік функцияларды жоғалтуын, сондай-ақ топырақтың белгілі бір экожүйелік қызметтерді (мысалы, ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру үшін жағдай жасау) орындау әлеуетінің төмендеуін қамтиды.

Топырақ пен жердің деградация үрдістерінің дәрежесін бағалау үшін олардың табиғи-шаруашылық құндылығын жоғалтуын анықтайтын индикаторлық көрсеткіштер қолданылады, бұл көрсеткіштер үшін шекті мәндер белгіленген. Бұл ретте топырақ пен жердің деградацияға ұшырау үрдістерінің неғұрлым толық сипаттайтын қосымша көрсеткіштерді енгізу қажет [51-56].

Жер деградациясы әрбір индикаторлық көрсеткіш бойынша төмендегідей 5 дәрежемен сипатталады [57,58-60] :

- 0 - деградацияланбаған (бұзылмаған);
- 1 - әлсіз деградацияланған;
- 2 - орташа деградацияланған;
- 3 - күшті деградацияланған;
- 4 - өте күшті деградацияланған (бұзылған).

Жер деградациясын бағалау әдістері деградация түрлеріне (физикалық, химиялық және биологиялық) байланысты болып табылады. Жер деградациясын бағалау онымен байланысты құрамдас үрдістердің әрқайсысын бағалауды талап етеді. FAO/UNEP [58] ұсынысымен деградация үрдістерін бағалауға арналған жер деградациясы деңгейін сандық және сапалық сипаттайтын диагностикалық параметрлер немесе индикаторларды пайдалануға негізделген *“параметрлік жартылай сандық тәсіл”* әдісі қабылданған. Бұл әдіс деградацияның түрлеріне (физикалық, химиялық және биологиялық) қарай және жер деградациясына әсер ететін әртүрлі факторлардың (климат, топырақ, топография және антропогендік факторлар) әсерін есептеу арқылы алынатын индекстер негізінде бағалауға мүмкіндік береді.

Бұл әдіс салыстырмалы түрде жылдам әрі экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады, себебі ол орташа және ұзақ мерзімді далалық зерттеу жұмыстарын жүргізуден немесе үлкен деректер көлемін қажет ететін және сараптамалық білімдерге негізделген компьютерлік имитациялық модельдер арқылы деградация үрдістерін калибрлеу мен іске қосудан әлдеқайда қарапайым. Бағалаудың негізгі мақсаты – жер ресурстарының ағымдағы «күйін» жылдам, аз шығынмен және тиімді түрде анықтау, бұл арнайы моделдеу білімдерін немесе нақты деректерді талап етпей, жерлердің деградация деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

Әдістің негізгі принципі бойынша, жер деградациясы (D) келесі факторлардың әсері ретінде қарастырылады: «климатың агрессивтілігі» (C), топырақтың бұл агрессивтілікке төзімділігі (S), топографиялық факторлар (T), табиғи өсімдіктер жамылғысы (V), жерді пайдалану (L) және жер ресурстарын басқару (M).

Бұл әдіс бойынша жер деградациясын негізгі төрт фактордың функциясы ретінде бағалауға болады: климат, топырақ,

- рельеф,
- антропогендік

Аталған бұл негізгі төрт факторды кез келген дала жағдайында оңай бақылауға болады және олар бағалау үшін негізгі деректер болып табылады. Әрбір фактор бойынша диагностикалық сипаттамалар немесе индикаторлар, оларды бақылау, есептеу немесе өлшеу әдістері 2-4 кестелерінде көрсетілген.

2-кесте. Физикалық деградацияны анықтау индикаторлары [58]

Үрдіс	Факторлар			
	Климат	Топырақ	Топография	Антропогендік
Су эрозиясы	Жауын-шашынның эрозиялық коэффициенті (R) (USLE) немесе $\sum_{1}^{12} (p^2/P)$	К эрозия коэффициенті (USLE)	Еңістік (S) және еңістіктің ұзындығы (L) факторлары (USLE)	Егіншілік (C) және топырақты қорғау шаралары (P) (USLE)
Жел эрозиясы	$C=V^3/(2.9PE^2)$ жел эрозиясы индексі немесе $\sum_{1}^{12} (V^3/100)(P - PET/PET)n$	CEC (катион алмасу қабілеті) немесе pF15	-	Жерді пайдалану (егістік) түріне (LUT) шаққандағы табиғи өсімдік жамылғысының коэффициенті
Тығыздалу	Жауын-шашынның эрозиялық коэффициенті (R) (USLE) немесе $\sum_{1}^{12} (p^2/P)$	Тығыздалу индекстері: $CI = (Zf + Zc)/A$ $CI > 2.5$ - интенсивті тығыздалу $CI < 1.5$ – тығыздалу жоқ	Жазық жерлер өте сезімтал болып келеді	Ауыр техника, дақылдарының болмауы, батпақтану

3-кесте. Химиялық деградацияны анықтау индикаторлары [58]

Үрдіс	Факторлар			
	Климат	Топырақ	Топография	Антропогендік
Тұздану	$P/PET < 1$ және тұздардың ландшафтта болуы	$P / PET < 0,75$ және ауданда кейбір тұзды топырақтардың болуы	Жер бедері бойынша бағаланады: жабық алап, көлдік төсеніштер.	Суармалы жердің тегістелмеуі, артық суару, жер асты суларының сапасы
Содикация	$P/PET < 1$, бірақ содикация үрдісінің жоғары көрсеткіштері бар	$P / PET < 0,75$ және ауданда кейбір тұзды топырақтардың болуы	Жер бедері бойынша бағаланады: жабық алап, көлдік төсеніштер.	Суармалы жердің тегістелмеуі, артық суару, жер асты суларының сапасы
Қышқылдану	$\sum_{1}^{12} (P - PET);$ $P > PET$ немесе $[S(P-PET)] - Moist R$	CEC (катион алмасу қабілеті) төмен және каолинитті балшықтың болуы	Тегіс жерлер әлдеқайда сезімтал болып келеді	Ормандарды кесу, артық тыңайтқыштарды пайдалану, артық суару қышқылдануды арттырады

4-кесте. Биологиялық деградацияны анықтау индикаторлары [58]

Үрдіс	Факторлар			
	Климат	Топырақ	Топография	Антропогендік
Топырақтағы органикалық заттарының азаюы (SOM)	$K_2 = 1/2Se^{0.1065t} (P/PET)$ (егер $P < PET$) K_2 – бұл гумустың ыдырау жылдамдығы (%/жыл). Егер $P > PET$ болса, онда $P/PET = 1$. Егер $t < 0$ болса, онда $t = 0$ деп алынады. Гумификация коэффициенті (B) $B = m(K_1 / K_2)$ Мұндағы: K_1 – гумификация коэффициенті, K_2 – гумустың ыдырау жылдамдығы, m – белгілі бір орта немесе топырақ түріне байланысты тұрақты шама.	Текстура: $K_2 = 1\ 200 / (A + 200)(C + 200)$ Мұндағы: A – саз мөлшері (%), C – $CaCO_3$ мөлшері (%). Егер $5 < pH < 7.5$ болса, әсері аз.	-	Жер жамылғысы мен көлеңке топырақтың температурасына әсер етеді, ал жерді пайдалану (егістік) түрі (LUT) бойынша дақылдардың құрамындағы көміртегінің азотқа (C/N) қатынасы маңызды рөл атқарады. Органикалық заттарды қосу топырақтың сапасын жақсарты алады. Егер органикалық заттар (OM) азайса және топырақтағы органикалық заттар (SOM) қосылғанға қарағанда баяу минералданса, онда бұл биологиялық деградацияның белгісі болып табылады.

2-4-кестелерде көрсетілген сипаттамалар жер деградациясының үш түріндегі үрдістердің индикаторлары ретінде қызмет етеді. Олар тікелей бағалау құралдары болып табылмайды. Дегенмен, бұл индикаторлар климат және жер ресурстары бойынша көптеген дерекқорларда қолданылады. Төменде мұндай деградация индекстерін есептеу үшін қажетті минималды деректер тізімі берілген:

Климатқа байланысты индикаторлар:

- орташа айлық жауын-шашын мөлшері (p),
- жылдық жауын-шашын мөлшері (P),
- тиімді жауын-шашын (Thornthwaite бойынша) (PE) [61],
- потенциалды булану (Thornthwaite бойынша) (PET) [61],
- желдің орташа жылдамдығы (V),
- жауын-шашынның эрозиялық коэффициенті («R» фактор әмбебап топырақ шығыны теңдеуінен (USLE)), оның қарқындылығына сәйкес номограммалар арқылы бағаланған [58,62]. R фактор – бұл жауын-шашынның топырақ эрозиясына әсерін бағалайтын көрсеткіш болып табылады, сондай-ақ, оның өлшем бірлігі ретінде *Джоули-метр/гектар/жыл* немесе *МДж/га/жыл* қолданылады.

- орташа айлық температура (t).

Топырақ және ландшафтқа байланысты индикаторлар:

- топырақтың эрозияға ұшырағыштық коэффициенті (K фактор, әмбебап топырақ шығыны теңдеуінен (USLE)), басқа топырақ параметрлеріне (текстура,

органикалық заттар, тереңдік және т.б.) тәуелді номограммалар бойынша есептеледі [58,62]. К фактор – бұл топырақтың эрозияға қарсы қасиеттерін бағалау үшін қолданылатын коэффициент болып табылады, оның өлшем бірлігі ретінде M^{-1} (m^{-1}) немесе т/га·жыл қолданылады.

– катион алмасу қабілеті (Cation exchange capacity) (CEC). Топырақтағы катион алмасу қабілеті – топырақтағы қоректік заттардың сиымдылығы мен өсімдіктерді қоректендіру қабілетін көрсетеді. Топырақтағы катион алмасу қабілетінің өлшем бірлігі ретінде *моль/кг* қолданылады.

– топырақ құрамындағы тұрақты ылғалдылық көрсеткіші (pF15). pF — бұл топырақтың 15 бар кернеудегі ылғалдылықты сипаттайтын көрсеткіш. Бұл көрсеткіш топырақтың суды ұстап тұру және сақтау қабілетін бағалау үшін қолданылады. pF мәні топырақтың суға деген өткізгіштігін және оның ылғалдылық деңгейін анықтайды.

- топырақтағы ұсақ тұнбалардың (ил) үлесі пайызбен (2-20 мм) (Zf),
- топырақтағы ірі тұнбалардың (ил) үлесі пайызбен (20-50 мм) (Zc),
- топырақтағы саздың үлесі (А пайызбен) және саздың түрі
- топырақтағы органикалық заттардың (SOM) мөлшері пайызбен,
- топырақтағы гумус мөлшері (В) тепе-теңдік жағдайында (пайызбен),
- топырақтағы кальций карбонатының ($CaCO_3$) мөлшері пайызбен (C),
- жер бедерінің еңістігі (S) пайызбен (пайызбен),
- жер бедерінің еңістігінің ұзындығы (L) метрмен,

Антропогендік факторлар:

– Екіншілік факторы (C фактор, әмбебап топырақ шығыны теңдеуінен (USLE)), жерді өңдеу кезінде, яғни екіншілікпен айналысқандағы топырақтың эрозияға ұшырау әсерін сипаттайтын көрсеткіш [58,62].

– топырақты қорғау шаралары (P фактор, әмбебап топырақ шығыны теңдеуінен (USLE)), яғни, әртүрлі топырақты қорғау шараларының топырақ эрозиясына әсерін көрсететін фактор.

– жер жамылғысы (аумақтың қанша пайызы өсімдік жамылғысымен жабылған, көлеңке жерлердің пайызы, дақылдар мен өсімдіктердің түрлері)

– жыл сайынғы ыдырайтын өсімдік қалдықтары (DPM) (Decomposable Plant Materials), оның ішінде дақылдардың қалдықтары мен органикалық қалдықтар (көң) және оның өлшем бірлігі ретінде тонна/га/жыл қолданылады.

– жер пайдалану типі (LUT (Land Use Type)), яғни, жердің қандай мақсатта пайдаланылатындығы, атап айтқанда орман шаруашылығы, агроөнеркәсіптік салада екіншілікпен немесе мал шаруашылығы саласында жайылым ретінде және т.б.

Сонымен қатар, FAO/UNEP [58] топырақ, жер бедері және климаттық факторларға негізделі отырып, топырақтың деградациялық үрдістерге бейімділігін бағалау үшін келесідей 4 классқа (5-8 кестелер) (мүлдем жоқ немесе әлсіз, орташа, жоғары және өте жоғары) және бөлінген әдістемені ұсынған.

5-кесте. Топырақ деградациясының класстары мен жылдамдығы

Химиялық деградация	Тұздану (Cs): (Ec) шамасының dS/m/жыл бойынша өсуі	Қышқылдану (топырақтағы қышқылдың жоғардауы) (Ca) ESP-нің жоғарылауы %/жыл
Мүлдем жоқ немесе әлсіз	<0.5	<0.5
Орташа	0.5–3	0.5–3
Жоғары	3–5	3–7
Өте жоғары	>5	>7
Физикалық деградация	Тығыздығының артуы/топырақтың тығыздалуы г/см ³ /жылына	Батпақтану/су деңгейінің төмендеуі см/жылмен
Мүлдем жоқ немесе әлсіз	<0.1	<1
Орташа	0.1–0.2	1–3
Жоғары	0.2–0.3	3–5
Өте жоғары	>0.3	>5

* *Ескерту* EC (Electrical Conductivity) - топырақ ерітіндісінің электр өткізгіштігін
өлшейтін көрсеткіш,
ESP (Exchangeable Sodium Percentage) – топырақтағы натрий алмасу көрсеткіші,
Cs – тұздану класы,
Ca – қышқылдану класы

6-кесте. Физикалық осалдықты (уязвимость) бағалау

Фактор	Көрсеткіш	Класс			
		төмен	орташа	жоғары	өте жоғары
Климат	$\sum P^2/p$	0–50	50–500	500–1000	>1000
Топырақ	Балшық %/Саз %	>0.2	0.2–0.3	0.3–0.7	>0.7
Жер бедері	Еңістік%	0–2	2–8	>8	–

* *Ескерту* P = айлық жауын-шашын, p- = жылдық жауын-шашын

7-кесте. Химиялық осалдықты (уязвимость) бағалау

Фактор	Көрсеткіш	Класс			
		төмен	орташа	жоғары	өте жоғары
Климат	PET/(P + Q) 10	<0.1	0.1–0.3	0.3–0.5	>0.5
Топырақ	Текстуралық класс	Саз	Балшық	Құм	–
Жер бедері	Еңістік%	0–2	2–8	>8	–

* *Ескерту* PET = потенциалды эвтранспирация, p = жылдық жауын-шашын, Q = суармалау суы

8-кесте. Әр түрлі деградация түрлерінің дәрежесін анықтау үшін қолданылатын критерийлер

Қауіптілік түрі	Индикатор	Өлшем бірлік	Класс			
			төмен	орташа	жоғары	өте жоғары
Тұздану	ЕС	dS/m	4	4 – 8	8 - 16	>16
Қышқылдану	ESP	%	10	10 – 15	15 - 30	>30
Тығыздалу	Көлемдік тығыздық	г/см ³	1.2	1.2 – 1.4	1.4 – 1.6	>1.6
Батпақтану	Су деңгейі	см	150	150 - 100	100 – 50	<50

Қазақстандағы ауыл шаруашылығы жерлеріндегі деградациялық үрдістерді зерттеуге бірнеше мемлекеттік мекемелер, ғылыми зерттеу институттары (ҒЗИ) мен зерттеушілердің еңбектері арналған. Соның ішінде, ғылыми зерттеу институттарына Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ ғылыми-зерттеу топырақтану және агрохимия институты, география және су қауіпсіздігі институты, мемлекеттік мекемелерден ҚР ауыл шаруашылығы министрлігіне қарасты гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициялар атап өтуге болады. Ал, жекелей зерттеушілерді алғанда Ж.Ү.Мамытов, Р.К.Бекбаев, И. Үмбетбаев, А.А.Токбергенова [63-69] еңбектерінен көруге болады. Ерекше атап өтетін жағдай, жоғарыдағы аталған мемлекеттік мекемелер, ғылыми зерттеу институттары және ғалымдардың еліміздегі жер деградациясын бағалауда басым көпшілігі далалық зерттеу жұмыстарына негізделген.

Еліміздегі суармалы жерлердің мелиорациялық жай-күйінің мониторингін және оны бағалауды және ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің мелиорациялық жай-күйі туралы ақпараттық деректер банкін мемлекеттік жүргізу қағидалары ҚР Ауыл шаруашылығы министрінің 2016 жылғы 25 шілдедегі № 330 бекітілген бұйрығына сәйкес жүргізіледі [70]. Осы қағидаттарға сәйкес қазіргі таңда еліміздегі суармалы жерлерге келесідей зерттеу жұмыстары жүргізіледі (Қосымша В):

- барлық суармалы жерлердің агромелиоративтік зерттеу жұмыстары, яғни нақты жер көлемі бойынша жерлердің пайдаланылуы, оның ішінде дақылдар бойынша орналасуы және пайдаланылмаған жерлердің көлемін себептері бойынша анықтау;

- жер асты суының деңгейін анақтау үшін гидрогеологиялық байқаулар жасау және оның тұздылығын анықтау мақсатында химиялық талдаулар үшін су сынамаларын алу;

- қашыртқымен кеткен су көлемін анақтау үшін гидрологиялық байқаулар жасау және оның тұздылығын анықтау мақсатында химиялық талдаулар үшін су сынамаларын алу;

- суармалы суларының тұздылығын анықтау мақсатында химиялық талдаулар үшін су сынамасын алу;

– суармалы жерлер топырағының тұздану дәрежесі мен түрін анықтау мақсатында далалық топырақ-тұздық түсірілім (почвенно-солевая съемка) жұмыстарын орындау;

– топырақ және су сынамаларына зертханалық зерттеулер.

Суармалы жерлердегі деградацияның негізгі түрі – тұздану мен батпақтану болып табылады. Қашықтықтан зондтау технологияларын қолдану уақыт үнемдеуді, кеңістіктік ауқымдылықты, қол жетімсіз немесе үлкен аумақтарды мониторингтеуді қамтамасыз етеді және дәстүрлі жерүсті әдістермен салыстырғанда жедел әрі тиімді болып табылады. Бұл технологиялар әртүрлі кеңістіктік ажыратымдылықтағы мультиспектралды және гиперспектралды суреттерді ұсыну арқылы топырақтың сипаттамаларын бағалау мүмкіндігін кеңейтеді. Соңғы онжылдықтарда қашықтықтан зондтау деректері топырақ тұздануын бақылау және картографиялық бейнелеу саласында кеңінен қолданылып келеді. Бұл әдістердің тиімділігі жоғары болғанымен, белгілі бір әдістемелік шектеулері де бар екені көрсетілген [71,72]. ЖҚЗ деректерін пайдалана отырып, суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді және олардың динамикасын NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI, IPVI сияқты вегетациялық индекстерді, NDSI, SI1, SI2, SI3, S2, S3, S4, S5, S6 тұздану индекстерін есептеу арқылы анықтайды [73,74]. ЖҚЗ деректерін пайдалана отырып, суармалы жерлердегі деградациялық үрдістерді анықтау және олардың кеңістіктік таралуы мен уақыттық өзгеру динамикалары диссертациялық жұмыстың 3 тарауында кеңінен көрсетіледі.

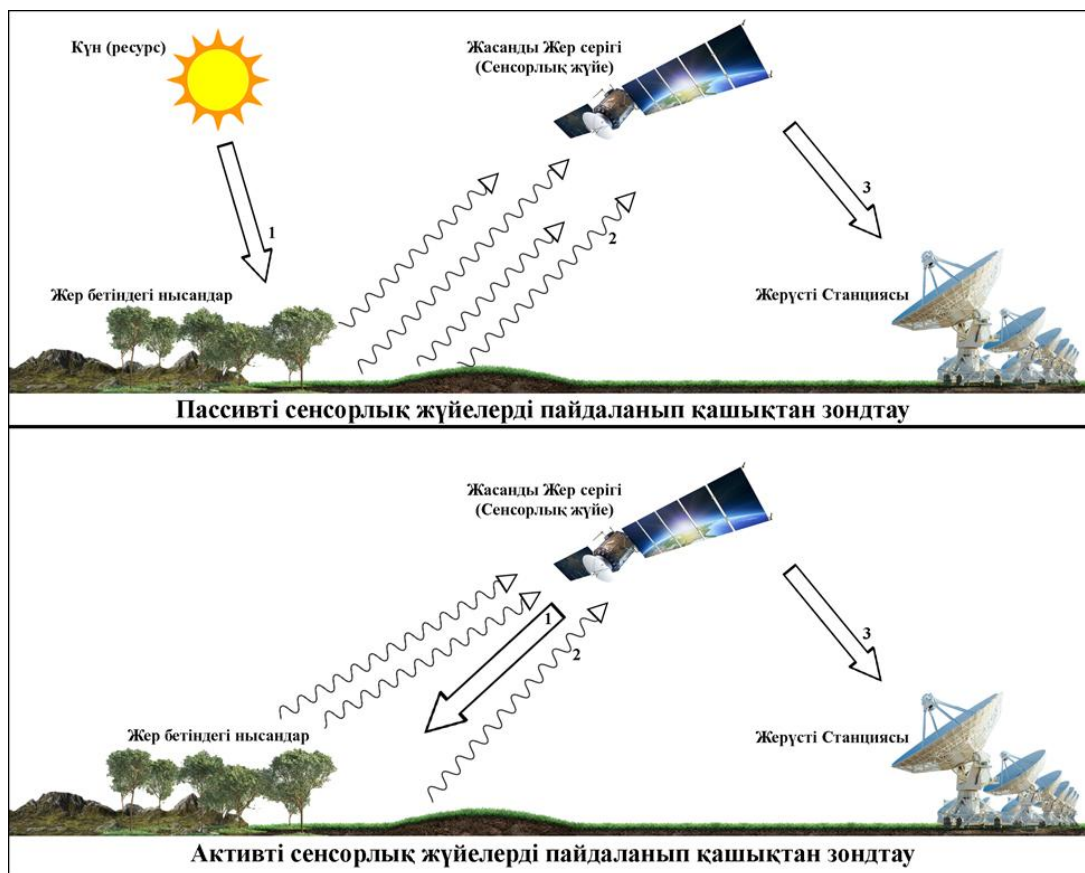
1.4 Деградация үрдістерін бағалауда қашықтан зондтау деректерін пайдалану ерекшеліктері мен маңызы

Суармалы жерлердегі деградация үрдістерін тиімді бағалау ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер ресурстарын ұтымды басқарудың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Соңғы жылдары дәстүрлі жерүсті зерттеу әдістерін қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректерімен толықтыру кең ауқымды аумақтарда деградациялық өзгерістерді жедел, нақты және жүйелі түрде бақылауға мүмкіндік беретін заманауи тәсілге айналды.

Соңғы жылдары Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері адамзат қоғамының барлық салаларында, атап айтқанда ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы, картография, құрылыс, археология, метеорология мен климатология, геология, океанография, су ресурстарының мониторингі және т.б. салаларында кеңінен қолданылады [75-77].

Табиғи ресурстар мен экологияны зерттеу мақсатында қашықтан зондтау деректері жұмыс жасау ерекшеліктеріне қарай жер үсті, әуедегі (борттық) және ғарыштық (спутниктік) сияқты үш деңгейде жүзеге асырылады [78-80,81]. ЖҚЗ деректері жерді түсіру сенсорларына қарай активті (радарлық) және пассивті (оптикалық) болып екіге бөлінеді. Активті жасанды Жер серіктері деректерді өзінің энергия көздері (лазер, радиолокациялық таратқыштары) арқылы жерге сигнал жіберіп, оның шағылысуын тіркейді. Мұндай радарлық Жасанды Жер

серіктерінің бұлтты күндері жерді де көруге және деректер алуға мүмкіндігі бар. Ал, пассивті жасанды Жер серігі деректерді жер бетінен шағылысқан Күн энергиясы немесе жердің жылу радиациясы арқылы алады (5-сурет).



5-сурет. ЖҚЗ деректерін алу және өңдеу схемасы

Табиғат ресурстарын зерттеуге арналған әлемдегі ең алғашқы жасанды Жер серігі (спутник) 1972 жылы АҚШ-та ұшырылған Landsat (MMS) болды. Оған сандық суреттерді өңдейтін мультиспектрлі сканер (MMS) орнатылды. Алғашында бұл жасанды жер серігі ERTS-1 деп аталып, негізінен ауыл шаруашылығы мақсатында пайдаланылды [82,83,84].

70-жылдардан бастап кейбір елдерде, ең алдымен мен АҚШ пен КСРО-да табиғи ресурстарды зерттеуге байланысты мәселелер жиынтығын шешуге бағытталған ғарыштық бағдарламалар әзірленіп, жүзеге асырылды. Осы кезеңдерде жер үсті және әуедегі қашықтан зондтау жүйелері, сондай-ақ ақпаратты өңдеу әдістері жетілдірілді.

70-80-жылдары орбитада Landsat, SPOT [85], Shuttle сериялы ғарыш аппараттары және "Салют-6, 7", "Мир" сияқты ұзақ мерзімді орбиталық станциялары пайда болып, олардың бортында қашықтан зондтаудың оптикалық-электрондық жүйелері орнатылды. 1975 жылы Қытай Халық Республикасы мезгіл-мезгілімен өздерінің спутниктерін ұшырды, алайда олар алған деректер әлі күнге дейін қол жетімсіз жабық күйде қалып отыр. 1988 жылы Үндістан өзінің IRS (Indian Remote Sensing) деп аталатын, ал Жапония JERS MOS

спутниктерін ұшырды. Еуропалық ғарыш консорциумы 1991 және 1995 жылдары ERS радиолокациялық спутниктерін, ал Канада 1995 жылы RADARSAT спутнигін орбитаға ұшырды [82].

Жерді қашықтан зондтау жүйелерін дамытудың қазіргі кезеңі шағын көлемді ғарыш аппараттарының (шағын, микроспутниктер) санының ұлғаюымен, кеңістіктік, спектрлік және энергетикалық ажыратымдылығына қойылатын талаптардың артуымен, нанотехнологияны енгізумен, ғарыш аппараттарының борттық жабдықтарының құрамын кеңейтумен сипатталады.

Соңғы жылдары, әлемнің көптеген елдерінде атап айтқанда, АҚШ, Ресей, Франция, Қытай, Жапонияда ЖҚЗ жүйелерін дамыту бойынша ұзақ мерзімді бағдарламалары іске асырылып, осы саладағы коммерциялық бағдарламалар белсенді дамып келеді. Қазіргі таңда ең көп қолданылатын Landsat (АҚШ), SPOT (Франция), IRS (Үндістан), ALOS (Жапония), Cartosat (Үндістан), өте жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтағы Ikonos, QuickBird, GeoEye (АҚШ), радиолокациялық RapidEye, TerraSAR-X и TanDEM-X (Германия) ғарыштық бақылау жүйелері табысты жұмыс жүргізуде [85,86].

ЖҚЗ деректері негізінде қоршаған ортаны бақылау мүмкіндіктері соңғы онжылдықтарда қарқынды дамып, бүгінгі таңда аймақтық деңгейден жаһандық деңгейге дейінгі өсімдік жамылғысы және ауыл шаруашылығы карталарын жасауға болды [87-89]. Осы салада жұмыс атқаратын әртүрлі елдердің NASA, Роскосмос, СовЗонд және т.б. сияқты ғылыми ұйымдары мен топтарымен өте белсенді жұмыс жүргізуде. Біздің елімізде де соңғы жылдары қашықтан зондау деректерін пайдалану қарқынды дамып келеді. 2015 жылдан бастап "KazEOSat-1" және "KazEOSat-2" (орта және жоғары кеңістіктік ажыратымдылық) екі ғарыш аппараты, сондай-ақ ЖҚЗ жерүсті сегменті құрамында Қазақстан Республикасының Жерді қашықтан зондтау ғарыш жүйесі (ҚР ЖҚЗ ҒЖ) жұмыс істейді [90].

Бүгінгі таңда ғарыштық жүйелерінің қарқынды дамуы айқын байқалып, ауыл шаруашылығы жерлері мен егістіктерінің жай-күйіне тұрақты мониторинг жүргізу үшін қолжетімді спутниктік ақпараттың жиілігі мен кеңістіктік ажыратымдылығы артыуда, сондай-ақ, ЖҚЗ деректерін автоматты [85,90-92] түрде өңдеу және талдау үшін жаңа тәсілдер мен ақпараттық жүйелер әзірленуде [91-93].

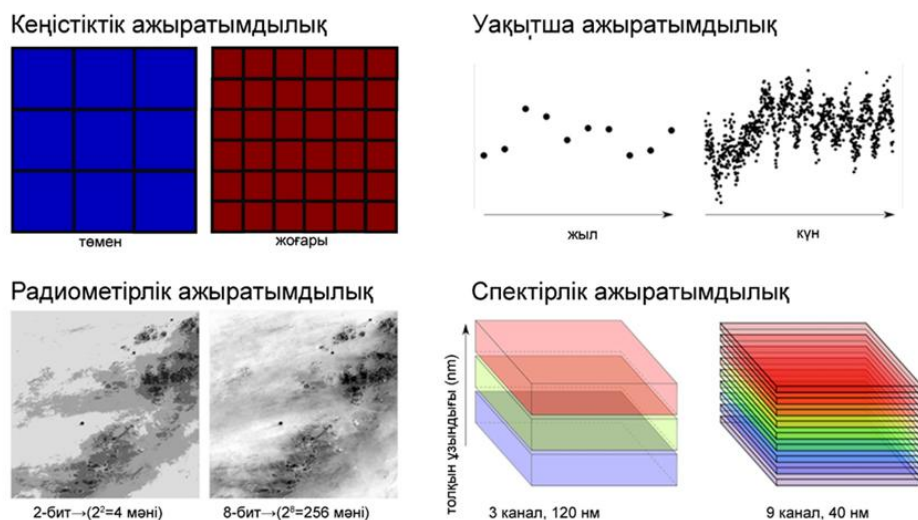
Үлкен аумақтарды алып жатқан ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді бақылау өте қиын, өйткені нақты ауыл шаруашылығы алқаптары карталарының жетіспеушілігі, дамымаған бақылау пункттері желісінің болмауы, далалық зерттеу жұмыстарын жүргізу көп қаржыны талап етуіне байланысты, сондай-ақ, әр түрлі табиғи үрдістерге байланысты егіс алқаптарының шекаралары, егістік түрлерінің өзгеріп отыруы және т.б. факторлардың барлығы ағымдағы жағдайды анықтау, оны бағалау және болжау үшін қажетті объективті, жедел ақпарат алуға кедергі келтіреді [94]. Мұндай бақылаулар жүргізілмей, ауылшаруашылық өнімдерін өндіруді ұлғайту, жерді пайдалануды оңтайландыру, өнімділікті болжау, шығындарды азайту және рентабельділікті арттыру іс жүзінде мүмкін емес.

ЖҚЗ деректері ауыл шаруашылығы аймақтарын басқарудың күрделі мәселелерін шешуде де [95], жоғары мамандандырылған салаларда да көмектесе алады. ЖҚЗ деректерінің көмегімен негізгі агротехникалық жұмыстардың [95,96] мерзімі мен сапасын бақылауға және сол арқылы ауыл шаруашылығы өндірісін басқаруды оңтайландыруға болады. Ғарыштық деректер жерді пайдаланудың халықаралық классификациясы негізінде жер учаскелерін түгендеуді және картаға түсіруді жүзеге асырады, ал жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық суреттерді жер кадастрын құру үшін де қолдануға болады. Ғарыштық суреттері жүйелі түрде қайталанып отырғандықтан ауыл шаруашылығы дақылдарының даму динамикасына бақылау және олардың өнімділігі бойынша болжамдар жүргізуге болады. Мысалы, әр түрлі дақылдарға арналған ауылшаруашылық күнтізбесін ескере отырып, вегетациялық кезеңде өсімдіктердің спектрлік жарықтығы қалай өзгередінін біле отырып, егістіктердің агротехникалық жағдайы мен дақылдардың құрамын суреттердің өңіне қарай бағалауға болады. Сонымен қатар, вегетациялық жағдайларды ескере отырып, ғарыштық суреттер негізінде егістік алқаптарының өнімділігін бағалау және болжамдар жасауға мүкіндік береді. ЖҚЗ деректері мән әдістерін ауыл шаруашылығы салсында қолдану келесідей іс-шаралар жиынтығын жедел және дәл жүзеге асыруға мүміндік береді [94, 97-101]:

- ауыл шаруашылығы дақылдары түрлері бойынша жіктеу;
- дақылдардың жай-күйін бағалау (өсімдіктердің өну көрсеткіштерін, фенофазалардың өзгеруін, дақылдардың дамуы мен жетілуін бағалау);
- күзгі дақылдардың үсікке ұшырауы мүмін аймақтарын анықтау, құрғақшылықты анықтау;
- эрозия, батпақтану, тұздану және шөлейттену аймақтарын анықтау;
- аурулардан, жәндіктерден, дефляциядан, пестицидтермен ластанудан ауыл шаруашылығы дақылдарының өлу аймақтарын анықтау;
- топырақтың сипаттамасы мен жай-күйіне талдау жасау;
- егістіктердің болжамы (сапалық және сандық);
- егіс алқаптарын есепке алу және түгендеу;
- жайылымдардың жай-күйін, аурулар мен кеміргіштердің әсерінен зақымдану дәрежесін, мал жаю нәтижесінде өсімдіктер жамылғысының бұзылу аймағын, шөпті өсімдіктермен жобалық жамылғысын (проективное покрытие) мониторингілеу;
- түрлі ауыл шаруашылығы іс-шараларының сапасы мен уақтылылы жүргізілуін қадағалау;
- ауыл шаруашылығы қызметінің жалпы мониторингі.

Жоғарыда ЖҚЗ деректерінің даму тарихы, олардың жұмыс жасау ерекшеліктеріне қарай бөлінуі және қоршаған ортаны бақылаудағы, соның ішінде ауыл шаруашылығы саласындағы атқаратын қызметтеріне тоқталып өттік. Ал енді, әр түрлі мақсатта, атап айтқанда ауыл шаруашылығы саласында ЖҚЗ деректерін пайдалану кезінде ғарыштық аппараттардың түсірген деректерінің техникалық сипаттамаларына қарай біз таңдай білуіміз керек.

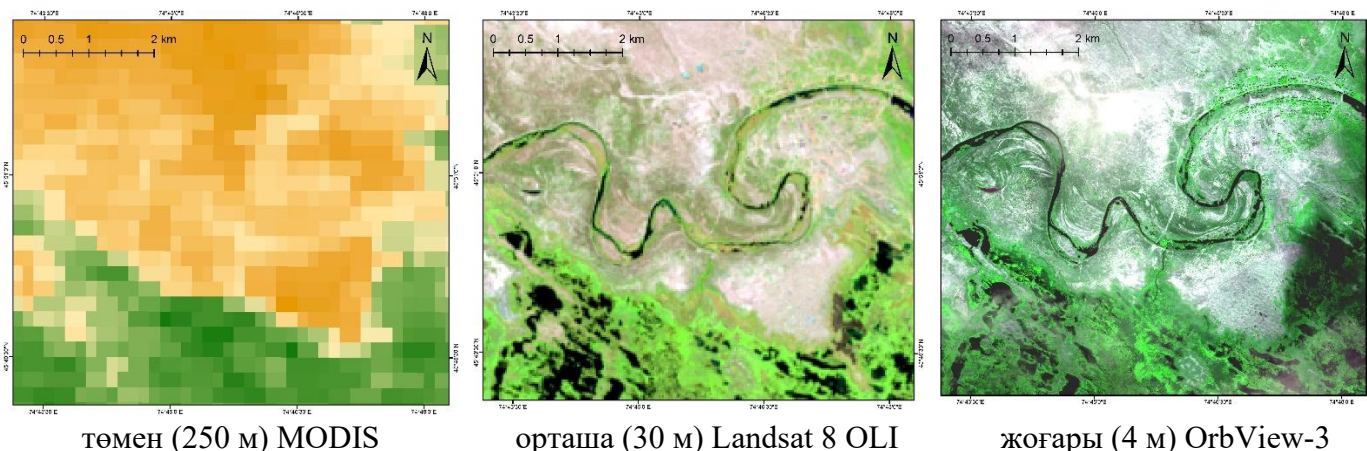
Ғарыштық құрылғыларда орнатылған датчиктердің параметрлері оларды нақты пайдалану үшін өте маңызды болып табылатын негізгі 4 ажыратымдылыққа бөлінеі (6-сурет).



6-сурет. ЖҚЗ деректерін сипаттайтын ажыратымдылық түрлері

Олар: *кеңістіктік ажыратымдылық, спектрлік ажыратымдылық, радиометриялық ажыратымдылығы және уақытша ажыратымдылық* (түсірілімдердің уақыт аралығындағы қайталау жиілігі) [102].

1. *Ғарыштық суреттердің кеңістіктік ажыратымдылығы* – бұл бір пиксельдің өлшемі, яғни спутниктік сенсор ажырата алатын ең кіші нүкте [103]. ЖҚЗ деректерінің кеңістіктік ажыратымдылығы, яғни жер бетіндегі байқалуы және анықталуы мүмкін нысанның минималды өлшемін анықтайды. Зерттелетін объектіге дейінгі қашықтыққа және жабдықтың техникалық мүмкіндіктеріне байланысты ЖҚЗ деректері төмен, орташа және жоғары кеңістіктік ажыратымдылықта жүзеге асырылады (7-сурет).



7-сурет. Кеңістіктік ажыратымдылығы бойынша ЖҚЗ деректерінің көрінісі

Мысалы, төмен ұшатын дрондар, ұшқышсыз ұшатын аппараттар (БПЛА) түсірген суреттер өте жоғары ажыратымдылыққа ие. Дегенмен, Жерден әлдеқайда алыс орналасқан Жердің жасанды серіктері де планета бетінің жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтағы ғарыштық суреттерін түсіре алады. 1980 жылдары NASA-ның (АҚШ) Landsat сериялы спутнигінің кеңістіктік ажыратымдылығы 1 пиксельге 60 метр болып салыстырмалы түрде бұл жоғары болып саналатын, алайда, бүгінгі күні бұл көрсеткіш өте төмен болып саналады.

Ауыл шаруашылығындағы жекелеген дақылдардың спектрлік қасиеттерін талдау үшін кеңістіктік ажыратымдылығы (1 пиксельге 1 м немесе одан жоғары) жоғары ғарыштық суреттерді пайдалануға болады. Кеңістіктік ажыратымдылығы төмен ғарыштық суреттермен салыстырғанда жоғары ажыратымдылықтағы суреттердің ең басты артықшылығы – жердегі бақыланатын нысандардың сипаттамасын егжей-тегжейлі талдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай суреттерде кез-келген қажетті аумақты кез-келген уақытта көруге болады. Дегенмен, жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтағы ғарыштық суреттер ақылы түрде (коммерциялық) [104] болғандықтан, пайдаланушылар үшін қымбат және қол жетімді бола бермейді. Осы санаттағы ғарыштық суреттердің тағы да бір кемшілігі – олардың шағын ғана аумақты қамтуы болып табылады. Кеңістіктік ажыратымдылығы жоғары ғарыштық суреттер жекелеген ағаштар, көліктер, ғимараттар және т.б сияқты ұсақ нысандарды көруге, оларды егжей-тегжей талдауға мүмкіндік береді. Қазіргі таңда мұндай ЖҚЗ деректерін EOSDA LandViewer платформасы ұсынған 5 метрден (SPOT 5) 40 сантиметрге (Kompsat-3A) дейінгі спутниктік деректер жиынтығынан таңдап алуға болады.

Орташа кеңістіктік ажыратымдылықтағы (1 пиксельге 100-10 м) ғарыштық суреттер жердегі әр түрлі өсімдік жамылғысының өзгеру динамикаларына талдау жасауда қолданылады. Орташа кеңістіктік ажыратымдылықтағы спутниктік суреттердің басты артықшылықтары:

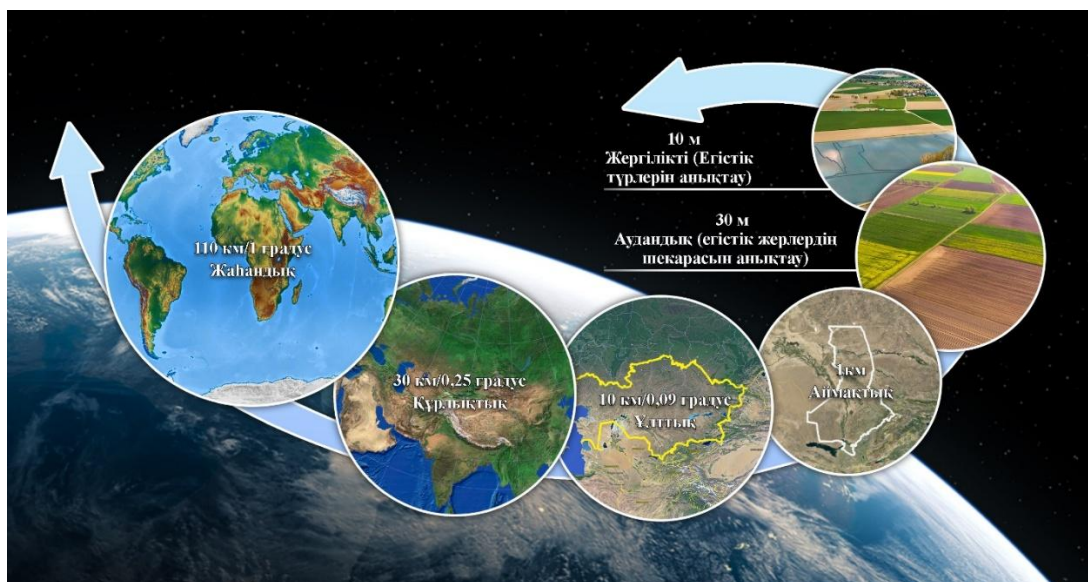
- *тегін (коммерциялық емес) ауқымды мөлшердегі ғарыштық суреттердің жиынтығы* – яғни, осы санаттағы ғарыштық суреттерге қол жеткізу оңай, қазіргі таңда EOSDA LandViewer Веб-қосымша қызметі арқылы жердегі өзгерістерді бақылауға арналған Sentinel 2, Landsat 8 OLI және TIRS, Landsat ETM+ және MODIS спутниктерінен алынған деректерді онлайн көруге, талдауға және жүктеуге болады;

- *тарихи және мұрағаттық (архивтік) ғарыштық суреттердің жиынтығы* – яғни, орташа және төмен кеңістіктік ажыратымдылықтағы спутниктік кескіндердің бүгінгі жетістігі жарты ғасырдан астам уақыт бұрын басталған Landsat жобасының тікелей нәтижесі болып табылады. EOS DA Land Viewer бағдарламасы арқылы пайдаланушылардың 1982 жылдан кейінгі спутниктік суреттерді қарап, талдай алатын және зерттелетін нысандардың уақыт өте келе қалай өзгергені туралы құнды ақпарат алуға мүмкіндігі бар;

- *көптеген спектрлік диапазондағы ғарыштық деректер жиынтығы* – яғни, бұл санаттағы спутниктік суреттер жердегі нысандарды егжей-тегжейлі талдауға мүмкіндігі болмаса да, көптеген спектрлік диапазондары мен олардың

комбинациясы кең деректерді алуға мүмкіндік береді. Мұндай спутниктік суреттер көптеген объектілер мен олардың басқа жолмен алынбайтын қасиеттері туралы маңызды ақпаратты береді.

Ал, кеңістіктік ажыратымдылығы (1 пиксельге 1000-100 м) төмен ғарыштық деректер аймақтық, жаһандық масштабтағы өзгерістерді талдауда кеңінен пайдаланылады (8-сурет).

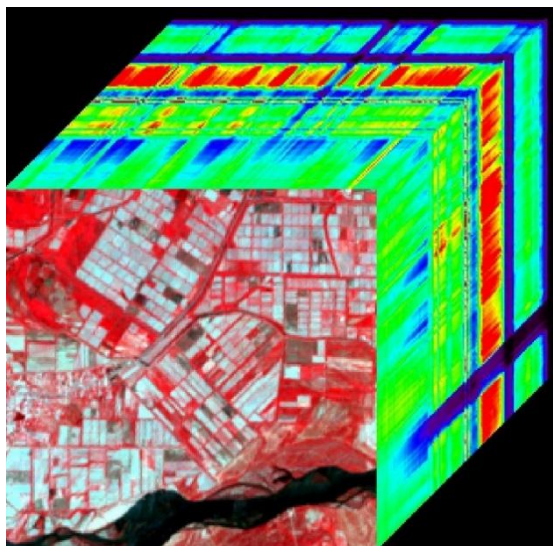


8-сурет. Жер бетіндегі зерттелетін нысанның масштабына қарай кеңістіктік ажыратымдылығы бойынша ЖҚЗ деректерінің қолданылуы

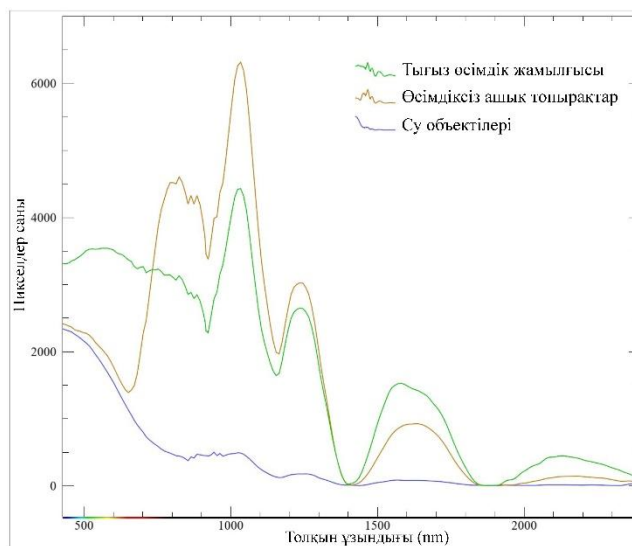
Жоғарыда ғарыштық суреттердің кеңістіктік ажыратымдылығы және олардың маңызды артықшылықтары мен кемшіліктері бойынша бірнеше деректер мен мысалдар келтірдік. Ал енді олардың ауыл шаруашылығы салсында қолданылу аясы бойынша тоқталсақ. Жер бетін картаға түсіру кезінде кеңістіктік ажыратымдылықты таңдай білу қажет, өйткені бұл ЖҚЗ деректерін алуда маңызды рөл атқарады [105-107].

2. *Ғарыштық суреттердің спектрлік ажыратымдылығы* – бұл қашықтан зондттау жүйелері түсіре алатын электромагниттік спектрдегі жолақтардың (каналдар) саны мен көлемі. Яғни, сенсордың жұқа толқын ұзындығын, олардың жіңішке және ауқымды диапазондарын анықтау мүмкіндігі. Ғарыштық суреттердің спектрлік ажыратымдылықтары жер бетіндегі зерттелетін нысандардан алатын ақпараттың көлемі мен түріне айырықша әсер етеді (өсімдіктердің түрлік құрамын ажырату және т.б.). Егер ғарыштық деректердің спектрлік ажыратымдылықтағығы жоғары болса, онда оның диапазондары жіңішке болады, ал керісінше спектрлік ажыратымдылықтары төмен болса олардың диапазондары ауқымды болады. Қазіргі таңда көптеген пассивті сенсорлар көп спектрлі болып саналады, яғни олардың 3-10 диапазоны бар, мұндай сенсорлар мультиспектрлі (көпспектрлі) болып саналады. Ал, кейбір сенсорлардың жүздеген, тіпті мыңдаған диапазондары бар және олар

гиперспектральды болып саналады. Мысалы, Landsat, Quickbird және Spot спутниктері мультиспектрлі сенсорларды пайдаланады. Гиперспектрлі спутниктік суреттер энергияны мультиспектрлі суреттерге қарағанды жіңішке және көп диапазондарда есептейді. Себебі, гиперспектрлі түсірістердің жіңішке толқын жолақтары (каналдары) энергия толқындарының ұзындығының өзгеруіне сезімтал болады, сондықтанда мультиспектрлі суреттерге қарағанда ауылшарушылығы дақылдарының жай-күйін анықтау мүмкіндігі жоғары [108].



а



б

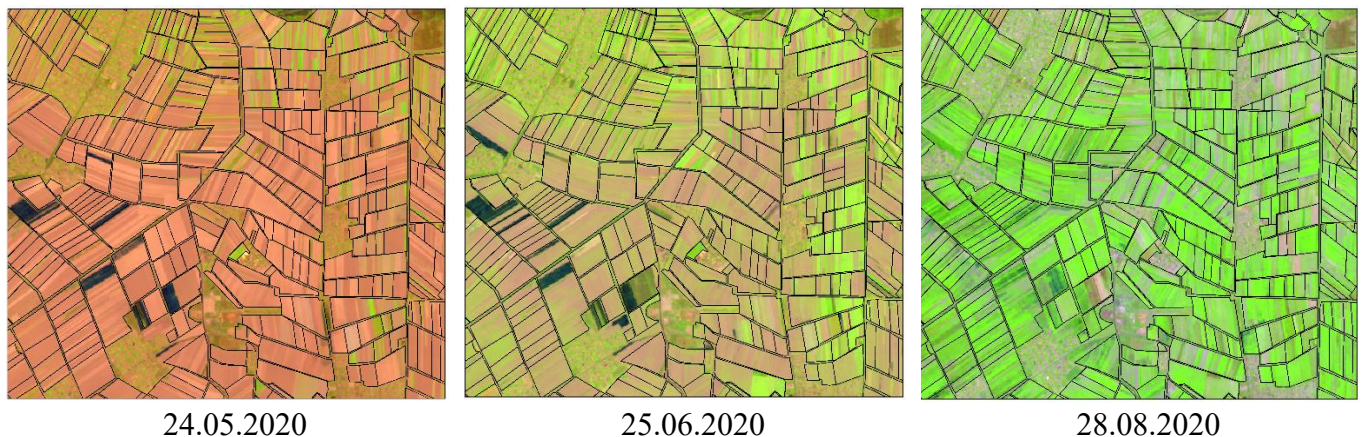
9-сурет. EO-1 – Hyperion гиперспектралды ғарыш аппаратының деректері негізінде жасалынған спектрлік кубы (а) және спектрлік профилі (б) (Түркістан облысы Қызылқұм суармалы массивіндегі егістік алқаптары)

Гиперспектральды қашықтан зондтау бейнелеу мен спектроскопияны бір жүйеде біріктіреді, ол көбінесе үлкен деректер жиынын қамтиды және өңдеудің жаңа әдістерін қажет етеді. Гиперспектрлік деректер жиыны әдетте салыстырмалы түрде жіңішке өткізу қабілеттілігінің (5-10 нм) шамамен 100-ден 200-ге дейінгі спектрлік диапазондарынан тұрады (9-сурет), ал мультиспектрлік деректер жиыны әдетте салыстырмалы түрде үлкен өткізу қабілеттілігінің (70-400 нм) шамамен 5-10 диапазонынан тұрады.).

3. *Ғарыштық суреттердің радиометриялық ажыратымдылығы* – бұл әрбір пиксельдегі ақпарат көлемі, яғни жазылған энергияны білдіретін биттер саны. Әрбір бит 2 қуат көрсеткішін жазады. Мысалы, 8 биттік ажыратымдылық 2^8 -ге тең, бұл сенсордың ақпаратты сақтау үшін 256 ықтимал сандық мәні (0-255) бар екенін көрсетеді. Осылайша, радиометриялық ажыратымдылық неғұрлым жоғары болса, ақпаратты сақтау үшін соғұрлым көп мәндер қолжетімді болады, бұл энергиядағы ең кішкентай айырмашылықтар арасында жақсырақ ажыратуды қамтамасыз етеді. Мысалы, судың сапасын бағалау кезінде мұхит түсінің нәзік айырмашылықтарын ажырату үшін радиометриялық ажыратымдылық қажет.

4. *Ғарыштық суреттердің уақытша ажыратымдылығы* – бұл жасанды Жер серігінің орбитаны аяқтауға және сол бақылау аймағына қайта оралуға

кететін уақыты. Уақытша ажыратымдылық орбитаға, сенсордың сипаттамаларына және жолақтың (каналдың) еніне байланысты. Әртүрлі уақыттағы түсірілген жер бетінің бір аумағы ауыл шаруашылығындағы егістік алқаптарының өзгеруі, деградацияға ұшырауы және егістік өнімділігі көрсеткіштерінің өзгеру динамикасын бағалауда өте құнды деректерді береді [108]. Мысалы, NASA-ның Terra және Aqua спутниктеріндегі MODIS сенсорының уақытша ажыратымдылығы 1-2 күнді құрайды, бұл сенсорға Жерді күн сайын өзгерген сайын визуализациялауға мүмкіндік береді. Екінші жағынан, NASA/USGS Landsat 8 (OLI) бірлескен спутнигінің бортындағы жолағының ені тар және уақытша ажыратымдылығы 16 күн; ол күнделікті өзгерістерді емес, екі айда бір рет болатын өзгерістерді көрсете алады (10-сурет).



10-сурет. Landsat 8 OLI спутнигінің бір аумақты қайталап түсіру жиілігі (Түркістан облысы Мырзашөл суармалы массивіндегі мақта және күріш алқаптары)

Жоғарыдағы аталған ғарыштық суреттердің сипаттамалары ауыл шаруашылығында ЖҚЗ деректері мен әдістерін қолдануда ерекше маңызға ие болып табылады. Соңғы 20 жылда әлем бойынша ауыл шаруашылығында ЖҚЗ деректерін соның ішінде ұшақсыз ұшатын аппараттарды (ҰҰА) қолдану қарқынды өсіп келеді. Тек 2015-2019 жылдар аралығында ұшақсыз ұшатын аппараттарды (ҰҰА) ауыл шаруашылығында пайдалануға арналған зерттеулер 23 %-ға артқан, ал, жалпы ЖҚЗ деректерін 2000 жылдың басындағымен салыстырғанда 20 есеге көбейген [109]. Бұл Landsat және Sentinel сияқты тарихи спутниктік суреттердің үлкен көлеміне тегін қол жеткізуімен және Google Earth Engine (GEE) сияқты қуатты ашық деректерді есептеу мен өңдеуге арналған платформаның қол жетімді болуына байланысты [110].

Соңғы жылдары елімізде ЖҚЗ деректері негізінде ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлеріне мониторинг жасауда, төтенше жағдайларда (ТЖ), атап айтқанда, орман шаруашылығында өрттерді анықтау мен олардың алдын алу мақсатында, су тасқыны болатын аймақтарды мониторинг жасауда және т.б. салаларда кеңінен пайдаланылуда. Қазіргі таңда еліміздегі ғарыш қызметі саласындағы салааралық бағдарламаларды әзірлейтін және іске асыратын негізгі атқарушы ұйым – «Қазақстан Ғарыш Сапары Ұлттық компаниясы» АҚ ұлттық

компаниясы болып табылады. Компанияның негізгі акционері - ҚР Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігінің Аэроғарыш комитеті болып табылады.

Компанияның іс-әрекеттерінің негізгі бағыттарына келесідей қызметтер жатады [111]:

- еліміздегі ғарыш қызметі салсындағы бағдарламаларды әзірлеу және оларды іске асыру;

- әлеуметтік-экономикалық міндеттерін шешуге және ұлттық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған тиімділігі жоғары ақпарат және ғарыш технологияларын құру;

- ұлттық қауіпсіздікті, қорғанысты, қоршаған ортаны қорғауды, төтенше жағдайларды болжауды және мониторингтеуді қамтамасыз ету жөніндегі мемлекеттік тапсырысты орындауға қатысу.

Сонымен қатар, ҚР ЖКЗ ҒК жобасы бойынша елімізде 2014 жылдың 30 сәуірінде Франция Республикасымен бірлесіп кеңістіктік ажыратымдылығы жоғары (1 м) KazEOSat-1 Жерді қашықтан зондтаудың алғашқы қазақстандық спутнигі ұшырылды. Осы жылдың 20 маусымында орта кеңістіктік ажыратымдылықтағы (6,5 м) KazEOSat-2 спутнигі ұшырылды.

2015-2020 жылдар аралығында Қазақстан Республикасының Жерді қашықтан зондтау ғарыш жүйесінің (KazEOSat-1 және KazEOSat-2) жұмыс істеу кезеңі кезінде ішкі нарықта ғарыштық суреттерді сатудан 15 млн. теңге табыс түссе, ал сыртқы нарықта сатудан түскен табыс 316 млн теңгені құраған. Сондай-ақ, 2020 жылғы жағдай бойынша еліміздегі мемлекеттік органдарға 2 876 400 км² құрайтын кеңістіктік ажыратымдылығы жоғары және 3 006 003 км² кеңістіктік ажыратымдылығы орташа ЖКЗ деректері ұсынылған [112].

Қорыта келгенде, жер деградациясын бағалау үшін әртүрлі әдістер пайдаланылады. Жер деградациясын бағалау әдістері деградация түрлеріне (физикалық, химиялық және биологиялық) байланысты.

Жер деградациясын бағалау әртүрлі халықаралық зерттеу ұйымдары мен зерттеушілер белгілеген көрсеткіштерге (индикаторлар) негізделіп жүргізіледі.

Суармалы жерлердің деградациясын бағалаудағы қашықтан зондтау деректерін пайдалану деградацияға қарсы іс-шаралар жиынтығын жедел және дәл жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасында ауыл шаруашылығы жерлері мен егістіктерінің жай-күйіне тұрақты мониторинг жүргізу үшін қолжетімді спутниктік ақпараттық жүйелер пайдаланылып, ЖКЗ деректерін автоматты түрде өңдеу және талдау үшін жаңа тәсілдер пайдалануда.

2 ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫ МЕН СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДІ ПАЙДАЛАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

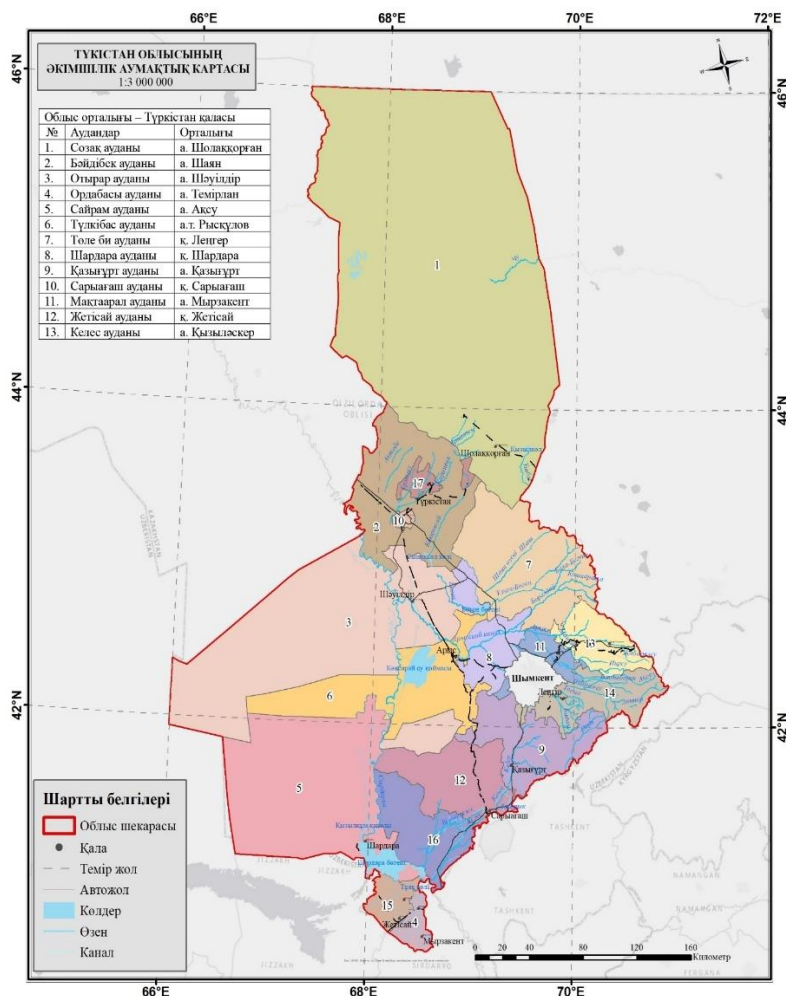
2.1 Суармалы егіншілік дамуына әсер ететін облыстың табиғи-климаттық алғышарттары

Түркістан облысы – Қазақстан Республикасының оңтүстігіндегі әкімшілік-аумақтық бөлік. Аумағы 117,3 мың км² алқапты алып жатыр.

Облыс құрамында 13 әкімшілік аудан, 3 қалалық әкімдік, 7 қала, 13 кент, 171 ауылдық округ, 932 ауыл бар (11-сурет).

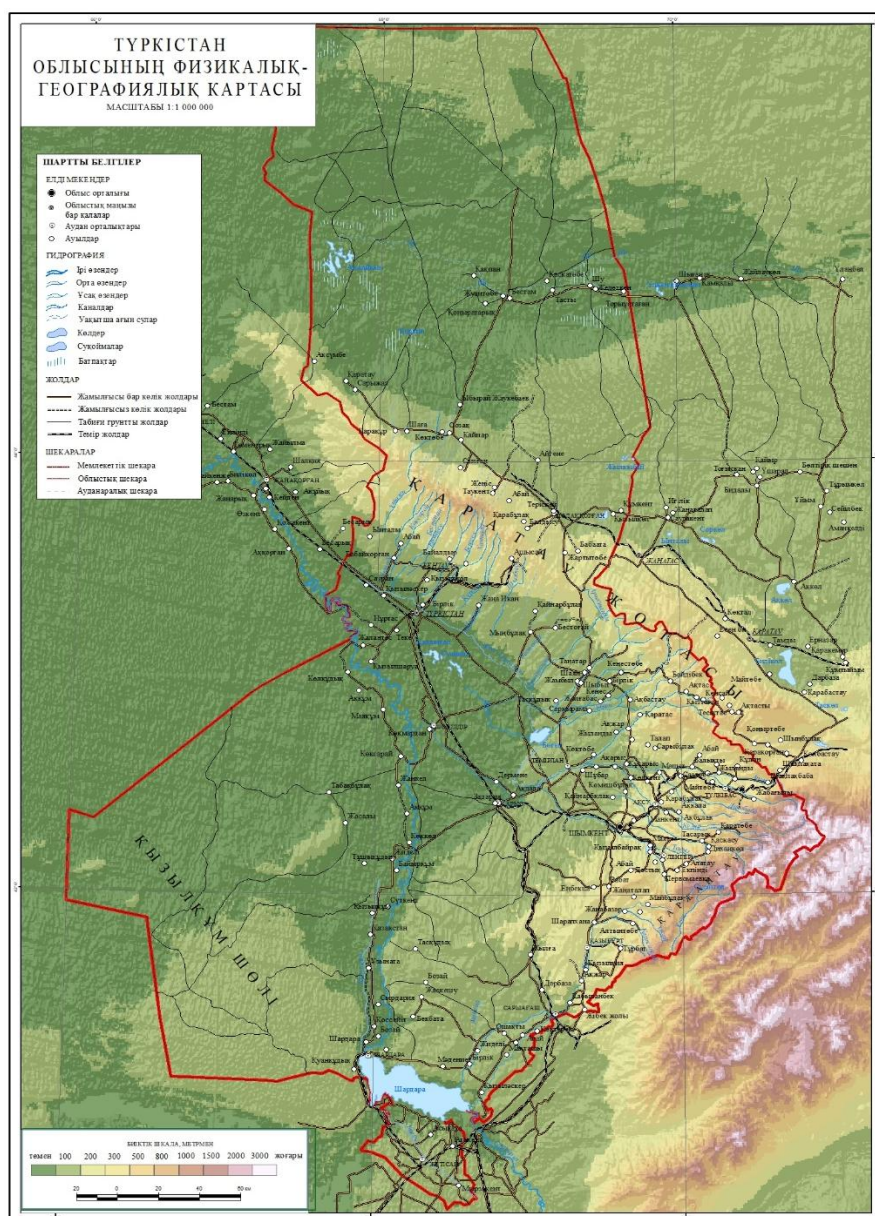
Түркістан облысының жер бедері негізінен жазық (орташа биіктігі 200 – 500 м). Облысты территориясының беті жер бедерінің әр түрлі пішіндерімен сипатталады. Облыстың оңтүстік-шығысында Батыс Тянь-Шаньнің биік және аласа таулары орналасқан. Солтүстік және оңтүстік-батыс жазықты болып келеді, жалпы облыс территориясының басым бөлігін жазықтар алып жатыр.

Қаратау жотасы облыс территориясын оңтүстік-шығыстан солтүстік-батысқа қарай кесіп өтіп облысты шамамен теңдей бөліктерге бөледі. Солтүстік бөлігін Бетпақдала үстірті және Мойынқұм құмды шөл алып жатыр [113].



11-сурет. Түркістан облысының әкімшілік-аумақтық бөлінісі картасы

Түркістан облысының жер бедері негізінен жазық болып келеді. Солтүстік бөлігінде Бетпақдала шөлінің оңтүстік-батысы, Ащыкөл ойысы, Тоғызкентау жоны, Шу өзенінің төменгі ағысы мен Мойынкүм құмды алқабы орналасқан. Орталық бөлігін Қаратау жотасы (ең биік нүктесі – Бессаз тауы, 2176 м) солтүстік-батыстан оңтүстік-шығысқа қарай кесіп өтеді. Қаратаудың оңтүстік-шығысында Боралдай жотасы (1400–1600 м) орналасқан. Оңтүстік-шығысын Батыс Тянь-Шань сілемдері: Өгем (Сайрам шыңы – 4299 м), Қаржантау (2800–2900 м), Қазығұрт (1700 м), Талас Алатауының батыс сілемдері – Кіші Ақсу (2577 м) мен Алатау (3137 м) қамтиды. Оңтүстік-батысында Қызылқұм құмы мен Қарақтау (388 м), ал оңтүстігінде Шардара даласы, Ызақұдық, Қауынбай молда (321 м) және Белтау (592 м) жоталары орналасқан. Облыстың қиыр оңтүстігін Мырзашөл өңірі алып жатыр [114].



12-сурет. Түркістан облысының физикалық картасы

Түркістан облысы қоңыржай климаттық белдеуінің оңтүстік бөлігінде орналасқан. Облыстың жазық аудандарының климат жағдайының ерекшелігі кескін континенттігі. Л.Н. Бабушкиннің климаттық аудандастыруы бойынша облыстың территориясы үш климаттық провинцияда орналасқан [115].

Жалпы облыстың климаты - континенттік. Қысы қысқа, жұмсақ, қар жамылғысы жұқа, тұрақсыз. Түркістан облысының қаңтар айының жылдық орташа температурасы $-4,9^{\circ}\text{C}$. Жазы ұзақ, ыстық, қуаң және аңызқты. Шілде айының жылдық орташа температурасы $+29,9^{\circ}\text{C}$, ең жоғарғысы $+43,3^{\circ}\text{C}$ (Түркістан метеобекеті). Шөлді аймағында жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері 120-140 мм құрады, тау алдында 350-500 мм, биік таулы бөлігінде 700 мм. Ең көп жауын-шашын мөлшері (57%) көктемгі-қысқы кезеңде түседі. Ең ылғалды ай – ақпан, орташа жауын-шашынның көлемі 31,1 мм құрады, ең құрғақ ай – маусым орташа жауын-шашынның көлемі 3,4 мм құрайды.

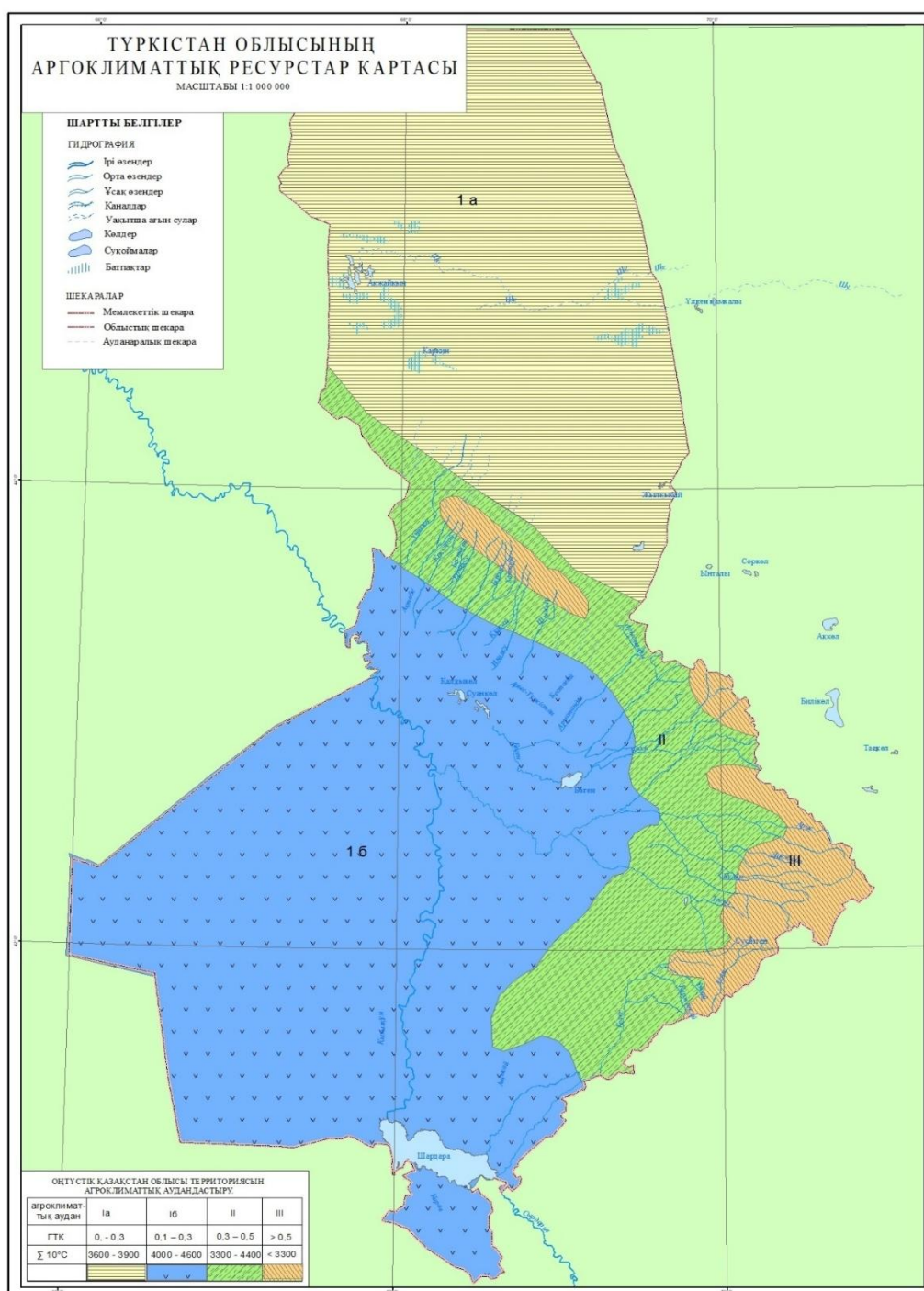
Жауын-шашын режимінің басты ерекшелігі қар жамылғысының салыстырмалы үлкен қалыңдығы 30 см дейін, ал ұзақтылығы 80 күнге дейін. Мұндай су қамтамасыз ету жағдайы суғарылмайтын егістікке жағымды болып табылады, негізінен суыққа бейімделген ауыл шаруашылық дақылдарғы, әсіресе, астық тұқымдастықтарға. Жеткілікті ылғалдану әртүрлі шөптесін таулы дала дамуына жағдай тұғызады, яғни таулы жайылым ретінде пайдаланылады. Қаратаудың оңтүстік-батыс беткейінің термикалық режимі ауыл шаруашылыққа өте жағымды, бірақ егіншілік үшін жер бедері пішіні қолайсыз.

Агроландшафттар қалыптасуында агроклиматтық ресурстар өте маңызды роль атқарады. Оның негізгі себебі ауыл шаруашылық ландшафттарды жасау үшін термикалық ресурстарды, ылғалмен қамтамасыздандыруы, олардың режимін есепке алу қажет. Сондықтан, осы мәселелерді қарастыруда агроклиматтық аудандастыруға негізденеміз [115].

Түркістан облысының физикалық-географиялық жағдайындағы үлкен айырмашылықтар агроклиматтық жағдайдың біркелкі болмауының себебі болып келеді. Агроклиматтық аудандастыру негізінде - өсіп-өну (вегетациялық) кезеңдегі ылғалмен және жылумен қамтамасыз ету көрсеткіштері ретінде Селяниновтың гидротермикалық коэффициенті (ГТК) қолданылады. Бұл коэффициент, температурасы $+ 10^{\circ}\text{C}$ жоғары кезеңдегі жауын-шашынның жиынтығы, осы кезеңдегі 10 (он) есе кішірейтілген температуралар жиынтығына бөлінген көрсеткішке тең.

Ылғалдану жағдайы бойынша облыстың территориясы үш зонаға бөлінген: өте құрғақ ($\text{ГТК}=0,1-0,3$), 1000 м биіктік дейін тау алды құрғақ ($0,3 - 0,5$) және таулы 1000 м жоғары ($\text{ГТК} > 0,5$).

Өте құрғақ зона жылумен қамтамасыз ету бойынша екі ауданға бөлінеді: өте құрғақ ыстық 10°C жоғары температуралардың жиынтығы 3300 - 3900 $^{\circ}\text{C}$ және өте құрғақ өте ыстық температуралардың жиынтығы 4000 – 4600 $^{\circ}\text{C}$ тең. Құрғақ тау алды зонада температуралар жиынтығы 3300 – 4400 $^{\circ}$, ал, таулы зонада 3300 $^{\circ}$ және одан да төмен [115]. Нәтижеде, Түркістан облысы территориясында төрт агроклиматтық аудан ажыратылады (13-сурет).



13-сурет. Түркістан облысының агроклиматтық ресурстарын аудандастырудың картасы

Бірінші аудан (1a). Ыстық құрғақ агроклиматтық аудан Бетпақдаланы, Мойынқұмды, Шу өзені аңғарын қамтиды. Агроклиматтық ауданға әкімшілік тарапынан Созақ ауданының жазықтық бөлігі сәйкес келеді.

Климаттық ауданның климаты кескін континентті, ыстық құрғақ жаз, суық қар аз жауатын қыспен сипатталады. Аязсыз маусым орта есеппен сәуір айының екінші жартысында орнатылады, 5 – 6 айға созылады. Жауын-шашын мөлшері өте аз. Температуралар 10°C жоғары кезеңінде жауын-шашын мөлшері 45 – 125

мм аралығында, максимумы наурыз – мамыр маусымға келеді. Қыста болатын қар жамылғысының қалыңдығы 10 – 25 см, 2 – 3 айға созылады. Ылғалдың тапшылығы егін шаруашылығын дамытуға мүмкіндік бермейді, сондықтан, бұл ауданның жер ресурстарын жайылым ретінде пайдалануға болады.

Екінші аудан (ІБ), өте құрғақ және өте ыстық Сырдария өзені бойын қамтиды, батыста Қызықұм, шығыста Қаратау мен Өгем жотасының тау алды етегіне дейін. Қиыр оңтүстікте бұл ауданға Мырзашөл жатады. Бұл агроклиматтық ауданғы төмендегі әкімшілік аудандар кіреді: Мақтаарал, Шардара, Отырар аудандары, Сайрам және Қазығұрт аудандарының батыс бөліктері, Байдібек ауданының батыс және оңтүстік-батыс бөліктері, Түркістан мен Сарыағаш аудандарының оңтүстік бөліктері.

Бұл ауданда 10°C жоғары температуралар жиынтығы $4000 - 4600^{\circ}\text{C}$ құрайды, ГТК=0,1 – 0,3; Қаратау жотасы, ауданға қарай суық солтүстік ауаны өткізбейді. Көктемгі үсік сәуір айының басында тоқтайды, ал бірінші күзгі үсік қазан айының бірінші жартысында пайда болады. 10°C жоғары температуралар кезеңіндегі жауын-шашынның мөлшері 40 мм – 150 мм дейін. Әсіресе, батыс бөлігі өте құрғақ (Қызылқұмда орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 100 – 170 мм. Қыста қар жамылғысы тұрақты болмайды және қалың қабат болып жатпайды. Оңтүстік бөлігінде тұрақты қар жамылғысы қалыптаспайды. Ауыл шаруашылығы басым суғармалы, құмды аудандары жайылым ретінде пайдаланады. Ауданның оңтүстік бөлігінің топырағы мақта, жүзім т.б. жылу сүйгіш дақылдар егуге қолайлы.

Үшінші аудан (ІІ), құрғақ тау алды зонасы, Созақ, Түркістан, Байдібек, Түлкібас, Сайрам, Төлеби, Қазығұрт және Сарыағаш әкімшілік аудандарының тау алды бөліктерін қамтиды. $+10^{\circ}\text{C}$ жоғары температуралар жиынтығы $3300^{\circ} - 4400^{\circ}$ аралығында, ГТК=0,3 – 0,5. Аязсыз кезеңінің ұзақтылығы 167 – 204 күнге дейін созылады. Бұл ауданның климатына теңіз деңгейінен биіктігі, жер бедері және беткейдің экспозициясының үлкен ықпалы бар. Жауын-шашынның жылдық мөлшері 500 – 600 мм шамасында. Температурасы $+10^{\circ}\text{C}$ жоғары болатын кезең бойы жауын-шашынның мөлшері 90 – 250 мм. Тұрақты қар жамылғысы желтоқсан айының екінші декадасында орнатылады, 2 – 2,5 айға созылады. Ауданның агрошаруашылық маңызы суғарылмайтын жер ресурстарының көп болуы.

Төртінші аудан (ІІІ), Қаратау және Батыс Тянь-Шаньның жоталарын қамтиды. Бұл ауданға Созақ, Түркістан, Байдібек, Түлкібас, Қазығұрт және Төлеби аудандарының таулы бөліктері жатады. $+10^{\circ}\text{C}$ жоғары болатын температуралардың жиынтығы 3300° және одан да төмен, ГТК>0,5. Аязсыз кезеңінің ұзақтылығы 161 күн және одан да төмен. Бұл аудан сумен жақсы қамтамасыз етілген. Температурасы $+10^{\circ}\text{C}$ жоғары болатын кезеңдегі жауын-шашын мөлшері 115 – 255 мм, ал орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 600 – 800 мм. Тұрақты қар жамылғысы жылда болады, бірақ таулы бедері болуына байланысты қар жамылғысы барлық жерде бір қалыпты болмайды.

Облыстың суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысының түрлері мен түршелері алуан түрлілігімен сипатталады. Бұл аумақтың жер бедері, климаттық

жағдайларына, өсімдік жамылғысының әртүрлілігімен, сондай-ақ аналық жыныстардың ерекшелігімен байланысты. Облыстың топырақ жамылғысы ендік белдеулікке ғана емес, сонымен қатар биіктік белдеулікке де тәуелді түрде қалыптасады. 9-кестеде биіктік белдеулік пен топырақ түзілу жағдайларына байланысты Түркістан облысының суармалы аумағындағы топырақ жамылғысының аудандастырылуы көрсетілген.

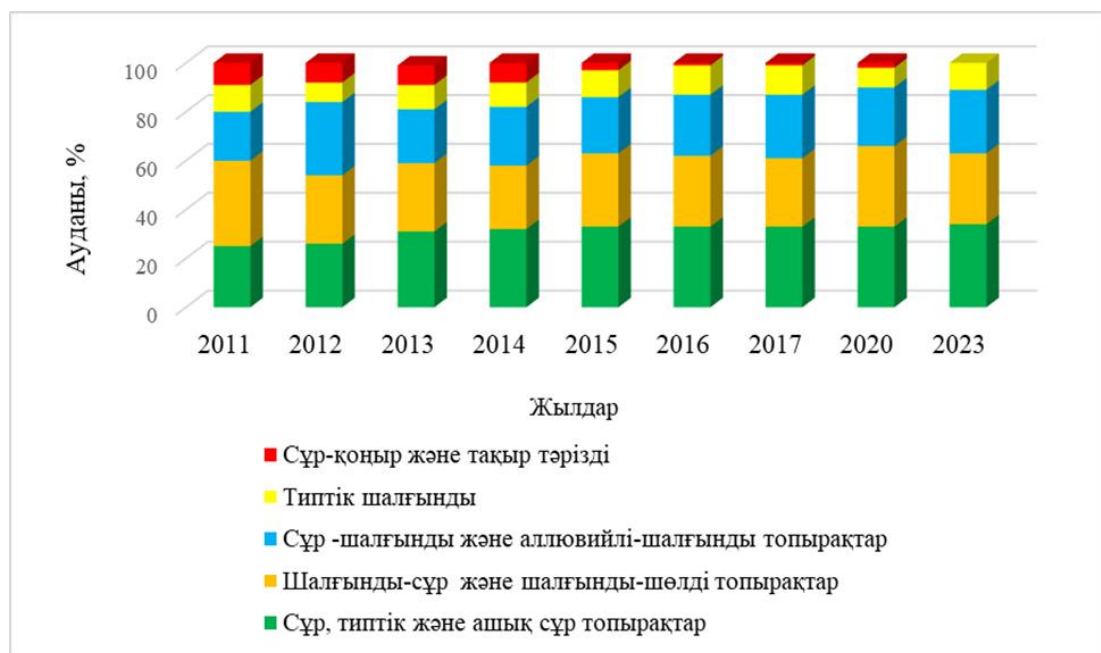
9-кесте. Түркістан облысының зоналық топырақ түрлері

№	Зоналар	Топырақ түзілу жағдайы	Зоналық топырақтар және олардың алып жатқан аумағы, мың га	Әкімшілік аудандардағы таралуы
1	2	3	4	5
I	«А» зонасы – шөл және сұр топыраққа өтпелі аймақ	Ылғалдану коэффициенті $<0,1$; жылдық атмосфералық жауын-шашын мөлшері <200 мм. Орташа температурасы 10°C -тан жоғары кезеңнің ұзақтығы 120–200 күн. Топырақ түзуші жыныстар – элювиалды-аллювиалды шөгінділер.	Сұр-коңыр, тақыр тәрізді, тақыр-сұр топырақты, қалдықты аллювийлі-шалғынды: 54,0	Созақ, Отырар, Шардара аудандары мен Арыс қалалық әкімшілігі
II	«Б» аймағы – эфемерлі дала аймағы	Ылғалдану коэффициенті $<0,1-0,2$; жылдық атмосфералық жауын-шашын мөлшері 200-300 мм. Орташа температурасы 10°C -тан жоғары кезеңнің ұзақтығы 200-220 күн. Топырақ түзуші жыныстар – аллювийлі, пролювийлі және аралас шөгінділер.	Ашық сұр топырақтар, сұр топырақты-шалғынды, шалғынды-сұр топырақты, шалғынды: 388,3	Мақтаарал, Жетісай, Ордабасы, Байдибек аудандары мен Түркістан және Арыс қалалық әкімшіліктері
III	«В» және «Г» аймақтары – түрлі шөптесін далалар	Ылғалдану коэффициенті $<0,2-0,3$; жылдық атмосфералық жауын-шашын мөлшері >300 мм. Орташа температурасы 10°C -тан жоғары кезеңнің ұзақтығы «Б» аймағымен бірдей – 200-220 күн. Топырақ түзуші жыныстар – пролювийлі, аллювийлі, делювийлі және аралас шөгінділер.	Сұр, типтік сұр топырақтар: 124,3	Сарыағаш, Қазығұрт, Төле би, Түлкібас және Сайрам аудандары

Облыстың топырақ жамылғысының негізгі сипаттамалары:

- гумустың әлсіз түзілуі және гумустық профильдің айтарлықтай ұзақ болуы;
- профильдің генетикалық горизонтарға әлсіз бөлінуі;
- анық макроструктураның болмауы, бірақ микроструктураның жақсы дамуы;
- жоғары кеуекті және борпылдақ құрылым;
- профильдің бүкіл ұзындығында карбонаттылық, оның жоғарғы бөлігінде айтарлықтай азаюы;
- топырақ ерітіндісінің сілтілік реакциясы, карбонаттардың көп мөлшерінен туындайды.

«Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ-нің көпжылдық деректері бойынша, облыстың суармалы жерлерінде жүргізіліп жатқан шаруашылық факторлардың әсерінен топырақ жамылғысының құрылымында сапалық және сандық өзгерістер болғаны және әлі де болып жатқаны анықталды. Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысының түрлері мен түршелерінің алып жатқан аумағының өзгеру динамикасы бойынша деректер 9-кестеде және 14-суретте берілген. Ал 12-кестеде Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысының әкімшілік аудандар бойынша құрылымы көрсетілген.



14-сурет. 2011-2023 жж Түркістан облысы суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысы құрылымының динамикасы, %

Қосымша Г 1-кестенің деректері бойынша 2011-2023 жылдардағы облыстың суармалы жерлерінің топырақ жамылғысы құрылымында біршама өзгерістер болғанын көрсетеді [121].

Ерекше атап өтетін жағдай, 2011 жылдан 2023 жылға қарай салыстырғанда гидроморфты және жартылай гидроморфты жағдайда дамитын шалғынды топырақ түрлерінің аудандары ұлғайғаны байқалады. Әсіресе гидроморфты режимде дамитын типтік шалғынды топырақтардың аумағы айтарлықтай артқан. Бұл топырақтар жер астының минералданған суларының жер бетіне жақын орналасуына байланысты мелиорациялық жағынан қолайсыз, егіншілікке тиімсіз болып есептеледі. Олар көбінесе Мақтаарал, Жетісай және Шардара аудандарында таралған.

Типтік шалғынды топырақтармен қатар ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіруге мелиорациялық тұрғыдан қолайлы саналатын сұр-шалғынды және аллювийлі-шалғынды топырақтардың да көлемі артып отыр. Бұл топырақ

түрлері облыстың 15 әкімшілік ауданының 11-інде кездеседі. Олар тек Сайрам, Төлеби, Түлкібас және Сызақ аудандарында ғана таралмаған.

Атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің артуы мен жер асты сулары деңгейінің көтерілуіне байланысты автоморфты және жартылай автоморфты режимде дамитын сұр топырақтардың, сұр-қоңыр, сұр-қоңыр және тақыр тәрізді топырақтардың, сондай-ақ олардың шалғынды нұсқаларының аумағы азайған.

Бұлмен қамтамасыз етілмегендіктен өсімдіктер үшін қолайсыз болып есептелетін, сұр типтік және ашық сұр топырақтар, сұр-қоңыр және тақыр тәрізді топырақтар көбінесе таулы аймақтардың етектерінде және Қызылқұм мен Бетпақдала шөлдерінде таралған. Бұл топырақтарда жер асты сулары терең жатқанымен және олардың механикалық құрамы жеңіл болғандықтан тұздану айқын байқалмайды. Дегенмен, ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру үшін қосымша су көлемі қажет. Бұл жағдайда суару жиі әрі аз мөлшерде жүргізілуі тиіс, себебі тау бөктеріндегі еңісті жерлерде су тез ағып кетіп, өсімдіктердің тамырына сіңбей қалады. Сондай-ақ, құмды шөл аймақтарында да (құм және құмдауыт топырақтарда) жоғары су өткізгіштікке байланысты жиі әрі аз мөлшерлі суаруды қажет етеді, өйткені өсімдіктердің тамыры суды толық пайдаланып үлгермейді.

Облыстың суармалы топырақтарының басты ерекшелігі – қоректік элементтердің төмен мөлшері. Мұны Қосымша Г 2-кестедегі мәліметтер растайды. Бұл кестеде облыстың тұздануға бейім әкімшілік аудандарындағы тұрақты бақылау жүргізілетін тұзды стационарлар топырағындағы гумус мөлшері көрсетілген. Гумус – топырақ құнарлылығының жинақталған көрсеткіші болып табылады, себебі оның құрамында барлық азоттың кемінде 98%-ы, күкірттің 80%-ы және фосфордың 60%-ы болады.

Қосымша Г 2-кестедегі деректер облыстың суармалы жерлерінің топырақтарындағы гумус мөлшерінің салыстырмалы түрде төмен екенін көрсетеді. Өткен жылмен салыстырғанда, биыл бақыланған 7 учаскенің 5-еуінде гумус мөлшерінің аздап артқаны байқалады. 2020 жылы суғаруға дейінгі кезеңде гумус мөлшерінің орташа мәні 0,83% болса, 2023 жылы бұл көрсеткіш 1,63%-ға жеткен. Ал суғарудан кейінгі кезеңде тиісінше 0,82% және 1,21% болды.

Гумус мөлшерінің ең төменгі деңгейі 2023 Мырзашөл (Мақтаарал және Жетісай аудандары) суару алқабының топырағында тіркелді.

Гумустың төмен болу себептері – органикалық және минералдық заттардың теріс балансы, бұл өз кезегінде ауыспалы егіс жүйесінің болмауынан, ең бастысы – минералдық тыңайтқыштардың аз мөлшерде енгізілуінен және органикалық тыңайтқыштардың мүлдем қолданылмауынан туындаған. Соның салдарынан топыраққа органикалық заттардың (вегетативтік, тамыр және өсімдік қалдықтары) түсуі азайған.

Бұл жағдай топырақтың құнарлылығына кері әсер етіп, ал құнарлылықтың төмендеуі ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігінің төмендеуіне әкеледі. Топырақ құнарлылығын арттыру үшін, суару кезеңінде тыңайтқыштарды бірнеше кезеңмен енгізу қажет. Бұл себілетін дақылдардың өнімділігін 40-50%-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді.

Облыс аумағындағы суармалы жерлердің жер асты суының деңгейі мен оның тұздылығын бақылау үшін суармалы алқаптарда бақылау құдықтары орналастырылған. Жалпы бүгінгі таңда облыс аумағында 1360 дана бақылау құдықтары бар, оның ішінде нақты жарамдысы 1150 дана, жұмыс істемейтіні 210 дана, оның ішінде, 112 данасынын аузы бекітілген, 37 данасы жойылған.

Қазақстан Республикасында суармалы жерлердің мелиорациялық жай-күйінің мониторингін және оны бағалауды және ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің мелиорациялық жай-күйі туралы ақпараттық деректер банкін мемлекеттік жүргізу қағидалары сәйкес облыс аумағында 3293 дана бақылау құдығы болуы қажет. Түркістан облысы аумағындағы бақылау құдықтарының саны және норматив бойынша қажеттілігі жөнінде мәліметтер 15-кестеде аудандар бойынша көрсетілген.

Аталған бақылау құдықтарының барлығы «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ-нің теңгерімінде. Жылда бұл бақылау құдықтары техникалық тексерулерден өткізіліп, қажет болған жағдайда ағымдағы жөндеу жұмыстары жүргізіледі.

2023 жылы бюджеттің 159 ерекшелігі бойынша бақылау құдықтарын қалпына келтіру мақсатында 109 данасына ағымдағы жөндеу (қайта бұрғылау) жұмыстары жүргізіліп, 433 данасында сырлау, су айдап айналасын тазалау жұмыстары орындалды. Облыстың суармалы жерлерінде орналасқан бақылау құдықтарының жұмыс түрлері мен көлемі Қосымша Г 3-кестеде көрсетілген.

2.2 Облыстағы ауыл шаруашылық жерлерінің қазіргі жағдайын талдау

Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер облыста аграрлық секторды дамытуда және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде негізгі өндірістік ресурс болып табылады. Ауыл шаруашылығы жерлерінің сапалық және сандық жай-күйін объективті бағалау жер ресурстарын ұтымды басқару, ғылыми негізделген жоспарлау және агроэкологиялық тепе-теңдікті сақтау үшін аса маңызды.

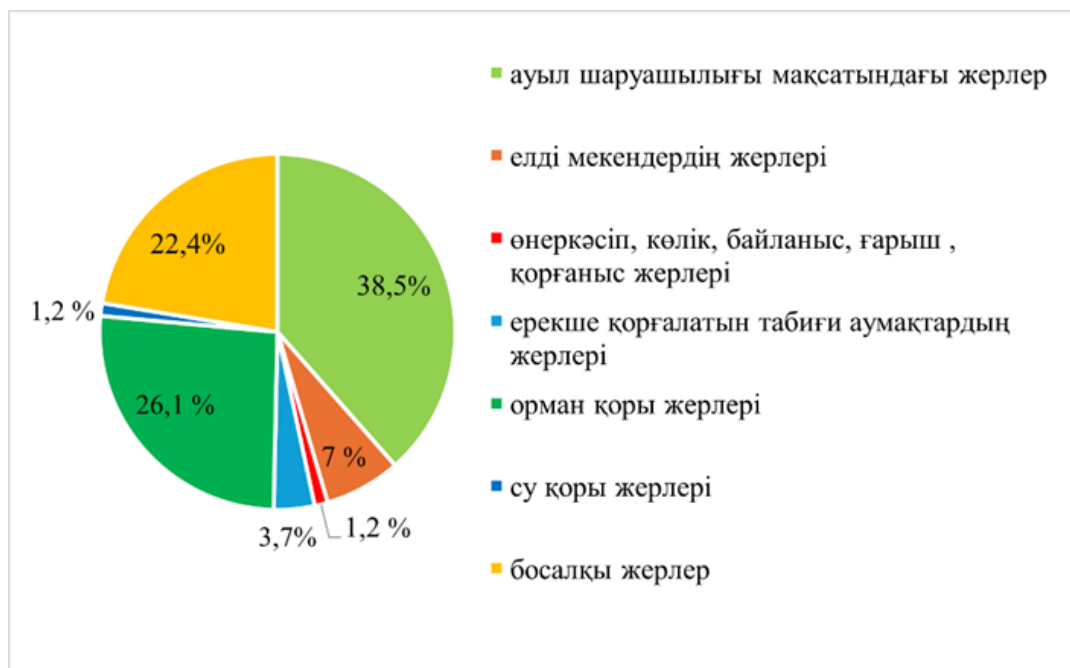
Түркістан облысы жағдайында ауыл шаруашылығы алқаптарының құрылымы, пайдалану қарқындылығы, мелиорациялық жағдайы мен деградациялық өзгерістері өзара тығыз байланысты. Бұл аумақтардың көп бөлігінде суармалы жерлер басым болғандықтан, олардың тиімділігіне жердің сапасы мен суару жүйелерінің техникалық деңгейі тікелей әсер етеді. Осы тараушада облыстың ауыл шаруашылығы жерлерінің қазіргі жағдайына жан-жақты талдау жүргізіледі. Жер қорларының құрамы, жер пайдаланудың құрылымы, суармалы жерлердің үлесі мен мелиорациялық жай-күйі, сондай-ақ негізгі деградациялық факторлар сараланады. Бұл талдау келесі бөлімдерде деградация үдерістерін бағалау мен жерді ұтымды пайдалануға бағытталған ұсыныстарды әзірлеу үшін негіз болады.

2023 жылғы 1 қарашадағы жағдай бойынша жер балансының деректеріне сәйкес Түркістан облысының жалпы жер аумағы 11610,3 мың га құрап,

Қазақстан Республикасының жер қорының нысаналы мақсатына сәйкес келесідей 7 санатқа бөлінеді [1,116-121]:

- ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер – 4 469,5 мың га;
- елді мекендердің (қалалардың, кенттердің және ауылдық елді мекендердің) жерлері – 807,0 мың га;
- өнеркәсіп, көлік, байланыс, ғарыш қызметінің, қорғаныстың, ұлттық қауіпсіздіктің мұқтаждары үшін және ауыл шаруашылығына арналмаған өзге де жерлер – 138,8 мың га;
- ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың жерлері, сауықтыру, рекреациялық және тарихи-мәдени мақсаттағы жерлер – 430,4 мың га;
- орман қорының жерлері – 3 029,7 мың га;
- су қорының жерлері – 134,5 мың га;
- босалқы жерлер – 2 600,4 мың га.

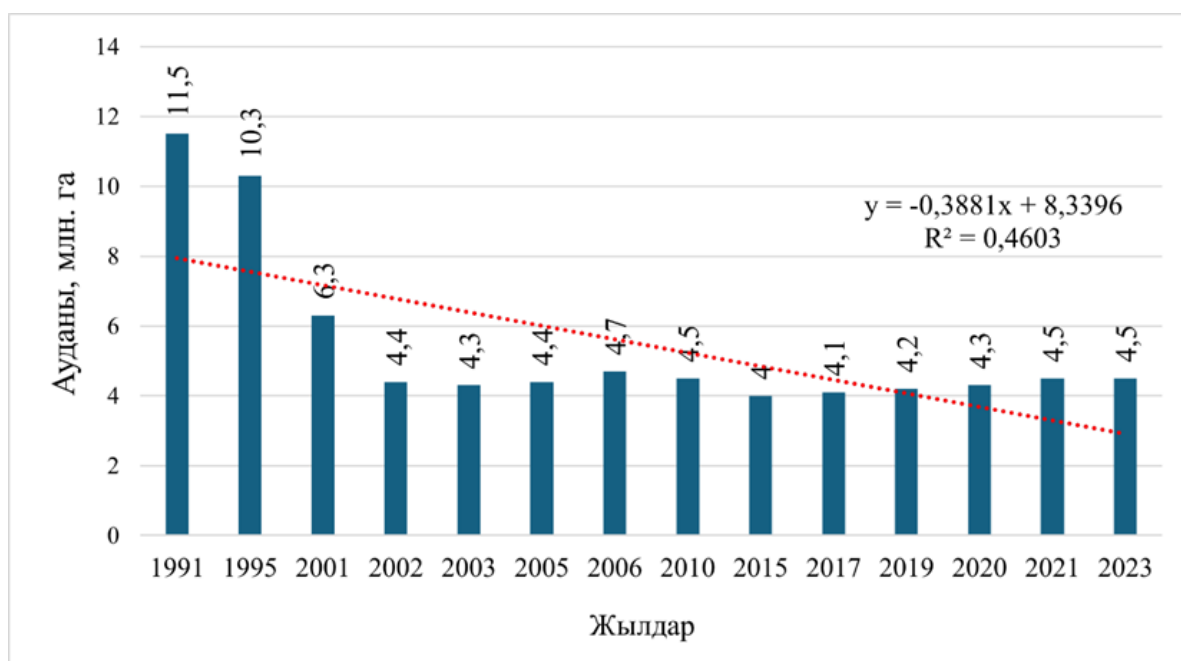
Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлері облыстың жалпы жер қорының – 38,5 %, елді мекендердің (қалалардың, кенттердің және ауылдық елді мекендердің) жерлері – 7 %, өнеркәсіп, көлік, байланыс, ғарыш қызметінің, қорғаныстың, ұлттық қауіпсіздіктің мұқтаждары үшін және ауыл шаруашылығына арналмаған өзге де жерлердің аумағы – 1,2 %, ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың жерлері, сауықтыру, рекреациялық және тарихи-мәдени мақсаттағы жерлердің аумағы – 3,7%, орман қоры жерлері – 26,1 %, су қоры жерлері – 1,2% және босалқы жерлердің аумағы – 22,4 % құрайды (15-сурет).



15-сурет. Түркістан облысы жер қорының санаттар бойынша бөлінісі, %
**Ескертпе: ҚР АІІМ Жер ресурстарын басқару комитетінің деректері негізінде автормен құрастырылған.*

Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер ерекше құқықтық режимге ие және оларды тиімді пайдалану мен құнарлығын сақтау маңызды болып табылады.

1991-2005 жылдары ауыл шаруашылығы кәсіпорындарын реформалау кезеңінде республиканың басқа аймақтарындағыдай, облыстағы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің ауданы айтарлықтай қысқарды. 1991 жылы облыстағы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің ауданы 11,5 млн га 4,4 млн га қысқарған. Алайда, 2005 жылдан бастап қордағы жерлерді игеру есебінен облыстағы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің ауданы өсуде [116-121] (16-сурет).

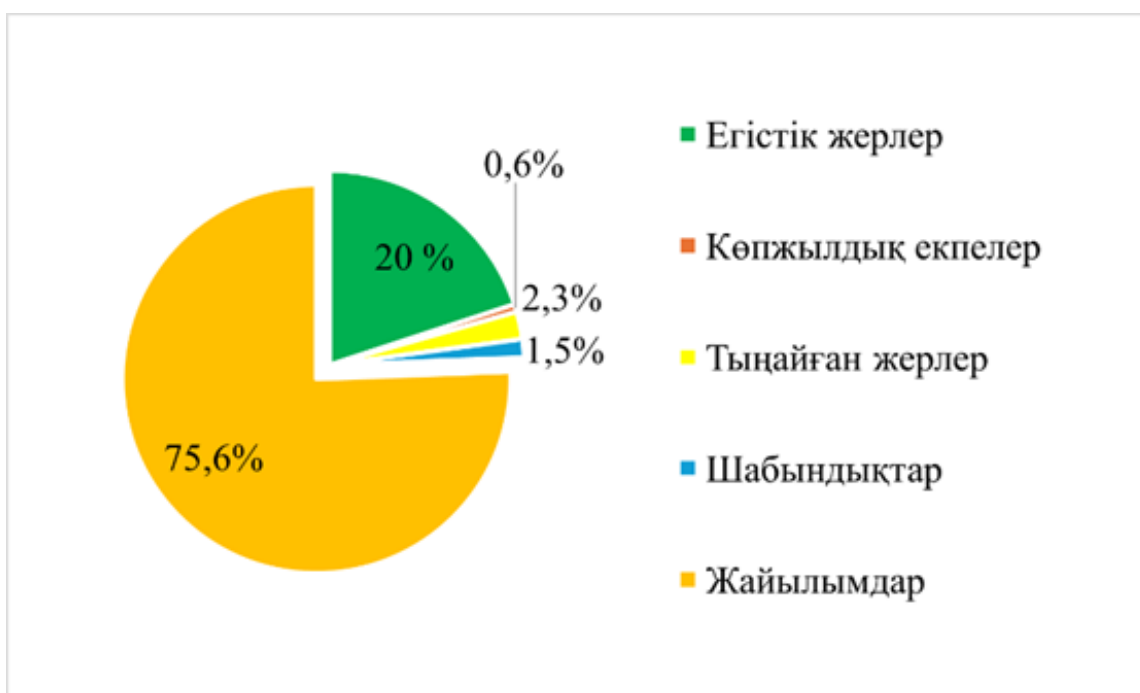


16-сурет. Түркістан облысының ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің 1991-2023 жж динамикасы, мың га

**Ескертпе: ҚР АШМ Жер ресурстарын басқару комитетінің 2005-2023 деректері негізінде автормен құрастырылған.*

2023 жылғы 1 қарашадағы жағдай бойынша облыстағы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің жалпы ауданы 4 469,5 мың га болса, оның 4 352,6 мың га ауыл шаруашылығы алқаптары орналастырылған. Оның ішінде: егістік жерлер – 868,4 мың га, көпжылдық екпелер – 27,6 мың га, тыңайған жерлер – 99,1 мың га, шабындықтар – 66,4 мың га және жайылымдық алқаптардың ауданы – 3 291,1 мың га құрайды.

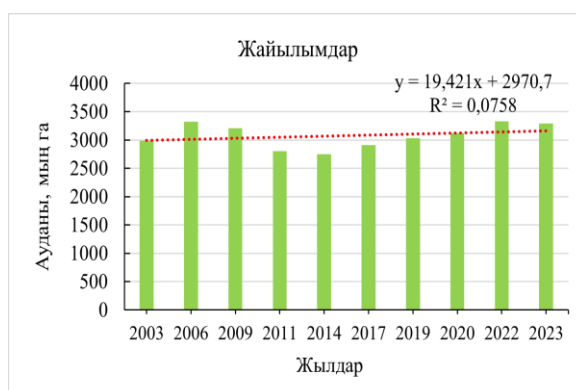
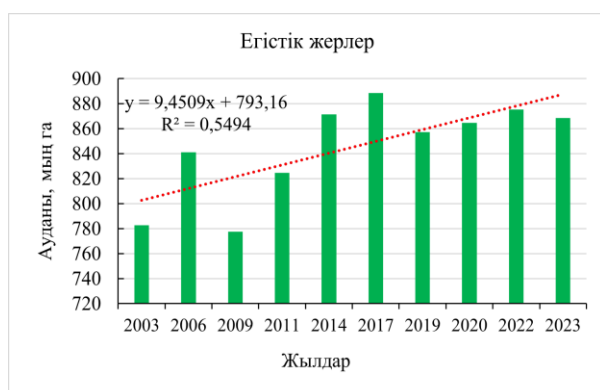
Облыстағы ауыл шаруашылығы алқаптарының басым бөлігін жайылымдар құрайды. Облыстың жалпы ауыл шаруашылығы алқаптарының 75,6 % жайылымдар, 20 % егістік жерлер, 2,3 % тыңайған жерлер, 1,5 % шабындықтар және қалған 0,6 % көпжылдық екпелердің жерлері құрайды (17-сурет).

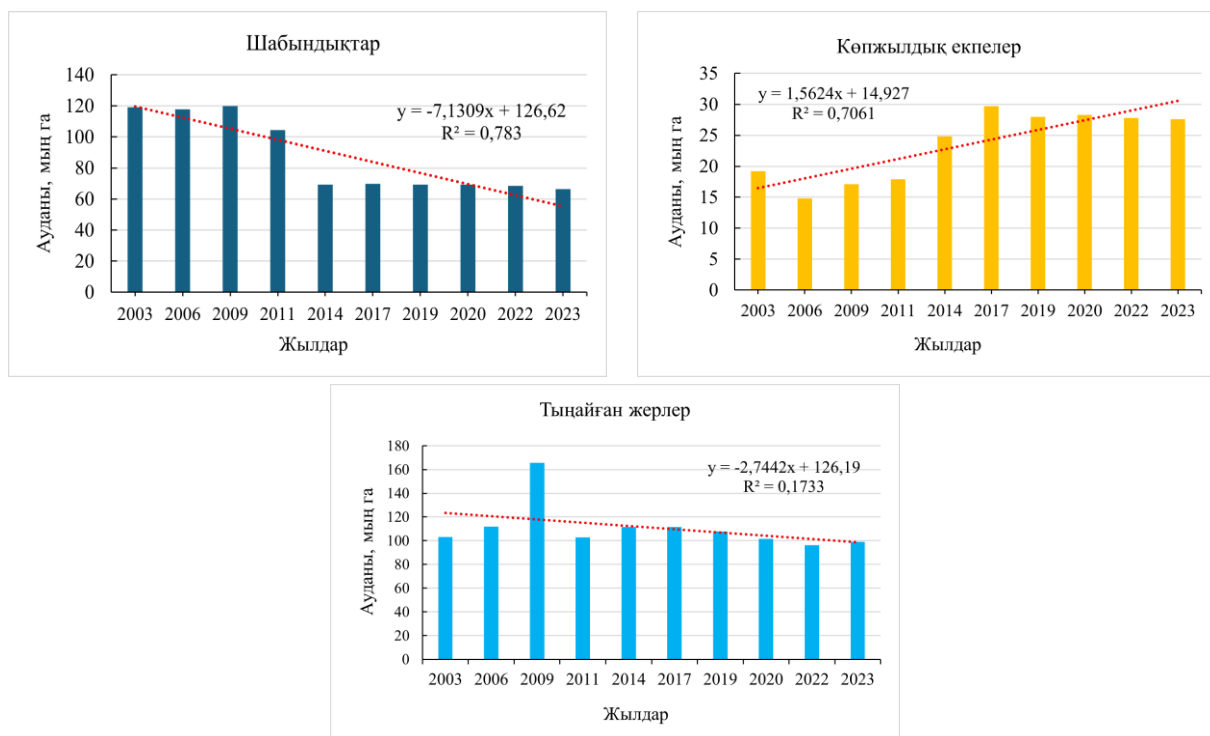


17-сурет. Ауыл шаруашылығы алқаптарының құрылымы, %
**Ескертпе: ҚР АІІМ Жер ресурстарын басқару комитетінің деректері негізінде автормен құрастырылған.*

Түркістан облысы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер ресурстарына бай Қазақстанның ірі ауыл шаруашылығына маманданған аймақтарының бірі болып табылады. Жоғарыда атап өткеніміздей, облыстың жалпы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлері – 4 469,5 мың га болса, оның 868,4 мың га егістік жерлерді құрайды.

Өңірде соңғы жылдары босалқы жерлерді игеру және Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың 2017 – 2021 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы аясында егістік жерлердің ауданы артып келеді. 2003-2017 жылдары аралығында облыстағы ауыл шаруашылығы алқаптарының пайдалану түрі бойынша айтарлықтай өзгерістер орын алған. 2003 жылы облыстағы егістік жерлердің ауданы 782,8 мың га болса, 2023 жылы 868,4 мың га құрап, 85,6 мың га ұлғайған. Ал, 2017 жылы облыстағы егістік жерлерінің ауданы 888,4 мың га дейін ұлғайған [116-121] (18-сурет).





18-сурет. Ауыл шаруашылығы алқаптарының түрі бойынша 2003-2023 жж динамикасы

**Ескертпе: ҚР АІІМ Жер ресурстарын басқару комитетінің деректері негізінде автормен құрастырылған.*

Егістік жерлермен қатар, аумақтағы көпжылдық екпелердің ауданы 2003-2023 жылдар аралығында айтарлықтай өскен. 2003 жылы бұл санаттағы алқаптардың ауданы 19,2 мың га болса, 2023 жылы 27,6 мың га құраған. Керісінше, облыстағы тыңайған жерлер мен шабындықтардың ауданы қысқарған. 2003 жылы аумақтағы тыңайған жерлердің ауданы 103,1 мың га болса, 2023 жылы 99,1 мың га құрады, ал шабындықтардың аумағы 2003 жылы 119,1 мың га болса, 2023 жылы 66,4 мың га құрап, дерлік екі есеге қысқарған.

Жайылымдық алқаптардың ауданында 2003-2023 жылдар аралығында айтарлықтай қатты өзгеру болмаған. 2003 жылы бұл санаттағы ауыл шаруашылығы алқаптарының ауданы 2 987,8 мың га болса, 2023 жылы 3 291,1 мың га құрап, 303,3 га артқан (18-сурет).

Облыстағы 868,4 мың га егістік жерлердің 543,06 мың га (оның ішінде пайдаланылатыны 484 мың га) немесе 55,7 % суармалы егістік жерлері болып табылады. Қазақстандағы жалпы суармалы егістік алқаптарының 25% жуығы, яғни ¼ бөлігі Түркістан облысына тиесілі. Қазақстан Республикасында 2022 жылы егістік жерлерден түскен табыстың 45% - ы немесе 820,5 млрд теңге (176,4 млрд доллар) суармалы жерлердің үлесіне тиесілі болды. Ерекше атап өтетін жағдай, еліміздегі мақта өндірісінің 100% - ы, бау-бақша және көкөніс дақылдары өндірісінің 40,8% - ы және жүгері өндірісінің 25% - ы Түркістан облысының суармалы жерлеріне тиесілі [116-121].

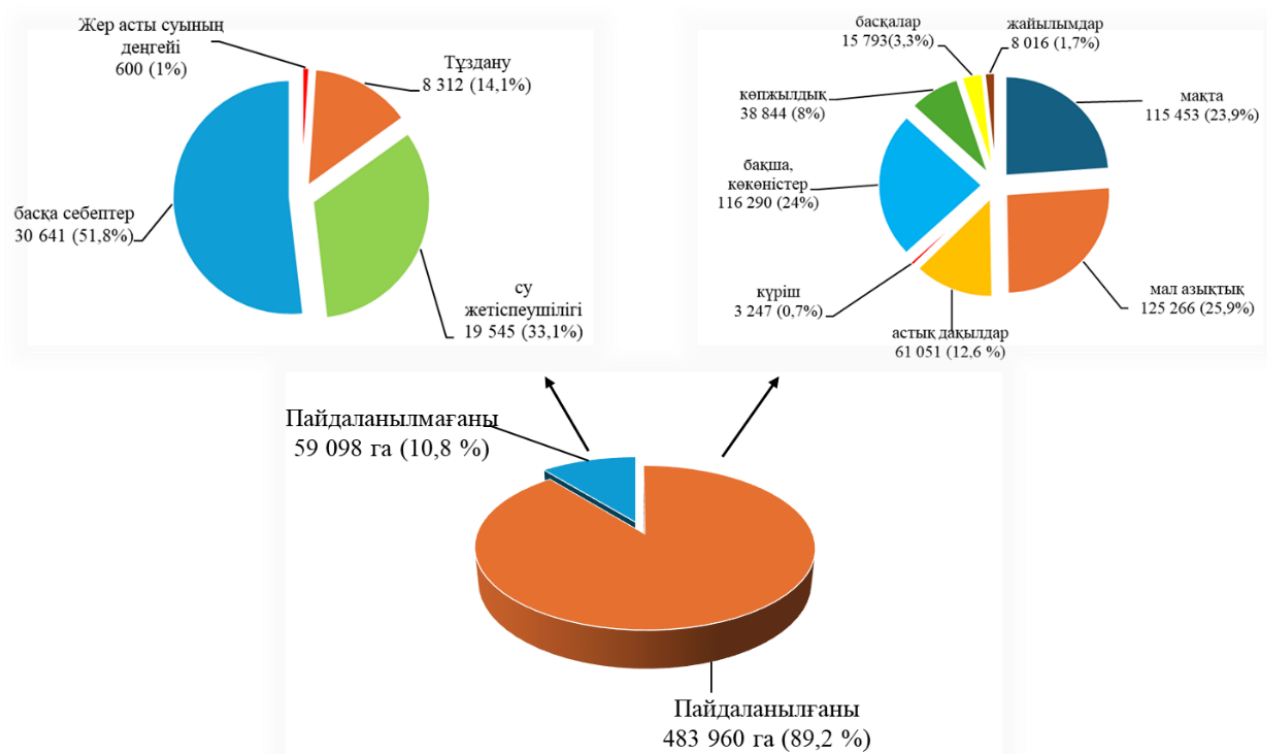
Түркістан облысындағы суармалы алқаптардың басым бөлігі ірі төрт: Мырзашөл, Арыс-Түркістан, Қызылқұм және Шәуілдір суармалы массивтерінде

шоғырланған. Әкімшіліктік-аумақтық бөлінісі бойынша Мырзашөл суармалы алқабы – Мақтаарал мен Жетісай аудандары, Қызылқұм суармалы алқабы – Отырар ауданы, Арыс-Түркістан суармалы алқабы – Ордабасы, Сауран аудандары мен Арыс қ.ә. және Шәуілдір суармалы алқабы – Шәуілдір ауданы аумақтарында орналасқан.

2023 жылы ҚР АШМ Жер ресурстарын басқару комитеті «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ деректері бойынша облыстағы жалпы суармалы жерлердің ауданы 543,06 мың га құрап, оның 484 мың га (89,2%) пайдаланылған. Аумақтағы пайдаланылған суармалы жерлердің басым бөлігін мал азықтық дақылдары, көкөніс, бақша, картоп дақылдары және мақта алқаптарының аумақтары құрайды.

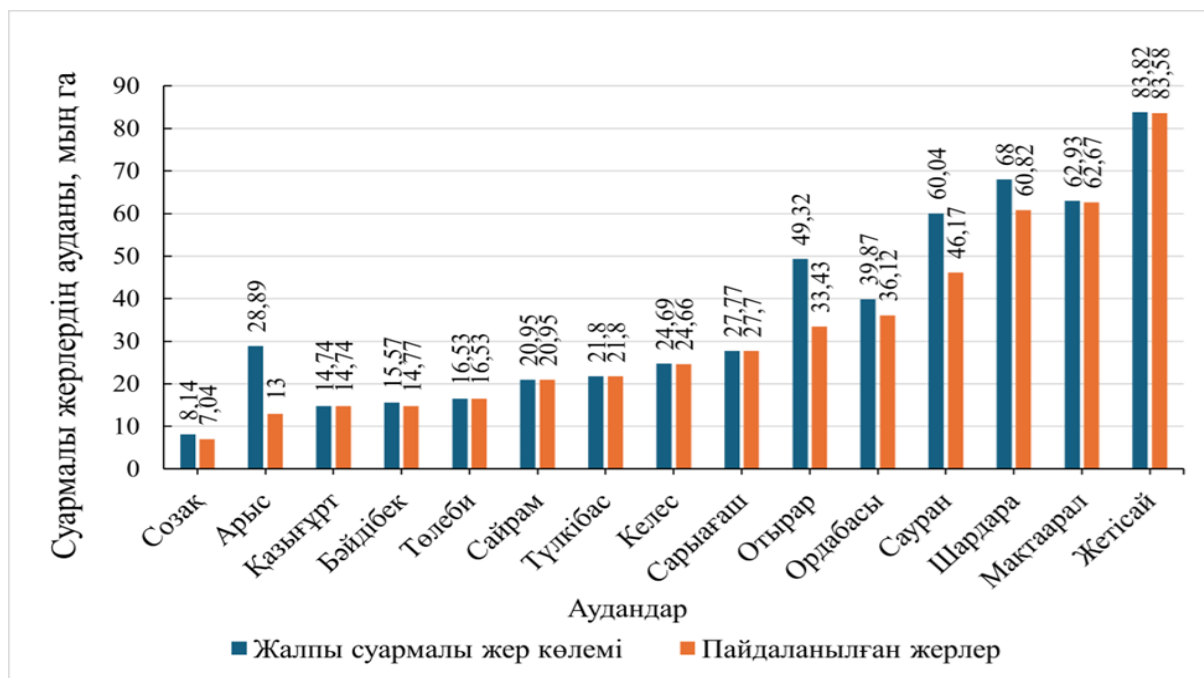
2023 жылы Түркістан облысының жалпы суармалы жерлерінде мал азықтық дақылдар 125,3 мың га (25,9%), көкөніс, бақша, картоп дақылдары 116,3 мың га (24%), мақта дақылдары 115,5 мың га (23,9%), астық дақылдары 61,1 мың га (12,6%), көпжылдық екпелер 38,8 мың га (8%), күріш 3,2 мың га (0,7%) және басқа да дақылдар 15,8 мың га (3,3%) аумақта өңделген (19-сурет). Алайда, 2023 жылы облыс бойынша келесідей әртүрлі себептермен 59,1 мың га (10,8%) суармалы жерлер пайдаланылмаған [122]:

- топырақтың тұздануы – 8 312 га (14,1%);
- жер асты суы деңгейінің шектен тыс көтерілуі – 600 га (1%);
- суаруға су жетіспеушілігі – 19 545 га (33,1%);
- басқа да әр түрлі себептермен – 30 641 га (51,8%).



19-сурет. Түркістан облысының суармалы жерлерінің пайдалану құрылымы

Түркістан облысының аудандары бөлінісінде суармалы жерлердің басым бөлігі, Арыс қ.э (15 902 га) және Отырар (15 889 га), Сауран (13 877 га), Шардара (7 184 га) аудандарында пайдаланылмаған. Қазығұрт, Төлеби, Түлкібас және Сайрам аудандарындағы суармалы жерлердің барлығы толық пайдаланылған. Ал, Жетісай (246 га), Мақтаарал (253 га), Сарыағаш (70), Келес (70) және Созақ (1 098 га) аудандарында аз мөлшерде суармалы жерлер пайдаланылмаған (16-кесте және 20-сурет).



20-сурет. Түркістан облысы аудандары бөлінісінде суармалы жерлерінің пайдалану құрылымы, мың га

2023 жылы облыстағы пайдаланылмаған суармалы жерлердің ауданы 2022 жылмен салыстырғанда, 2 722 га азайған, 2023 жылы су жетіспеушілігі себебінен пайдаланылмаған суармалы жерлердің көлемі шамамен 4,2 мың га көбейген сонымен қатар жер асты суы деңгейі жоғары себептер бойынша пайдаланылмаған жерлердің көлемі былтырғы жылғыдан 2,5 мың гектарға кеміген. Облыстағы суармалы жерлердің басым бөлігі суару жүйелерінің техникалық жағдайының нашар күйде болуымен, суаруға судың жетіспеушілігі және топырақтың тұздануына байланысты пайдаланылмай келеді. Судың жетіспеушілігінен 2023 жылы Арыс қ.э. 2 476 га, Отырар ауданында 6 595 га, Сауран ауданында 2 540 га, Шардара ауданында 5 964 га, Созақ ауданында 1 098 га және Бәйдібек ауданында 800 га суармалы жерлер пайдаланылмаған. Топырақтың тұздануы салдарынан 2023 жылы облыстағы 8 312 га суармалы жерлер пайдаланылмаған. Тұздану бойынша пайдаланылмаған жерлердің басым бөлігі Арыс қ.э. (2 817 га) және Отырар (1 815 га), Ордабасы (1 012 га), Шардара (1 112 га), Сауран (1 082), Жетісай (246 га), Мақтаарал (228 га) аудандарының аумағында шоғырланған (10-кесте).

10-кесте. Түркістан облысының аудандары бөлінісіндегі пайдаланылмаған суармалы жерлердің көрсеткіштері (2023 ж)

№	Аудандар	Пайдаланылмаған жерлер				
		барлығы	оның ішінде			
			тұздану	ЖАСД жоғары	судың жетіспеушілігі	әр түрлі себептер
1	2	3	4	5	6	7
1	Арыс	15902	2817	-	2476	10609
2	Бәйдібек	800	-	-	800	-
3	Қазығұрт	-	-	-	-	-
4	Мақтаарал	253	228	18	-	7
5	Жетісай	246	246	-	-	-
6	Ордабасы	3752	1012	-	-	2740
7	Отырар	15889	1815	582	6595	6897
8	Сарыағаш	70	-	-	57	13
9	Келес	27	-	-	15	12
10	Созақ	1098	-	-	1098	-
11	Төлеби	-	-	-	-	-
12	Сауран	13877	1082	-	2540	10255
13	Түлкібас	-	-	-	-	-
14	Шардара	7184	1112	-	5964	108
	Облыс бойынша	59098	8312	600	19545	30641

Соңғы жылдары облыстың суармалы жерлеріндегі өсірілген егістіктік түрі бойынша алқаптарының аумағы мен өнімділігінде айтарлықтай өзгерістер болған. 2018-2023 жж аралығында өңірдегі мақта дақылының өсірілген аумағы 131,92 мың га 115,4 мың га дейін қысқарған. Сондай-ақ, күріш дақылы өсірілген суармалы жерлердің аумағы да 9,6 мың га 3,2 мың га, яғни дерлік 3 есеге азайған (11-кесте).

11-кесте. 2018-2023 жж Түркістан облысындағы суармалы жерлердегі егістік алқаптарының ауданы мен өнімділігінің өзгеру динамикасы

№	Дақыл түрлері	Жылдар					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	2	3	4	5	6	7	8
Егіс көлемі, мың га							
1	Мақта	131,92	131,35	125,47	109,7	125,8	115,4
2	Көкөніс, бакша	117,33	117,69	113,28	123,8	111,5	116,2
3	Күріш	9,60	3,45	4,12	4,6	1,5	3,2
4	Мал азықтық	96,0	105,4	117,6	122,3	122,5	125,3
Өнімділігі, ц/га							
1	Мақта	25,4	26,5	25,1	26,9	26,2	28,1
2	Көкөніс	251,3	249,4	274,3	287,7	288,2	249,5
3	Бакша	261,0	258,6	252,7	260,4	269,5	275,4
4	Картоп	209,7	204,5	203,1	204,8	203,7	204,1
5	Күріш	70,2	71,2	66,8	64,1	75,1	80,2
6	Астық	23,35	25,7	25,7	24,9	25,2	25,6

11-кестеде көрсетілгендей, облыстағы мақта мен күріш дақылдарының аумағы айтарлықта азайып, керісінше мал азықтық дақылдардың аумағы 96 мың

га 125,3 мың га дейін ұлғайған. Көкөніс, бақша дақылдарының аумағы 2018-2023 жылдары айтарлықтай өзгермеген. Ал, өңірдегі суармалы жерлердегі дақылдардың өнімділігі бойынша тоқталсақ, 2018-2023 жылдар аралығында мақта дақылы 1 гектарға шаққанда 25,4 ц-ден 28,1 ц-ға, астық дақылдары 23,35 ц-ден 25,6 ц-ға, күріш 70,2-цден 80,2 ц-ға және бақша дақылдары 261 ц-ден 275,4 ц-ға арқан, сәйкесінше көкөніс дақылдары 251,3 ц-ден 249,5 ц-ге, картоп 209,7 ц-ден 204,1 ц-ге дейін төмендеген.

2.3 Аумақтағы ирригациялық жүйелер және олардың деградацияға әсері

Түркістан облысында су шаруашылығы саласы мемлекеттік, коммуналдық және жекеменшік басқару түрінде жүргізеді. Суару жүйелерінің жалпы ұзындығы 11 991,1 км құрайды, оның ішінде мемлекеттік меншіктегі 5262,1 км, коммуналдық 6010,4 км және жеке меншіктегісі 718,6 км құрайды. Жер арнасында жалпы суару жүйесі 7 915 км, бетон қаптамасымен 782 км, лотоктарда 1 371 км және құбырлы жүйелер 873 км құрайды (12-кесте).

Суару жүйелерін жөндеу және қалпына келтіруді «Қазсушар» РМК Түркістан филиалы және аудандық коммуналдық шаруашылықтар жүзеге асырады және облыстық бюджеттен Түркістан облысы әкімдігінің облыстық ауыл шаруашылығы басқармасы арқылы жүргізіледі [122].

12-кесте. Түркістан облысы «Қазсушар» РМК Түркістан филиалының теңгеріміндегі су шаруашылығы нысандарының тізімі

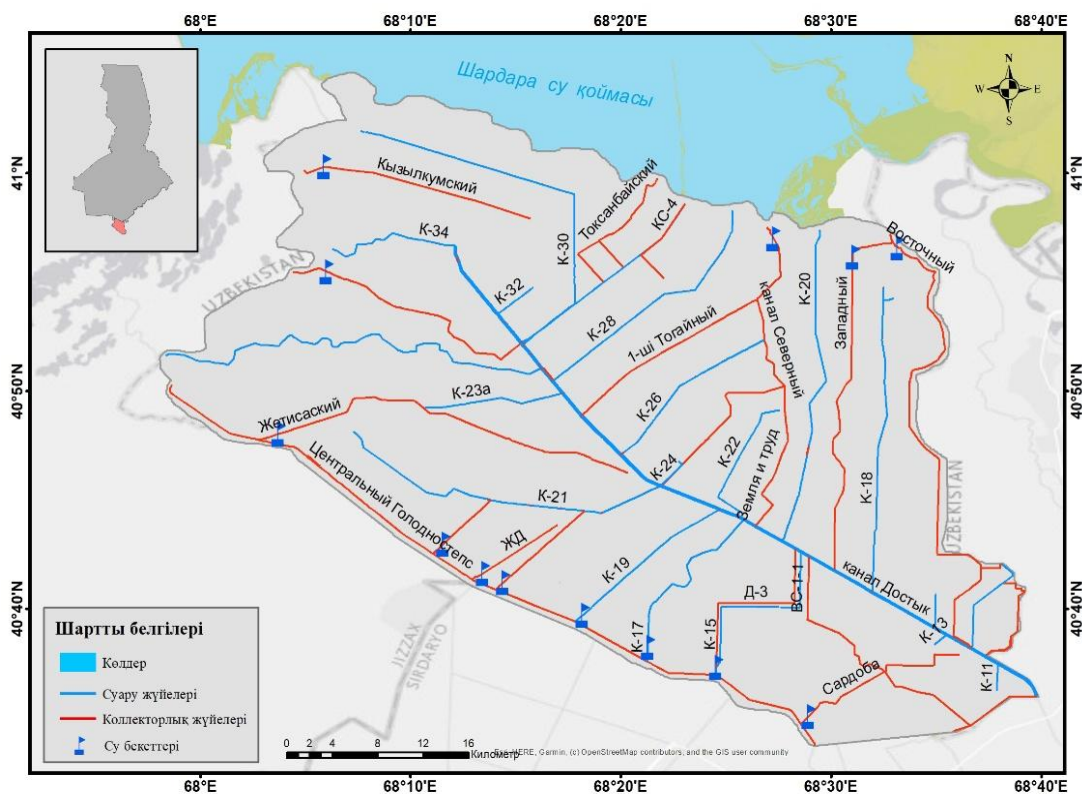
№	Аудандар	Су қойма- лары	Су торабы	Каналдар						Қашыртқы		ТҚҚ
				МК		ШАА		СПК		дана	Ұзын- дығы, км	
				дана	ұзын- дығы, км	дана	ұзын- дығы, км	дана	ұзын- дығы, км			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Арыс	-	-	1	5,9	-	-	-	-	-	-	-
2	Байдібек	2		-	-	-	-	30	263,4	-	-	-
3	Казығұрт	-	1	1	96	-	-	-	-	-	-	-
4	Мақтаарал	-	-	1	49	7	90,0	522	1662,0	23	224,7	187
5	Ордабасы	1	-	12	132	2	17	-	-	6	104	55
6	Отырар	-	1	45	393	30	185	37	101	41	487	42
7	Сарыағаш	1	5	2	187	10	88	-	-	-	-	-
8	Созақ	13	-	1	39.4	21	223.8	-	-	-	-	-
9	Сауран	7	-	105	1445	-	-	-	-	28	218	427
10	Төлеби	-	-	27	204	9	31	-	-	-	-	-
11	Түлкібас	-	-	15	90.6	-	-	71	326,1	-	-	-
12	Шардара	1	1	1	106	1	10	249	964	94	1543	302
13	Жетісай			1	49	9	160,8	772	1366,4	17	183,5	210
	Барлығы	25	8	212	2666,9	89	581,8	1681	4682,9	209	2760,2	1223

Ескерту СПК-су шаруашылық каналдар, ШАА-шаруашылықаралық арналар, ТҚҚ- Тік құбырлы қашыртқы*

Облыстағы барлық суару (ирригациялық) жүйелерінің толық техникалық сипаттамасы Қосымша F 1- кестесінде көрсетілген.

Облыстағы ең ірі суармалы егістікпен айналысатын алқап Мақтаарал және Жетісай аудандарының аумағын толығымен қамтитын Мырзашөл суармалы массиві болып табылады. Бұл суармалы алқапта облыстың 27 % (146,75 мың га) суармалы жерлері шоғырлан.

Мырзашөл суармалы аймағының бірден-бір суару көзі болып Сырдария өзені табылады. Суармалы алқап негізінен Сырдария өзенінен тартылған Достық (бұрынғы Киров) каналы арқылы суарылады. Жалпы каналдың ұзындығы 113 шақырым, бастағы есептік су алу мөлшері 230 м³/сек., соның ішінде ҚР Түркістан облысы Мақтаарал және Жетісай аудандары аумағындағы бөлігінің ұзындығы 49 шақырымды құрайды, ал су өткізу қабілеті 120 м³/сек. Канал 4 гидроучаскелік бөлімнен, 3 көлденең тоспадан тұрады және 45-ке тарта бірінші кезектегі шаруашылықаралық су жүйелері осы каналдан су алады [122] (21-сурет).



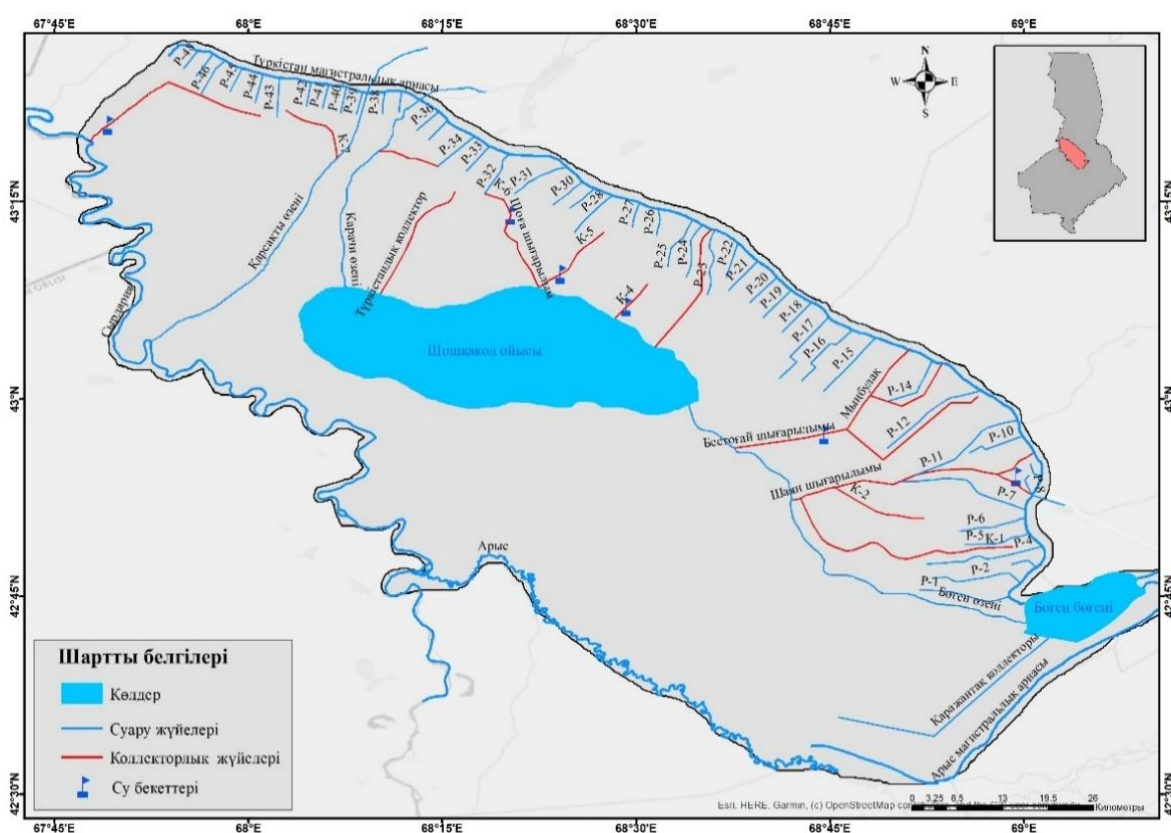
21-сурет. Мырзашөл суармалы алқабының суару жүйелері мен коллекторлық дренаждық жүйелерінің орналасу сызбасы

Көп жылдан бері жөндеусіз пайдаланудың салдарынан су жүйелеріндегі гидротехникалық құрылғылардың тозығы жеткен. Ағымдағы жөндеу жұмыстары жүргізіліп жатқанымен, жеткіліксіз болып келеді. Мелиоративтік техникалардың жұмыстарының қымбат болуы су жүйелерін механикалық тазарту жұмыстарын су пайдаланушылардың есебінен орындауға мүмкіндік бермейді.

Суармалы алқап бойынша шаруашылықаралық және ішкі шаруашылық су жүйелерінің ұзындығы 2 626,9 км құрап, жалпы облыстағы суармалы жүйелердің 22 % осы массивтің үлесіне тиесілі. Оның ішінде, 2 083,8 км (175 км бетонмен капталған) республикалық меншіктегі каналдар, 396,4 км (28,6 км бетонмен капталған) коммуналдық меншіктегі каналдар және 146,7 км (32 км км бетонмен капталған) жеке меншіктегі каналдар құрайды [122]. (21-сурет).

Мырзашөл суармалы алқабында 146 750 га суармалы жер бар. Бұл суармалы алқап жалпы облыстағы мақта өдірісінің 71,2 %, бақша, көкөніс дақылдары өндірісінің 34 % және күріштің 66,3% өндіреді.

Мырзашөл алқабынан кейінгі Ордабасы, Сауран аудандары мен Арыс қ.ә. аудандарының суармалы жерлері шоғырланған Арыс-Түркістан суармалы алқабы (22-сурет). Бұл суармалы алқапта облыстың 23,7 % (128,8 мың га) суармалы жерлері шоғырлан.



22-сурет. Арыс-Түркістан суармалы алқабының суару жүйелері мен коллекторлық дренаждық жүйелерінің орналасу сызбасы

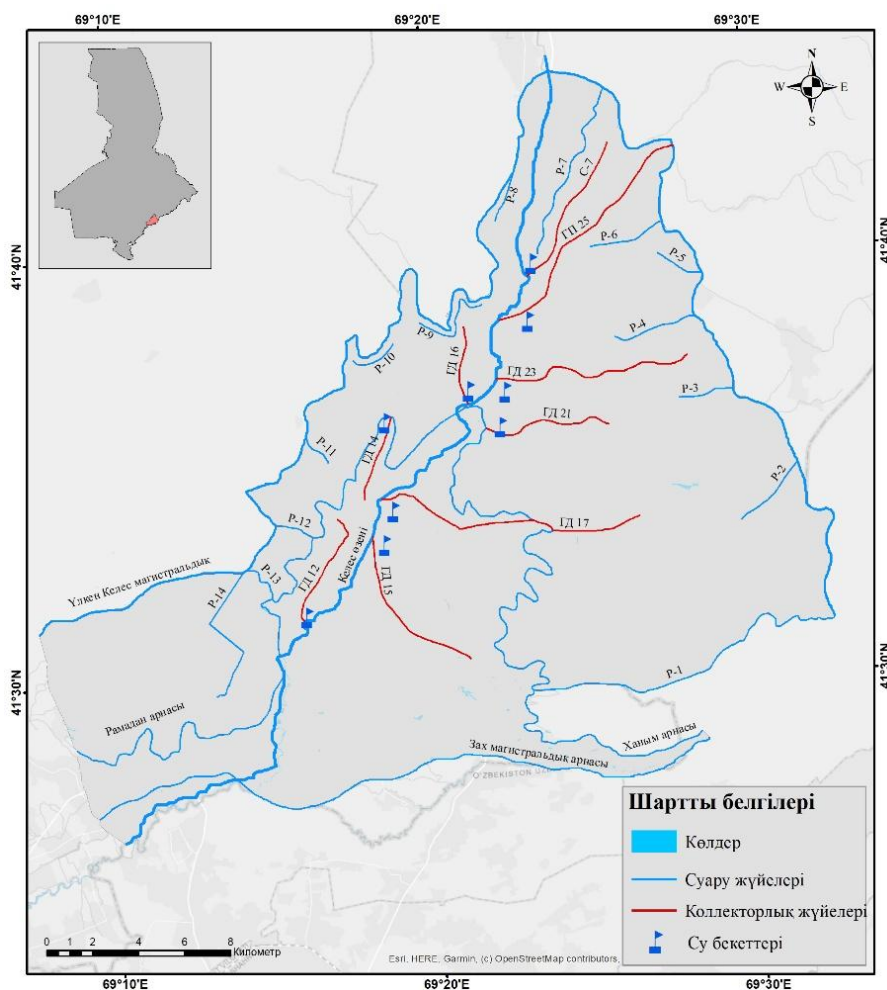
Арыс-Түркістан суармалы алқабындағы су қорын басқару құрамы «Бөген» су қоймасы мен «Арыс-Түркістан арнасы» мемлекеттік кәсіпорыны. Бұл басқарма Одақ ыдырағанға дейін бюджеттен қаржылатын болса, 1992 жылдан бастап шаруашылық есепке көшкен. Ал, гидротехникалық құрылысына келетін болсақ 3 бөлімнен тұрады. Оның құрамында Арыс өзенінен бөлінетін Қараспан бөгеті мен 45 текше метр су беретін ұзындығы 60 шақырымдық Арыс бас арнасы,

сиымдылығы 370 млн.м³ текше метрлік Бөген су қоймасы және 140 шақырымдық 45 текше метр су беретін Түркістан су арнасы бар.

Арыс-Түркістан суармалы алқап бойынша шаруашылықаралық және ішкішаруашылық су жүйелерінің ұзындығы 1 076,9 км құрап, жалпы облыстағы суармалы жүйелердің 10 % жуығы осы массивтің үлесіне тиесілі. Оның ішінде, 21 км республикалық меншіктегі каналдар, 919,1 км (62,9 км бетонмен капталған) коммуналдық меншіктегі каналдар және 136,8 км (9,36 км км бетонмен капталған) жеке меншіктегі каналдар құрайды (22-сурет).

Арыс-Түркістан суармалы массивінде 2023 жылғы жағдай бойынша 90 мың га асатын суармалы егістік алқаптары шоғырланған. Оның 36,2 мың га Ордабасы, 46,2 мың га Сауран аудандары және 12,9 мың га Арыс қ.ә. аумағында орналасқан. Өңірдегі мал азықтық дақылдардың 26,3 %, көкөніс, бақша дақылдарының 17 % және астық дақылдарының 27,7 % осы суармалы алқаптың үлесіне тиесілі.

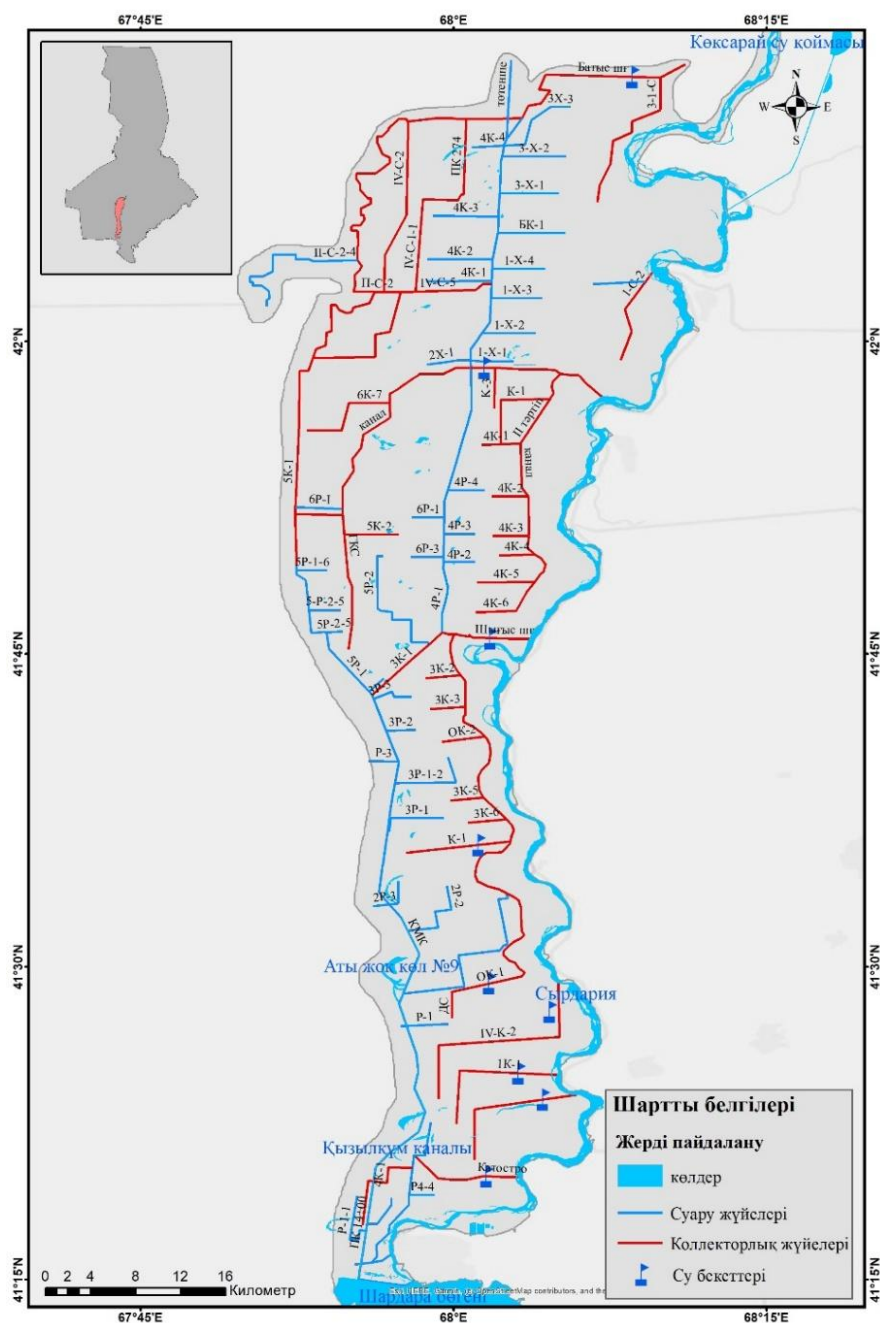
Облыстағы келесі ірі суармалы массив Сарыағаш, Қазығұрт және Келес аудандарының аумағында орналасқан Келес суармалы алқабы (23-сурет). Бұл суармалы алқапта облыстың 12,4 % (67,2 мың га) суармалы жерлері шоғырлан.



23-сурет. Келес суармалы алқабының суару жүйелері мен коллекторлық дренаждық жүйелерінің орналасу сызбасы

Келес суармалы массиві бойынша шаруашылықаралық және ішкішаруашылық су жүйелерінің ұзындығы 2 370,1 км құрап, жалпы облыстағы суармалы жүйелердің 19,7 % осы массивтің үлесіне тиесілі. Оның ішінде, 310,8 км (2,3 км бетонмен капталған) республикалық меншіктегі каналдар, 1 834,1 км (77,7 км бетонмен капталған) коммуналдық меншіктегі каналдар және 225,2 км (75,7 км км бетонмен капталған) жеке меншіктегі каналдар құрайды.

Түркістан облысындағы ірі суармалы массивтердің бірі – Шардара ауданындағы Қызылқұм суармалы алқабы (24-сурет). Бұл суармалы алқапта облыстың 12,5 % (68 мың га) суармалы жерлері шоғырлан.



Алқаптағы басты су көзінің Сырдария өзені арқылы келетін суды жинайтын Шардара су қоймасы екенін жоғарыда айттық. Суару алдында қоймаға 4,5 млрд. м³ аса су жиналды. Көктемде-жазда өзенмен келетін су мөлшері жылдағыдан аз болды, сондықтан қоймадан өзенге шектеулі су жіберіліп отырды. Қоймадағы су суару кезеңінде жеткілікті болды, суару кезеңінің ақырында қоймада 1 млрд. м³ су қалды.

Егістіктерге суды жеткізетін Шардара су қоймасынан бастау алатын Қызылқұм магистральды каналы. Каналдың ұзындығы 106,1 км, оның ішінде 27,4 км бөлігі темір-бетон плиталармен қапталған.

Тұрысбеков және Коссейіт ауылдарындағы жерлерде Шардара каналы арқылы су барады; ұзындығы 10,2 км, оның 1,2 км бөлігі плиталармен қапталған. Жаушықұм ауылындағы суармалы жерлер Шардара су қоймасынан және Сырдария өзенінен су сорғылары арқылы көтерілген су арқылы суарылады.

Қызылқұм суармалы массиві бойынша шаруашылықаралық және ішкішаруашылық су жүйелерінің ұзындығы 2 096,8 км құрап, жалпы облыстағы суармалы жүйелердің 17,5 % осы массивтің үлесіне тиесілі. Оның ішінде, 964,4 км (14,6 км бетонмен қапталған) республикалық меншіктегі каналдар, 1 056,7 км (17,6 км бетонмен қапталған) коммуналдық меншіктегі каналдар және 75,7 км (75,7 км км бетонмен қапталған) жеке меншіктегі каналдар құрайды [122].

2023 жылы облыс бойынша ауыл шаруашылығы дақылдарын суару үшін суармалы судың бекітілген шектеулі су көлемі 3831,3 млн.м³ құрады. Алынған су және егістікке берілген су сәйкесінше 2732,2 млн.м³ және 2203,8 млн.м³. 2022 жылмен салыстырғанда, алынған судың көлемі 178,7 млн.м³ кеміген яғни берілген судың көлемі де 18.2 млн.м³ азайғаны байқалады. Үлестік берілген су - 4553 м³/га құрады, бұл өткен жылмен (4538 м³/га) салыстырғанда 15 м³/га артқан.

Облыс бойынша аудандардың бөлінісіндегі 2023 жылғы алынған және егістікке берілген сулардың толық көрсеткіштері Қосымша F 2-кестесінде берілген.

Қосымша F 2 -кестесінде көрсетілген мәліметтеріне сәйкес, 2023 жылғы ең жоғары үлестік су мөлшері, яғни 8591 м³/га Келес ауданында байқалады және ең төмен Байдібек ауданында 596 м³/га. Бүгінгі таңда, барлық алқаптарда суарудың негізгі әдісі – жүйектеп суару. Су тапшылығының жыл сайын жалғаса беретінін ескере отырып, әсіресе Түркістан облысында су үнемдейтін әдістерді енгізу қажет. Себебі, облыстың Мақтаарал, Жетісай, Қазығұрт, Сарыағаш және Келес аудандарының негізгі су көздері Достық, ҮКМК, Зах және Ханым мемлекетаралық магистральдық арналары болып табылады. Осы су көздерінен 2022-2023 жылдары келген нақты су көлемі келтірілген.

Суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайы, топырақтың құнарлығы, өсірілген дақылдардың өнімділігі мен сапасы суармалы сулардың сапасына және ирригациялық қасиеттеріне байланысты.

Қосымша F 3-5 - кестелерінде облыстың негізгі су көздері - суларының химиялық құрамы, тұздылығы, ирригациялық қасиеттері туралы толық мәліметтер келтірілген. Бұл мәліметтерді талдау нәтижесінде суармалы сулардың ирригациялық қасиеттері мен жарамдылық дәрежесіне қарай барлық

су көздерінің суларының сапасы жоғары. Жалпы 2023 жылы Сырдария өзені суының орташа тұздылығы Шардара ауданы тарапында - 1,1 г/л және Отырар ауданы тарапында - 1,3 г/л. Сырдария өзенінің тұздылығы өткен жылмен салыстырғанда 0,1 г/л кеміген, химиялық құрамы сульфатты-гидрокарбонатты магнийлі-кальцийлі.

Қазығұрт ауданындағы Келес өзенінің бас жағында - 0,6 г/л, ал Сарыағаш ауданы тарапындағы Келес-2 өзенінде - 1,2 г/л, яғни соңғы жағында 1,5 г/л екені анықталды. Химиялық құрамы бойынша Сырдария өзені бассейні сульфатты-гидрокарбонатты-кальцийлі, ал Арыс өзені бассейні бойынша гидрокарбонатты-сульфатты-кальцийлі.

Ал, ирригациялық коэффициентке келетін болсақ, жалпы Түркістан облысының су жүйелерінің ирригациялық қасиеттері жақсы деңгейде, оларды толығымен Қосымша Г 4-кестесінен көруге болады.

Суармалы судың сапасын анықтау барысында, Түркістан облысының барлық негізгі суармалы су көздерінен су сынамасы алынып, «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық және мелиоративтік экспедициясын» РММ-нің зертханалық талдауынан өтіп (Американдық және Приклондық есебімен), судың сапасы, жарамдылығы анықталды, толығымен төмендегі Қосымша Г 5-кестесінде көрсетілген.

Қорыта келгенде. облыстың табиғи-климаттық ерекшеліктері ауыл шаруашылығының, әсіресе суармалы егіншіліктің даму бағытын айқындайтын басты факторлардың бірі болып табылады. Аймақтағы жауын-шашынның аздығы, буланудың жоғары деңгейі және су ресурстарының шектеулі болуы суармалы жерлерді тиімді әрі ұқыпты пайдалануды талап етеді.

Зерттеу барысында анықталғандай, облыстың суармалы жерлері ауыл шаруашылығы өндірісінің негізгі қорын құрай отырып, экономикалық тұрақтылық пен азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Алайда, суармалы алқаптарды пайдалану барысында топырақтың тұздануы, суару жүйелерінің тозуы және су ресурстарының тиімсіз бөлінуі сияқты бірқатар мәселелер байқалады.

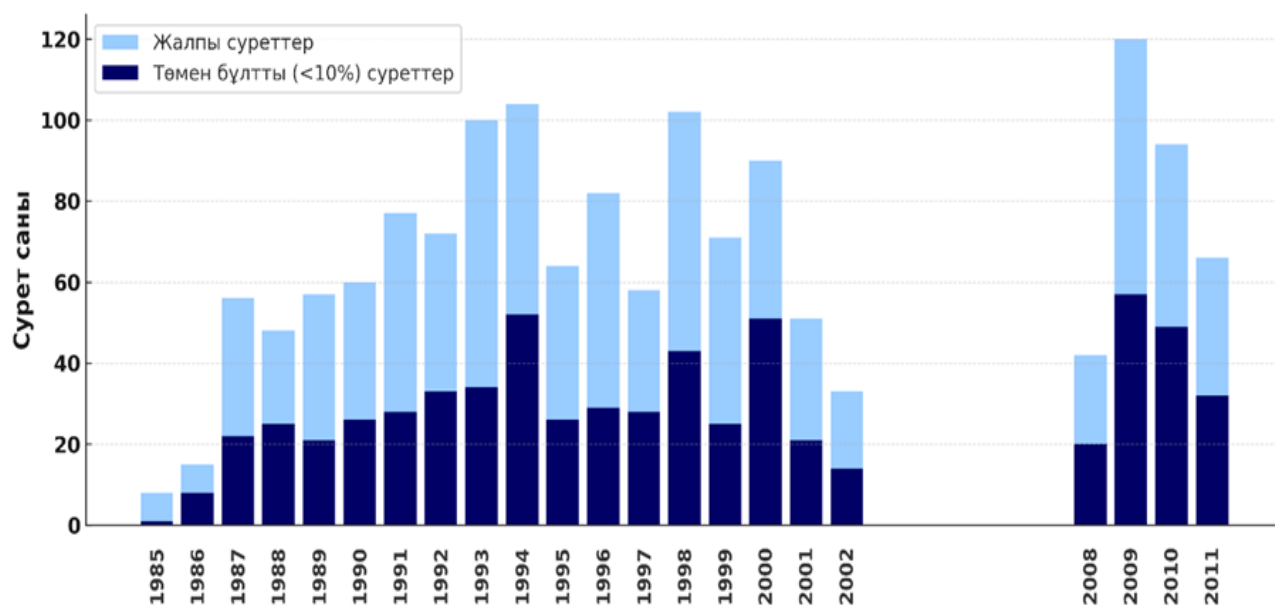
3 ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНДЕГІ ДЕГРАДАЦИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРДІ БАҒАЛАУ

3.1 ЖҚЗ деректері негізінде вегетациялық, су, топырақ және тұздылық индекстерін есептеу

Жерді қашықтан зондтау деректері жердің деградациялық үдерістерін кеңістіктік және уақыттық тұрғыда талдауда маңызды ақпарат көзі ретінде ерекшеленеді. Вегетациялық жамылғының күйін, топырақтың ылғалдылығы мен тұздылық дәрежесін сипаттайтын спектралдық индекстерді есептеу суармалы жерлердің жай-күйін жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді.

Бұл тараушада Түркістан облысының суармалы алқаптарында кеңінен қолданылатын NDVI, SAVI, MSAVI, NDWI, NDSI, SI сынды индекстердің есептелу әдістемесі мен оларды ЖҚЗ деректерінен алу ерекшеліктері қарастырылады. Бұл индекстер жер ресурстарының деградация деңгейін сандық түрде сипаттауға және картографиялық модельдер жасауға негіз болады.

Зерттеу шеңберінде 1984 жылдан 2011 жылға дейінгі уақыт аралығын қамтитын 3653 Landsat 5 TM жерсеріктік суреттері алынды (25-сурет).



25-сурет. Бұлттылық деңгейі 10%-дан төмен суреттерді қоса алғанда, Landsat-5 TM жерсеріктік суреттерінің жылдық таралуы

Алынған деректердің сапасы зерттеліп жатқан аумақты қамту деңгейі мен бұлттылық мөлшері ескеріле отырып талданды, себебі бұл параметрлер жерсеріктік суреттердің одан әрі ғылыми мақсаттарда қолдануға жарамдылығын айқындайтын негізгі критерийлер болып табылады. Барлығы 2413 Landsat-5 TM

суретінің ішінен 10%-дан төмен бұлттылық деңгейіне ие 1191 сурет кейінгі талдауға іріктеліп алынды. Бұл суреттер қосымша сапа критерийлері бойынша да сүзгіден өткізілді, оның ішінде маусымдық, радиометриялық, атмосфералық және геометриялық түзетулер қарастырылды. 2003-2007 жылдар аралығындағы кескіндер USGS дерекқорында жоқ екенін атап өткен жөн, бұл кезеңдегі деректерді басқа сенсорлармен алмастыру қажеттілігіне алып келді.

Landsat-7 ETM+ жерсерігі. Landsat-7 жерсерігінде Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) сенсоры орнатылған. Бұл – жер бетінің мультиспектрлік түсірілімін қамтамасыз ететін сканерлеуші радиометр. Ол 30 метрлік кеңістіктік ажыратымдылықпен алты спектралды арнада, 60 метрлік ажыратымдылықпен бір жылу инфрақызыл (ЖИК) арнада, сондай-ақ 15 метрлік ажыратымдылықпен панхроматикалық түсірілім жүргізуге мүмкіндік береді. Барлық арналар бойынша қамту жолағының ені шамамен 185 км құрайды. Бұл құрылғы Landsat сериясындағы алдыңғы жерсеріктерде қолданылған ТМ сканерінің жетілдірілген нұсқасы болып табылады [123].

Landsat-7 ETM+ құрылғысының бұрынғы жерсеріктерден негізгі артықшылықтары:

- жоғары ажыратымдылықтағы панхроматикалық арнаның болуы (15 м);
- жылулық (инфрақызыл) арнаның болуы;
- калибрлеудің абсолюттік қателік деңгейі 5%-дан аспайды.

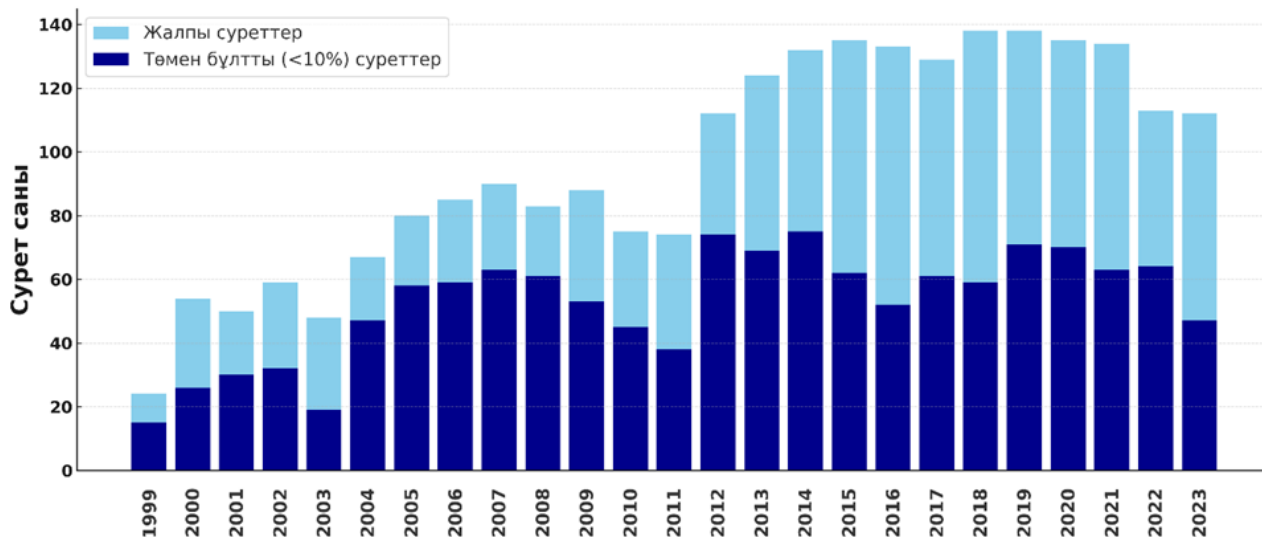
Landsat-7 ETM+ радиометрінің сегіз спектрлік арнасының сипаттамалары 13-кестеде көрсетілген.

13-кесте. Landsat-7 ETM+ спектрлік диапазондарының (арналарының) сипаттамалары

Арна нөмірлері	Спектрлік диапазон (мкм)	Шолу жолағының ені (км)	Түсірілім мерзімділігі	Кеңістіктік рұқсаттау қабілеті (м)
1	0,45-0,52 (көрінетін көк)	185	16 күн	30
2	0,52-0,60 (көрінетін жасыл)			
3	0,63-0,69 (көрінетін қызыл)			
4	0,77-0,90 (жақын ИҚ)			
5	1,55-1,75 (қысқа толқынды ИҚ)			
6	10,40-12,50 (жылулық)			60
7	2,09-2,35 (қысқа толқынды ИҚ)			30
8	0,52-0,90 (панхроматикалық)			15

Landsat-7 ETM+ деректерін пайдалану кезінде 2003 жылғы мамыр айында жерсерікте орын алған техникалық ақауды ескеру қажет. Атап айтқанда, сканерлеу кезіндегі бұрмалануларды түзетуге арналған Scan Line Corrector (SLC) жүйесінің істен шығуы нәтижесінде, осы күннен кейін алынған жерсеріктік суреттер толық емес құрылымда болады: оларда жолақ түрінде бос секторлар кездеседі. Бұл әрбір суретте деректердің 22%-ға дейінгі көлемінің жоғалуына әкелді.

Осы ерекшелікті ескере отырып, талдау барысында 2412 жерсеріктік сурет өңделді, олардың бұлттылық деңгейі, сондай-ақ атмосфералық, радиометриялық және басқа да ақаулардың бар-жоғы бағаланды. Бұл деректер жиынтығынан тек 1313 сурет 10%-дан төмен бұлттылық критерийіне сай келді, сондықтан олар ғылыми мақсаттар үшін әрі қарай пайдалануға жарамды деп танылды (26-сурет).



26-сурет. Бұлттылық деңгейі 10%-дан төмен суреттерді қоса алғанда, Landsat-7 ETM+ жерсеріктік суреттерінің жылдық таралуы

Алайда, бұлттылық деңгейінің төмен болуына қарамастан, аталған жерсеріктің деректерін тек 2003 жылғы мамырға дейінгі кезең үшін ғана пайдалануға болады, ал бұл біздің есебіміз бойынша тек 200 суретті құрайды.

OLI жүйесімен жабдықталған Landsat-8 және Landsat-9 жерсеріктері. Landsat бағдарламасы аясында іске қосылған сегізінші америкалық ЖҚЗ жерсерігі (есеп бойынша – орбитаға шығарылған жетінші) бастапқыда Landsat Data Continuity Mission (LDCM) атауымен белгілі болды. Бұл жерсерік NASA мен USGS арасындағы ынтымақтастық аясында әзірленіп, 2013 жылғы 11 ақпанда орбитаға ұшырылды [124].

Жерсерікте мультиспектрлік сканерлеу жүйелері – OLI (Operational Land Imager) және TIRS (Thermal Infrared Sensor) орнатылған. Олар тоғыз спектралды арнада түсірілім жүргізе алады, оның жетеуі бұрынғы TM және ETM+ құрылғыларында қолданылған арналарға сәйкес келеді. Бұл Landsat мұрағатымен деректердің сабақтастығын және салыстырмалығын қамтамасыз етеді.

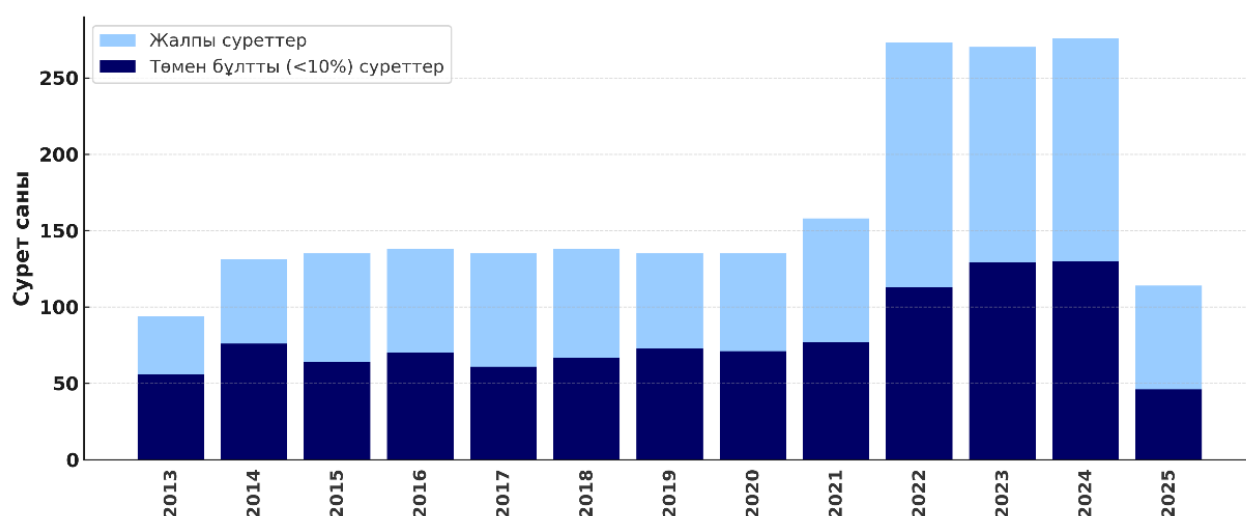
Сонымен қатар, OLI жүйесіне екі жаңа спектрлік арна қосылған:

- 1-арна (қою көк/күлгін) – жағалаудағы суларды бақылау және атмосферадағы аэрозольдердің концентрациясын бағалау үшін;
- 9-арна (алыс жақын инфрақызыл) – бұлттылықты жақсырақ анықтау үшін арналған (14-кесте).

14-кесте. Landsat-8 және Landsat-9 OLI спектрлік диапазондарының (арналарының) сипаттамалары

Арна нөмірлері	Спектрлік диапазон (мкм)	Шолу жолағының ені (км)	Түсірілім мерзімділігі	Кеңістіктік рұқсаттау қабілеті (м)
1	0,43-0,45 (қою көк)	185	16 күн	30
2	0,45-0,51 (көрінетін көк)			
3	0,53-0,59(көрінетін жасыл)			
4	0,64-0,67 (көрінетін қызыл)			
5	0,85-0,88 (жақын ИҚ)			
6	1,57-1,65 (қысқа толқынды ИҚ)			
7	2,11-2,29 (қысқа толқынды ИҚ)			
8	0,50-0,68 (панхроматикалық)			15
9	1,36-1,38 (жақын ИҚ)			30

2013-2024 жылдар аралығында Landsat-8 және Landsat-9 OLI аппараттарынан алынған 2132 жерсеріктік сурет талданды. Бұлттылық критерийі бойынша бағалау нәтижесінде 1033 көрініс 10%-дан төмен бұлттылық деңгейіне ие болып, оларды ғылыми зерттеулерде қолдануға жарамды деп танылды (27-сурет).



27-сурет. Бұлттылық деңгейі 10%-дан төмен суреттерді қоса алғанда, Landsat 8-9 OLI жерсеріктік суреттерінің жылдық таралуы

1984-2024 жылдар аралығындағы дерекқорды қалыптастыру барысында Landsat сериясындағы үш түрлі жерсеріктен алынған барлығы 7007 сурет талданды. Талдау деректердің жоспарлы ғылыми зерттеулерге жарамдылығын ескере отырып жүзеге асырылды және бірнеше критерийді, соның ішінде Жерді қашықтан зондаудың оптикалық деректерінің негізгі сапа параметрлерінің бірі болып табылатын бұлттылық көрсеткішін қамтыды. Бұл заманауи

технологиялардың бұлттылық жамылғысынан туындаған атмосфералық бұрмалануларды толық жоюға мүмкіндік бермейтіндігіне байланысты.

Бұлттылық критерийі (10%-дан аз) бойынша іріктеу нәтижесінде одан әрі талдауға жарамды деп танылған 3537 кескін анықталды. Бұл деректер қосымша басқа сапа параметрлері бойынша, соның ішінде жіктеу сипаттамалары (USGS жіктеу жүйесіне сәйкес анықталған), сондай-ақ радиометриялық және геометриялық көрсеткіштер бойынша бағалануы керек. Барлық сапа критерийлері мен уақыттық интервалдар ескеріліп, біздің зерттеуіміз үшін жалпы 288 сурет таңдалып алынды. Олар зерттеліп жатқан өңірдегі топырақтың тұздану үдерісін модельдеу үшін пайдаланылды.

Топырақтың тұздануы ауыл шаруашылығы өнімділігіне кері әсер ететін, егін түсімінің төмендеуіне себеп болатын негізгі экологиялық мәселелердің бірі болып қалып отыр [125]. Бұл мәселенің ауқымын түсінудегі алғашқы қадам – тұзданған аумақтарды картографиялау. Соңғы жылдары тұздану үдерістерін зерттеу әдістері айтарлықтай өзгерді – дәстүрлі географиялық талдаудан Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) және геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) технологияларын интеграциялауға өтті [126]. Жерсеріктік суреттерді талдау мен компьютерлік өңдеу әдістерінің үйлесімі топырақ қасиеттері мен жердің тозу үдерістері туралы жаңа ақпарат алуға мүмкіндік береді [127].

ЖҚЗ әдістері тұзданған топырақтарды анықтау және олардың тозу деңгейін бағалауда тиімді құрал ретінде танылды. Әсіресе, ЖҚЗ деректерін ГАЖ жүйелерімен біріктіру кеңістіктік талдаудың күрделі міндеттерін шешуде келешегі зор тәсіл болып саналады [128]. Осы зерттеу аясында автоматтандырылған модель құруға талпыныс жасалды. Бұл модель суармалы жерлердің тұздану деңгейін жерсеріктік деректер арқылы анықтауға және оны далалық деректермен тексеруге бағытталған.

Ғарыштық мониторингтің кейбір шектеулеріне қарамастан, көптеген зерттеулер [129] топырақты зерттеудің дәстүрлі әдістері айтарлықтай уақыт пен материалдық шығындарды талап ететінін, ал ЖҚЗ технологиялары топырақтың тұздану үрдістеріне бақылауды жылдамырақ және үнемді жүргізуге мүмкіндік беретінін көрсетті.

Алайда алынған нәтижелердің нақты әрі сенімді болуын қамтамасыз ету үшін, жерсеріктік интерпретация нәтижелері мен топырақтағы тұз құрамының нақты далалық өлшемдерін салыстыру қажет. Тұздану деңгейінің жоғары болуы ауыл шаруашылығы дақылдарының өсуі мен өнімділігіне айтарлықтай әсер етеді [130].

Осы зерттеудің негізгі мақсаты – спутниктік суреттерден алынған өсімдіктердің спектрлік сипаттамалары негізінде ауыл шаруашылығы жерлерінің тұздану деңгейін анықтау және мониторингілеу үшін әдістемелік тәсілді әзірлеу.

Соңғы отыз жылда ғарыштық технологиялардың дамуы мен есептеу қуатының артуына байланысты ЖҚЗ деректерін өңдеу әдістері айтарлықтай өзгерістерге ұшырады. Бұл саладағы жедел ілгерілеу жерсеріктік деректерді талдауға арналған арнайы бағдарламалық қамтамасыз етулер мен алгоритмдердің кең таралуына жол ашты. Машиналық оқыту әдістері мен автоматтандырылған модельдерді қолдану – экологиялық және табиғатты қорғау міндеттерін шешудегі ең қарқынды дамып жатқан бағыттардың бірі [131]. Қазіргі уақыттағы ең айқын үрдістердің бірі – жасанды интеллект технологияларын ЖҚЗ деректерін өңдеу мен интерпретациялау үрдістеріне енгізу [132]. Дегенмен, бұл технологиялардың әлеуеті жоғары болғанымен, олардың жаһандық ауқымда ашық таралуына ұлттық қауіпсіздік пен стратегиялық маңыздылыққа қатысты шектеулер тосқауыл болуда [133].

Соған қарамастан, машиналық оқыту мен нейрондық желілерге негізделген ЖҚЗ деректерін автоматтандырылған өңдеу әдістері топырақ пен өсімдік жамылғысының тозуы мен тұздануын бағалау сияқты жергілікті экологиялық мәселелерді шешуде кеңінен қолданылып келеді [134].

Жерсеріктік суреттерді өңдеуге арналған автоматтандырылған модельдің келесі артықшылықтары бар [135]:

- Өңдеу жылдамдығы. Үлкен көлемдегі деректерді қысқа мерзімде өңдеуге мүмкіндік береді, бұл көпжылдық деректер қатары мен көпарналы суреттермен жұмыс істеу кезінде аса маңызды.

- Дәлдіктің артуы. Адам факторын болдырмау және машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану қателіктерді барынша азайтып, интерпретацияның объективтілігін арттырады.

- Масштабталуы. Автоматтандыру деректерді жергілікті, аймақтық және жаһандық деңгейлерде қосымша еңбек шығындарынсыз талдауға жол ашады.

- Нәтижелердің қайталануы. Алгоритмдерді қолдану қайта талдау кезінде нәтижелердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді, бұл ғылыми зерттеулер мен мониторинг үшін маңызды.

- Геоақпараттық жүйелермен (ГАЖ) интеграциясы. Одан әрі талдау және визуализациялау үшін ГАЖ платформаларына біріктірілетін қабаттарды, карталарды және есептерді автоматты түрде қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Жоғарыда аталған артықшылықтарға сүйене отырып, автоматтандыру келесі мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді [136]:

- Алдын ала деректерді өңдеу (калибрлеу, атмосфералық түзету, мозаика) оператордың қатысуынсыз орындалады.

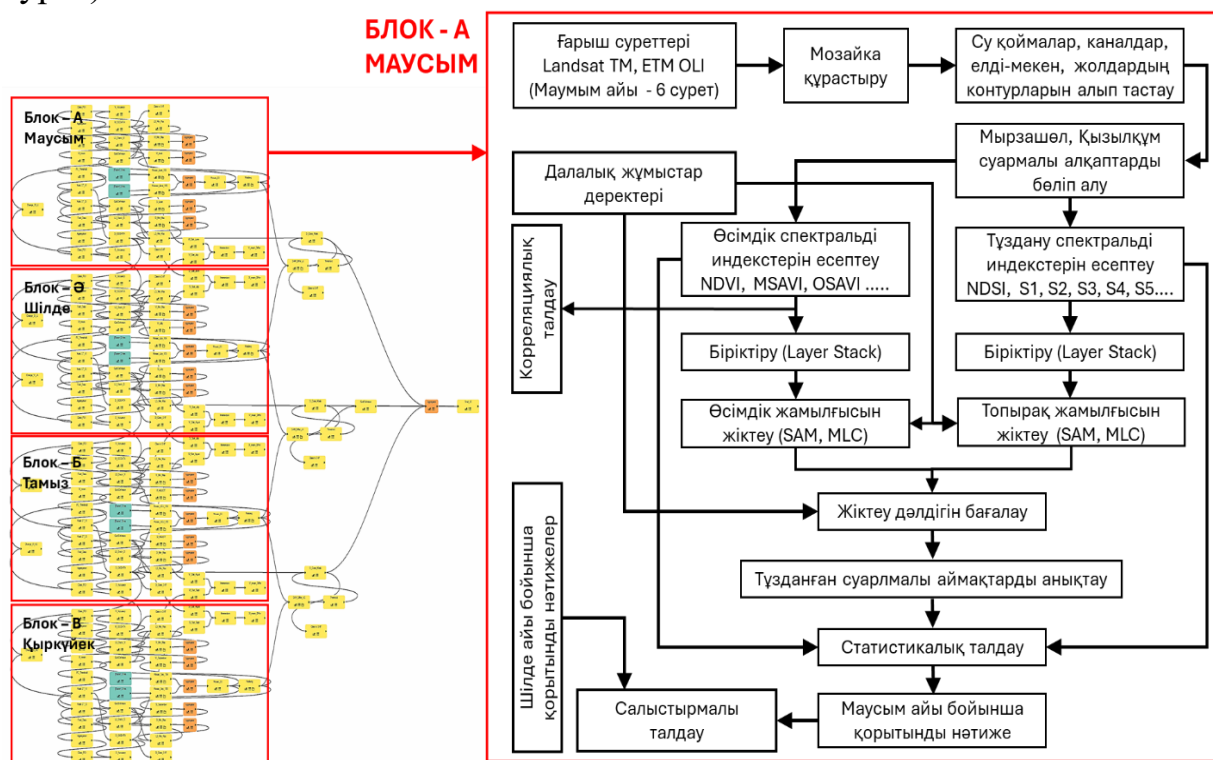
- Өсімдік, климаттық және тозу индекстерін (NDVI, SAVI, SI1 және т.б.) ағынды түрде есептеу жүргізіледі.

- Уақыт бойынша өзгерістерді бақылау (трендтерді анықтау, маусымдық сипат, ауытқулар).

- Жер беті жамылғысын жіктеу және тақырыптық нысандарды бөліп көрсету (тұздану, су айдындары, өрттер және т.б.).

Осы зерттеу шеңберінде Landsat суреттеріне (TM, ETM+, OLI) негізделген мультиспектрлік жерсеріктік деректерді автоматтандырылған өңдеуге арналған авторлық модель әзірленді. Модель ENVI бағдарламалық ортасында, визуалды бағдарламалау тілі IDL-ді қолдану арқылы жүзеге асырылды, бұл өңдеу және талдау алгоритмдерінің икемділігі мен қайталануын қамтамасыз етті [137].

Құрастырылған модель төрт функционалдық блоктан тұрады, әрқайсысы белгілі бір айға: мамыр, маусым, шілде және қыркүйекке сәйкес келеді (28-сурет).



28-сурет. Модельдің жалпы құрылымы

Әрбір блок өзіне тән құрылымға ие және белгілі бір айға сәйкес келетін жерсеріктік деректерді өңдеуге арналған командалар жиынын қамтиды. Әр блокта алты жерсеріктік сурет өңделеді, осылайша төрт айға барлығы 24 сурет қарастырылады.

Бірінші кезеңде зерттеліп отырған аумақты қамтитын жерсеріктік суреттерден біртұтас мозаика қалыптастырылады. Кейін су айдындары, елді мекендер және көлік желілері маскалау арқылы мозаикадан алынып тасталады. Екінші кезеңде Мырзашөл және Қызылқұм суармалы алқаптары бөлініп алынады және бірінші кезеңнің нәтижелері – мозаиканың дұрыстығы мен бөгде нысандарды маскалау тиімділігі тұрғысынан тексеріледі. Үшінші кезеңде Landsat мультиспектрлік суреттері негізінде бірқатар вегетациялық және спектрлік индекстері есептелді. Бұл өсімдік жамылғысының, су нысандары мен топырақтың жай-күйін бағалауға, сондай-ақ топырақтың тұздану деңгейін анықтауға мүмкіндік берді.

Су нысандарын анықтау және кейіннен жіктеу үшін (1) теңдеуіне сәйкес есептелетін нормаланған су индексі (NDWI) қолданылды [138]:

$$NDWI = \frac{G - NIR}{NIR + G} \quad (1)$$

Өсімдік жамылғысы жағдайының вегетациялық индикаторлары ретінде келесі индекстер қолданылды: NDVI, MSAVI₂, GSAVI, OSAVI, IPVI.

NDVI – өсімдіктердің жағдайы мен даму деңгейін көрсететін ең кең таралған вегетациялық индекс [139]. Индекс өсімдіктердің жақын инфрақызыл диапазонда (NIR) электромагниттік сәулеленуді қарқынды шағылыстыру және қызыл (RED) диапазонда белсенді сіңіру қасиетіне негізделген және (2) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

MSAVI₂ – SAVI индексінің модификацияланған нұсқасы, ол ашық топырақтың әсерін азайтып, сирек немесе жас өсімдіктер өскен аумақтарда қолдануға ыңғайлы және (3) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$MSAVI_2 = \frac{2 \cdot NIR + 1 - \sqrt{(2 \cdot NIR + 1)^2 - 8 \cdot (NIR - R)}}{2} \quad (3)$$

Бұл индекс топырақ коэффициентін (SAVI-ден айырмашылығы) алдын ала беруді талап етпейді, бұл оны автоматтандырылған өңдеу үшін ыңғайлы етеді.

GSAVI – жаһандық және аймақтық зерттеулерде қолдануға арналған SAVI-дің бейімделген нұсқасы. Ол топырақтың шағылысу коэффициенті L-ді қамтиды, оның мәнін ландшафттың нақты жағдайларына бейімдеуге болады [140]. GSAVI (4) формуласына сәйкес есептеледі:

$$GSAVI = \frac{NIR - G}{NIR + G + L} \cdot (1 + L) \quad (4)$$

OSAVI – тұрақты L = 0.16 коэффициенті бар SAVI-дің оңтайландырылған нұсқасы. Ол орташа өсімдік жағдайында шуларға және топырақ фонының ауытқуларына неғұрлым төзімді ретінде ұсынылды [141] және (5) формуласына сәйкес есептеледі:

$$OSAVI = \frac{NIR-R}{NIR+R+0.16} \quad (5)$$

Индекс тығыз топырақ жамылғысы және шектеулі биомассасы бар аймақтарда, соның ішінде бастапқы өсу кезеңіндегі агроэкожүйелерде дәлдікті арттыру үшін қолданылады.

IPVI – жақын ИҚ-сәулеленудің салыстырмалы үлесін көрсететін қарапайым және шуға төзімді индекс [142] және (6) формуласына сәйкес есептеледі:

$$IPVI = \frac{NIR}{NIR+R} \quad (6)$$

IPVI мәндерінің диапазоны 0-ден 1-ге дейін. Ол NDVI-мен жоғары корреляцияны көрсетеді, бірақ атмосфералық және сенсорлық бұрмаланулар болған кезде тұрақтылығы жоғары болады. Сондықтан ол бастапқы сүзгілеу немесе трендтерді бағалау үшін өте қолайлы.

Топырақ жамылғысының жағдайын және оның тұздану деңгейін бағалау үшін жарықтық индексі (Brightness Index, BI), сондай-ақ суармалы аумақтардың тұздануын сандық бағалауға арналған он екі спектрлік индекс (NDSI, SI, SI1, SI2, SI3, SI4, SI5, S1, S2, S3, S4, S5, S6) қолданылды. Аталған индекстердің көпшілігі Landsat жерсеріктерінің арналарымен жоғары спектрлік үйлесімділік көрсетіп, қашықтан зондтау деректерімен тиімді жұмыс істеуге мүмкіндік берді.

Алайда, кейбір индекстердің мәндері түсірілім уақытына байланысты айтарлықтай өзгеріп отырды және топырақ ылғалдылығының құрамына жоғары сезімталдықты көрсетті. Осыған байланысты, талдаудың сенімділігін арттыру үшін алдын ала он екі индекс арасында кросскорреляциялық талдау жүргізілді, бұл өзара корреляция деңгейі негізінде ақпаратты тұздану индекстерін бөліп көрсетуге, сондай-ақ артық ауытқымалылық пен мультиколлинеарлықтың әсерін азайтуға мүмкіндік берді.

Осылайша, кросскорреляциялық талдау нәтижелері бойынша он екі тұздану индексінің ішінен ең жоғары ақпараттылықты көрсеткен тоғызы (NDSI, SI1, SI2, SI3, S2, S3, S4, S5, S6) іріктеліп алынды және талдаудың келесі кезеңдеріне жіберілді.

NDSI NDVI-ге ұқсас әзірленген, бірақ тұзданған топырақтардың шағылыстыру қабілетін бағалау үшін қолданылады, олар, әдетте, қызыл диапазонда жоғары, ал жақын ИҚ-да төмен шағылысуға ие [143] және (7) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$NDSI = \frac{R - NIR}{R + NIR} \quad (7)$$

S2 тұздану индексі тұзданған топырақтарға тән жарқын шағылысатын беттерді бөліп көрсету үшін қолданылады. Көк арна сорлар мен тұзданбаған аймақтар арасындағы айырмашылықтарды күшейтеді [144] және (8) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$S2 = \frac{Blue - R}{Blue + R} \quad (8)$$

S3 тұздану индексі өсімдік жамылғысы мен топырақ бетінің әсерін көрсететін жасыл және қызыл арналардың әсерін күшейтеді, сонымен қатар нәтижені көк диапазон бойынша нормалайды. Құрғақ және жартылай шөлді аймақтарға жарамды [145] және (9) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$S3 = \frac{G \cdot R}{Blue} \quad (9)$$

S4 тұздану индексі – бұл қатты тұзданған беттерге тән көк және қызыл диапазондағы интегралдық альбедоны көрсететін спектрлік индекстің қарапайым түрі [146] және (10) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$S4 = \sqrt{Blue \cdot R} \quad (10)$$

S5 тұздану индексі көрінетін арналарды контрасттау арқылы тұзданудың спектрлік сипаттамасын күшейтуге бағытталған. Қалдық өсімдіктер болған кезде тиімді [147] және (11) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$S5 = \frac{Blue \cdot R}{G} \quad (11)$$

S6 тұздану индексі топырақтың (R), өсімдік құрылымының (NIR) және хлорофилл құрамының (G) әсерін біріктіреді. Фрагментті өсімдіктері бар жартылай ашық топырақтар үшін қолданылады [148] және (12) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$S6 = \frac{R \cdot NIR}{G} \quad (12)$$

SI1 тұздану индексі жасыл және қызыл диапазондағы шағылысуды біріктіретін индексті білдіреді. Өсімдік қалдықтары бар топырақтарды талдау кезінде ыңғайлы [149] және (13) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$SI_1 = \sqrt{G \cdot R} \quad (13)$$

SI2 тұздану индексі көрінетін және ИҚ-диапазондардағы шағылысудың жиынтық әсерін ескеретін жалпы жарықтықты жалпылауға негізделген. Тұздану қарқындылығын жіктеуге жарамды [150] және (14) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$SI_2 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2} \quad (14)$$

SI3 тұздану индексі жасыл және қызыл диапазондағы шағылысу қабілеттерінің квадраттарының қосындысынан шыққан квадрат түбірін білдіреді. Ол осы спектрлік арналардың жиынтық әсерін сипаттайды, бұл тұзданған немесе ашық топырақтарға тән өзгерген шағылысу қабілеті бар учаскелерді анықтауға мүмкіндік береді [151]. SI3 өсімдік және ашық беттен аралас сигнал бар жағдайларда, сондай-ақ беттік жарықтықты бағалау кезінде әсіресе пайдалы.

$$SI_3 = \sqrt{G^2 + R^2} \quad (15)$$

Мұндағы: NIR (Near-Infrared) – жақын инфрақызыл диапазондағы (760-900 нм) шағылысу қабілетінің мәні; R (Red) – қызыл диапазондағы (630-690 нм) шағылысу мәні; G (Green) – жасыл диапазондағы (520-600 нм) шағылысу мәні; B (Blue) – көк диапазондағы (450-520 нм) шағылысу мәні; L – топырақтың әсерін ескеруге арналған түзету коэффициенті (әдетте L=0.5 мәні қабылданады); Барлық мәндер нормаланған және өлшемсіз шағылысу коэффициенттері түрінде көрсетілген.

Барлық спектрлік индекстерді есептеу аяқталғаннан кейін, жиналған деректер модельдің төртінші кезеңіне беріледі. Бұл кезең автоматтандырылған өңдеуді, атап айтқанда, негізгі компоненттерді талдау (PCA) жүргізуді қарастырады. PCA әдісі артық шуды жоюға, деректер өлшемін азайтуға және

ақпараттық компоненттерді бөліп алуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде кейінгі жіктеу сапасын арттырады [152].

Жіктеу әдістері ретінде бақыланатын Maximum Likelihood алгоритмі [153] және бақыланбайтын ISODATA алгоритмі [154] қолданылды, бұл әртүрлі тәсілдердің тиімділігіне салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік берді. Бақыланатын жіктеу үшін бастапқы деректер ретінде толық спектрлік диапазоны бар алдын ала өңделген Landsat жерсеріктік суреті пайдаланылды, ал бақыланбайтын жіктеу үшін тұздану және өсімдік индекстері негізінде орындалған негізгі компоненттерді талдау (PCA) нәтижелері қолданылды.

Бақыланатын жіктеу жағдайында соңғы он жылда жиналған ауқымды далалық бақылау деректері пайдаланылды, бұл жіктеудің оқыту үлгісінің жоғары сенімділігін қамтамасыз етті. Жіктеу нәтижелері бойынша тұздану деңгейінің бес класы бөлініп алынды: 1-класс – тұзданбаған топырақтар, 2-класс – әлсіз тұзданған, 3-класс – орташа тұзданған, 4-класс – қатты тұзданған және 5-класс – өте қатты тұзданған аумақтар.

Кеңістіктік жіктеудің сенімділігін бағалау Мырзашөл және Қызылқұм суармалы алқаптарында жүргізілген далалық зерттеулер барысында жиналған тірек далалық нүктелер негізінде жүргізілді. Верификация әдісі ретінде қателер матрицасы (Confusion Matrix) – қашықтан зондтау деректерін жіктеу сапасын сандық бағалау үшін кеңінен қолданылатын құрал пайдаланылды [155].

Қателер матрицасы алынған жіктеу нәтижелерін эталонды деректермен салыстыруға және модельдің дәлдігін сипаттайтын бірқатар метрикаларды есептеуге мүмкіндік береді, оның ішінде:

1. Өндірушінің дәлдігі (Producer's Accuracy, PA)

Жіктеудің белгілі бір класқа шынымен жататын нысандарды қаншалықты жақсы қамтитынын көрсетеді (яғни, бұл класс жіберіліп алынбайтын ықтималдығы) және (16) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$PA_i = \frac{x_{ii}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad (16)$$

мұндағы: x_{ii} – i -класқа дұрыс классификацияланған пикселдер саны, $\sum x_{ij}$ – осы класқа жататын барлық эталондық нүктелер саны.

2. Пайдаланушының дәлдігі (User's Accuracy, UA)

Белгілі бір класқа жататын жіктелген пиксельдің іс жүзінде сол класқа жататын ықтималдығын сипаттайды (яғни, пайдаланушының сенімділік деңгейі) және (17) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$UA_i = \frac{x_{ii}}{\sum_{j=1}^n x_{ji}} \quad (17)$$

мұндағы: $\sum x_{ji}$ – i-класқа жатқызылған барлық пикселдер саны, UA мәнінің төмен болуы қате қосу ықтималдығының жоғары екенін көрсетеді (commission error).

3. Жалпы сенімділік (Overall Accuracy, OA)

Барлық дұрыс жіктелген нысандардың тексерілгендердің жалпы санына қатынасын көрсетеді және (18) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ii}}{N} \quad (18)$$

мұндағы: N – жалпы тексерілген пикселдер саны.

4. Каппа коэффициенті (Cohen's Kappa, κ)

Жіктеу мен нақты деректер арасындағы сәйкестік деңгейін кездейсоқ сәйкестікті ескере отырып бағалайды және (19) теңдеуіне сәйкес есептеледі:

$$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (19)$$

мұндағы:

$$P_o = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ii}}{N} - \text{бақыланған дәлдік (OA),}$$

$$P_e = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{i+} \cdot x_{+i}}{N^2} \right) - \text{кездейсоқ жіктеу жағдайындағы күтілетін дәлдік.}$$

Каппа коэффициенті (κ) жіктелген деректер мен далалық ақпарат арасындағы келісімді, кездейсоқ сәйкестік ықтималдығын ескере отырып бағалау үшін қолданылады. Жалпы дәлдіктен (OA) айырмашылығы, Каппа дәл нәтиженің кездейсоқ ықтималдыққа емес, нақты жіктеуге байланысты екенін анықтауға мүмкіндік береді. Landis & Koch [155] сәйкес оны келесідей интерпретациялауға болады:

0.81-1.00 – толық дерлік келісім;

0.61-0.80 – елеулі келісім;

0.41-0.60 – орташа келісім;

0.21-0.40 – әлсіз келісім;

≤ 0.20 – кездейсоқ нәтиже.

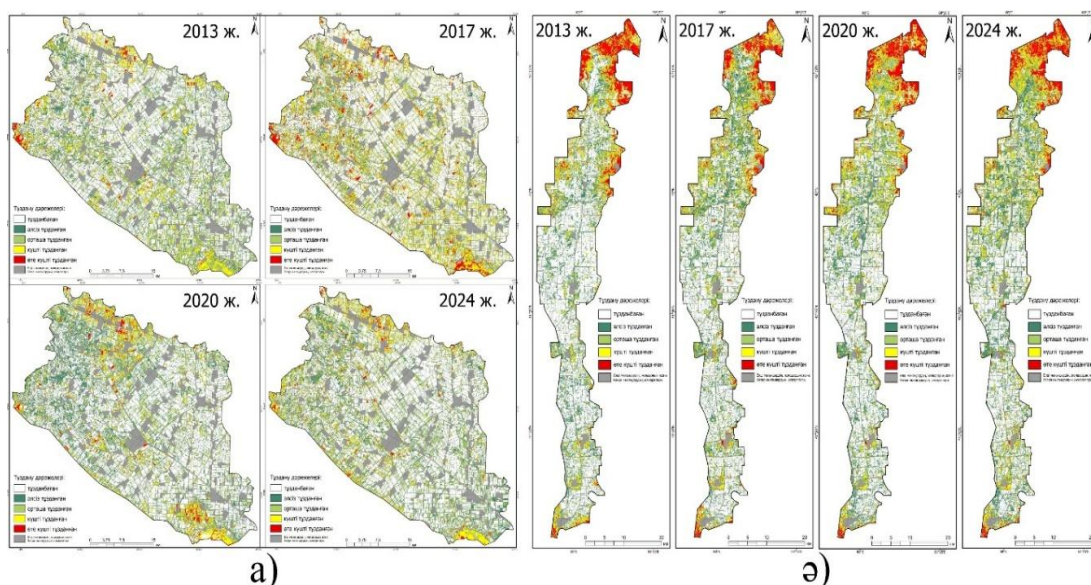
Спектрлік индекстердің сызықтық тәуелділігін анықтау үшін біз (20) теңдеуіне сәйкес есептелетін Пирсон коэффициентін [156] қолдандық:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (20)$$

мұндағы: x_i, y_i – екі айнымалының (мысалы, өсімдік және тұздану индексі) мәндері, $\bar{x}, \bar{y}$ – осы айнымалылардың орташа мәндері, n – байқаулар (мәндер жұбы) саны.

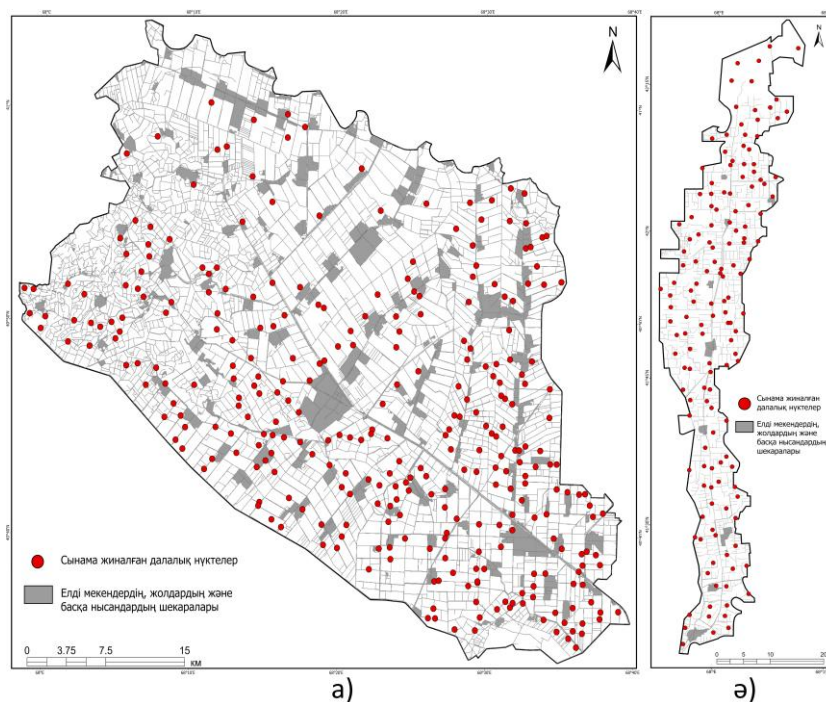
Заманауи геоақпараттық талдау әдістері мен қашықтан зондтау деректерін өңдеудің автоматтандырылған моделін қолдана отырып, Мырзашөл және Қызылқұм суармалы алқаптарының тұздану дәрежесін жіктеу жүргізілді. Талдау нәтижесінде бес класс бөлініп алынды: 1-класс – тұзданбаған; 2-класс – әлсіз тұзданған; 3-класс – орташа тұзданған; 4-класс – қатты тұзданған және 5-класс – өте қатты тұзданған аумақтар (29-сурет).

Жіктеу далалық бақылау нәтижелерін Landsat жерсеріктік деректерінің спектрлік сипаттамаларымен және тұздану дәрежесі мен өсімдік жамылғысының жағдайын көрсететін спектрлік индекстердің мәндерінің диапазондарымен біріктіретін гибриді жүйеге негізделген. Мұндай тәсіл бақыланатын параметрлер мен спектрлік белгілер арасындағы сызықтық емес өзара байланыстарды ескеруге мүмкіндік беретін пострегрессиялық талдауды қолдану есебінен жіктеу дәлдігін арттыруды қамтамасыз етеді.



29-сурет. Суармалы алқаптардың тұздану дәрежесін жіктеу нәтижелері: а) Мырзашөл алқабы; ә) Қызылқұм алқабы

Алынған нәтижелердің сенімділігі, яғни жіктеу дәлдігі, соңғы 10 жылда бақылаудың репрезентативті тірек нүктелерінде жиналған далалық деректер негізінде бағаланды (30-сурет). Көпжылдық архивтік және соңғы үш жылдағы (2021-2024 жж.) жеке далалық деректер алдын ала сүзгіден өтті: толық емес ақпараты бар, сондай-ақ автомобиль жолдарына тікелей жақын орналасқан немесе елді мекендердің ішіндегі нүктелер алынып тасталды, өйткені мұндай аумақтар суармалы алқаптардың спектрлік сипаттамаларын бұрмалауы мүмкін. Жіктеуді валидациялау үшін Қызылқұм алқабы аумағында жалпы саны 140 далалық нүкте және Мырзашөл алқабы шегінде 308 нүкте пайдаланылды.



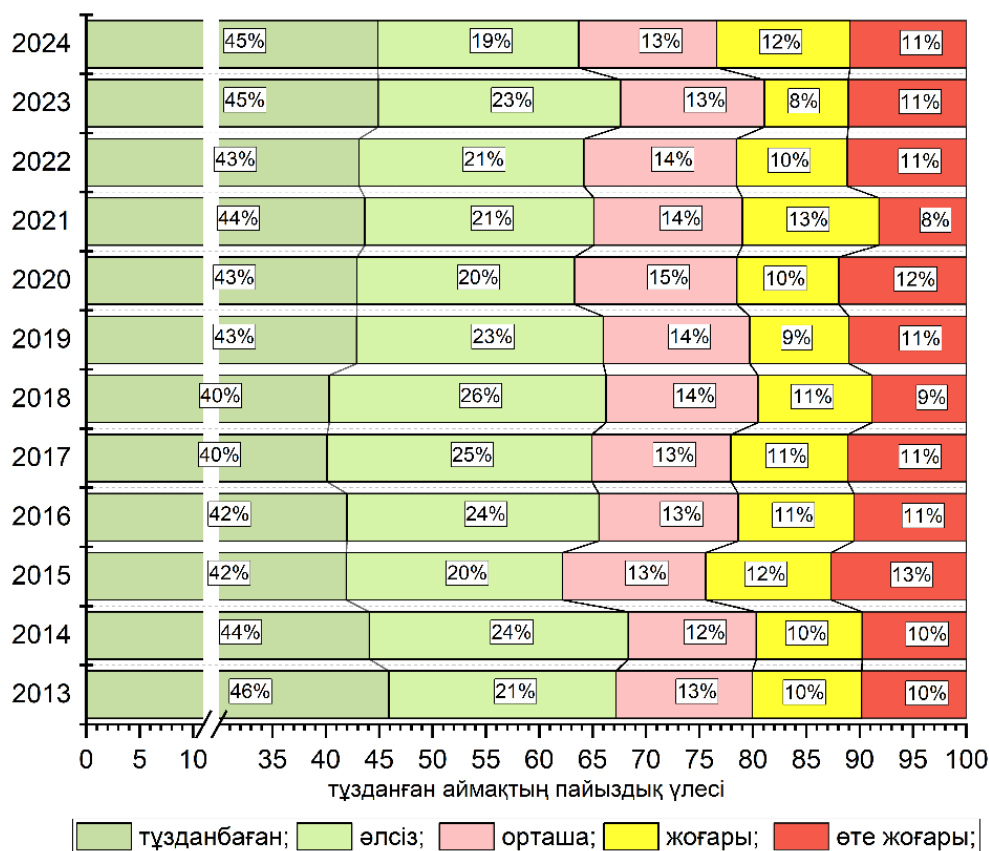
30-сурет. Далалық нүктелердің кеңістіктік таралуы: а) Мырзашөл алқабы; ә) Қызылқұм алқабы

Жүргізілген жіктеу 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. Дәлдікті бағалаудың егжей-тегжейлі нәтижелері, мысалы, өндірушінің дәлдігі және пайдаланушының дәлдігі Қосымша Ж-да кесте түрінде берілген (Қосымша Ж 1-11 кестелер).

Дәлдігі 75 %-дан асатын жіктеудің қорытынды нәтижелері векторлық форматқа түрлендірілді, содан кейін тұзданудың әрбір класы үшін аудан есептелді.

Қарастырылған кезеңде Қызылқұм алқабының аудандарының тұздану дәрежесі бойынша пайыздық үлесін талдау айқын ауытқуларды немесе күрт

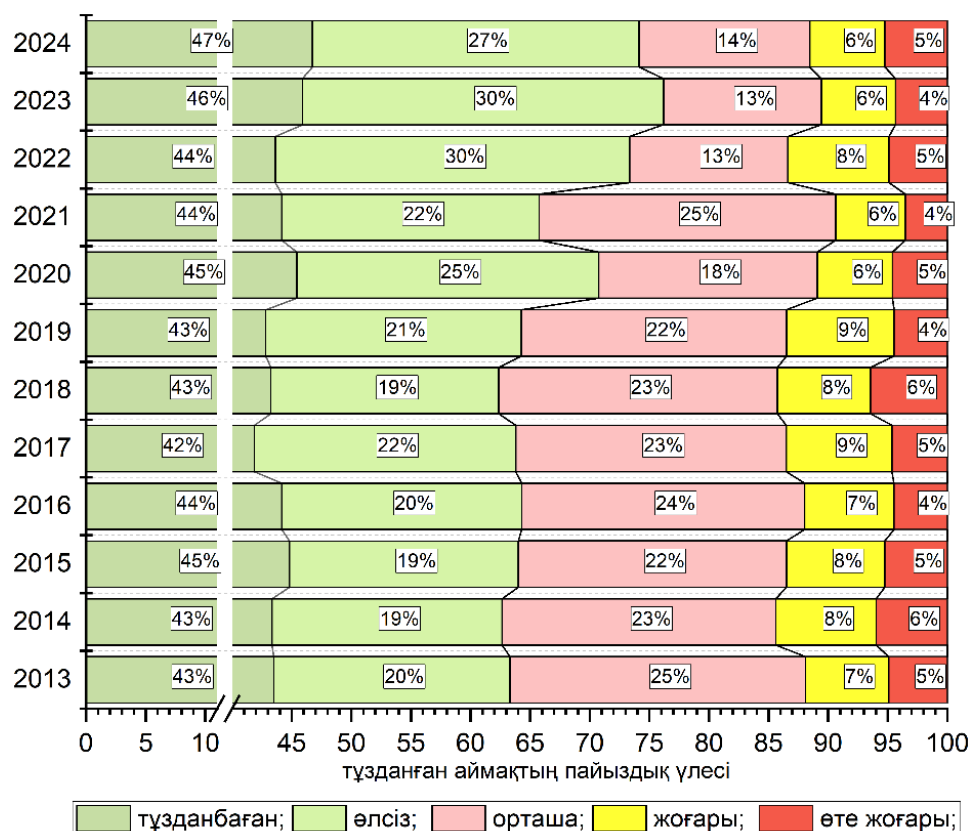
өзгерістерді анықтамады, бұл осы аймақтағы тұзданудың кеңістіктік құрылымының салыстырмалы тұрақтылығын көрсетеді (31-сурет).



31-сурет. Қызылқұм алқабындағы аудандардың тұздану дәрежесі бойынша пайыздық үлесі

Жалпы аудандық арақатынастардың мардымсыз өзгергіштігіне қарамастан, талдау нәтижелері «қатты» және «өте қатты» тұздану сияқты ең жоғары екі классты біріктіретін тұзданған жерлердің үлесінің артуымен сипатталатын жекелеген жылдарды бөліп көрсетуге мүмкіндік берді. Мысалы, 2015 және 2024 жылдары тұздану деңгейі жоғары жерлердің ең үлкен таралуы байқалды: бұл аумақ класстарының жиынтық ауданы тиісінше 17 616 га (25 %) және 16 866 га (23 %) құрады. Орташа тұзданған аумақтардың аудандарының динамикасы тұзданудың жоғары класстарымен синхронды ауытқуларды көрсетті және 2020 жылы ең жоғары мәнге жетіп, 10 323,2 га құрады (31-сурет). Тұзданбаған және әлсіз тұзданған аумақтарға келетін болсақ, олардың ауданы тұзданған аумақтармен салыстырғанда төмендеуге бейімділігін көрсетті. Соңғы 11 жылда 3 %-ға, яғни 2 164,2 га-ға қысқару байқалды.

Жалпы алғанда, қатты тұзданған және өте қатты тұзданған аумақтардың үлесі жалпы ауданның 10 %-нан сәл астамын құрайды және қарастырылып отырған кезеңде 1-2 % шегінде ұлғаю байқалды (31-сурет).

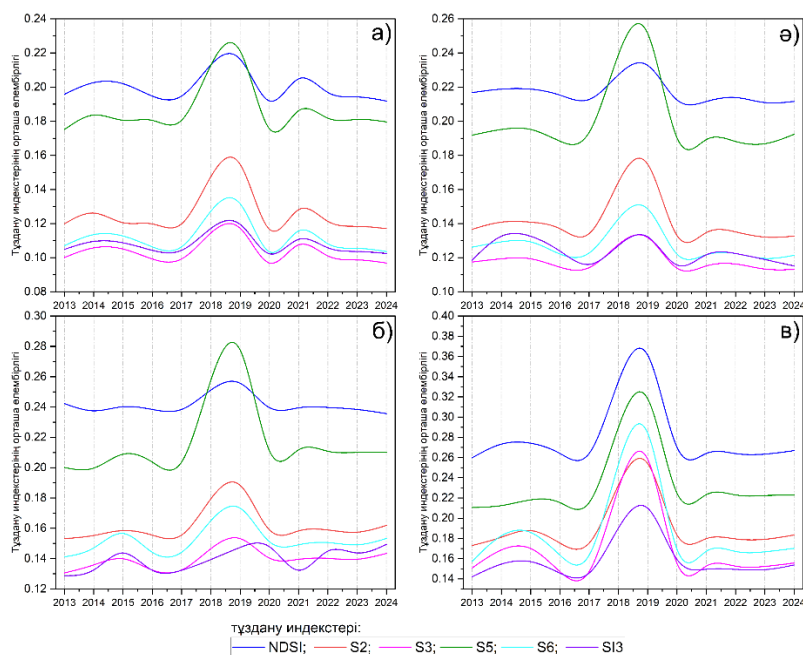


32-сурет. Мырзашөл алқабындағы аудандардың тұздану дәрежесі бойынша пайыздық үлесі

Жалпы ауданы 146 747 га болатын Мырзашөл алқабы көршілес Қызылқұм алқабымен салыстырғанда суармалы жерлерді екі есеге жуық қамтиды. Қызылқұм алқабынан айырмашылығы, Мырзашөл алқабының аумағында тұзданған жерлердің ауданы азаюда (32-сурет). Қатты тұзданған аумақтардың динамикасы айқын трендті көрсетпесе де, қатты және орташа тұзданған аумақтардың аудандары жалпы алғанда қысқаруда. Қарастырылған кезеңде класстардың тиісінше 1 % және 11 %-ға азайғаны байқалды (32-сурет).

Тұздану деңгейі төмен және тұздануы жоқ аумақтар үшін де осындай тенденция байқалады, бұл соңғы 11 жылда жердің жағдайының жалпы жақсарғанын көрсетеді. Сонымен қатар, 2021 жылы орташа тұздану деңгейі бар аумақтардың көлемі 7 %-ға артқан, бұл өз кезегінде тұздану үдерістерінің жоғары динамикалығын және оларға тұрақты мониторинг жүргізу қажеттілігін көрсетеді. Осылайша, жіктеу нәтижелері еліміздің оңтүстік аймағындағы екі ірі суармалы алқаптағы тұзданудың әртүрлі дәрежесі бар аудандардың кеңістіктік-уақыттық динамикасын бақылауға мүмкіндік берді (Қосымша Ж, 1-12-сурет). Тұзданған аумақтардың өсуі тұрғысынан ең осал Қызылқұм алқабы болып шықты, онда тұздану деңгейі жоғары аудандардың ұлғаюының арту үрдісі тіркелді (Қосымша Ж, 1-12-кесте).

Сандық нәтижелерден (аудандардан) басқа, қашықтан зондтау деректерін өңдеу барысында спектрлік индекстердің, атап айтқанда негізгі компоненттерді талдау (РСА) нәтижелері негізінде іріктелген тұздану индекстерінің көпжылдық өзгеріс динамикасына талдау жүргізілді. Қарастырылған кезең ішінде таңдалған индекстерді сапалық бағалау тұздану деңгейі ең жоғары жылдарды бөліп көрсетуге мүмкіндік берді. Мәселен, Қызылқұм суармалы алқабы шегіндегі спектрлік индекстер динамикасы 2018-2019 жылдары барлық талданған индекстер бойынша мәндердің ұлғаюын көрсетті, бұл осы кезеңде тұздану деңгейінің жоғарылағанын білдіреді (33-сурет).

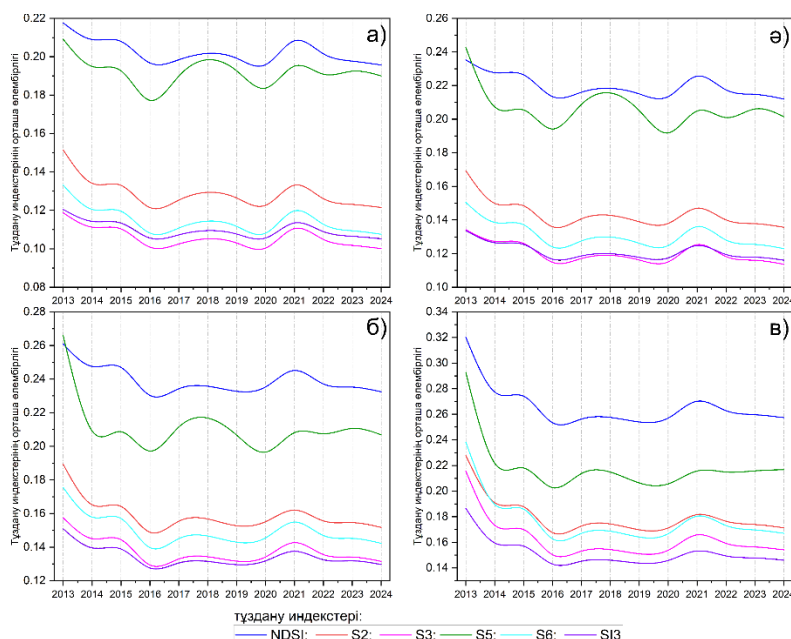


33-сурет. Қызылқұм суармалы алқабы аумағындағы спектрлік тұздану индекстері өзгерістерінің динамикасы. а) 2-класс – әлсіз тұздану; ә) 3-класс – орташа тұздану; б) 3-класс – қатты тұздану; в) 4-класс – өте қатты тұздану

2020 жылдан кейін көптеген спектрлік индекстердің мәндері төмендеу немесе тұрақтану тенденциясын көрсетеді, бұл тұздану үдерістерінің бәсеңдеуі немесе агроэкологиялық жағдайлардың жақсаруын көрсетуі мүмкін. Барлық тұздану класстарындағы ауытқулардың ең үлкен амплитудалары NDSI және S5 индекстерінде байқалып, бұл олардың топырақтың тұздануының спектрлік белгілеріне жоғары сезімталдығын көрсетті (33-сурет).

Мырзашөл суармалы алқаптары бойынша нәтижелер 2013 жылдан 2024 жылға дейінгі кезеңде барлық тұздану класстарындағы барлық индекстер мәндерінің төмендеуіне қарай айқын тенденцияны көрсетті. Бұл төмендеу әсіресе қатты және өте қатты тұздану класстарында айқын көрінеді (34-сурет, б және в), онда алғашқы үш-төрт жылда индекстердің мәндерінің айтарлықтай

төмендеуі, одан кейін 2016-2017 жылдардан кейін тұрақтану немесе орташа ауытқу тіркелді. Мұндай тренд суару режиміндегі ықтимал өзгерістерді, мелиоративтік жағдайды жақсарту жөніндегі іс-шаралардың енгізілуін немесе алқапқа антропогендік жүктеменің төмендеуін көрсетуі мүмкін (34-сурет).



34-сурет. Мырзашөл суармалы алқабы аумағындағы спектрлік тұздану индекстері өзгерістерінің динамикасы. а) 2-класс – әлсіз тұздану; ә) 3-класс – орташа тұздану; б) 3-класс – қатты тұздану; в) 4-класс – өте қатты тұздану

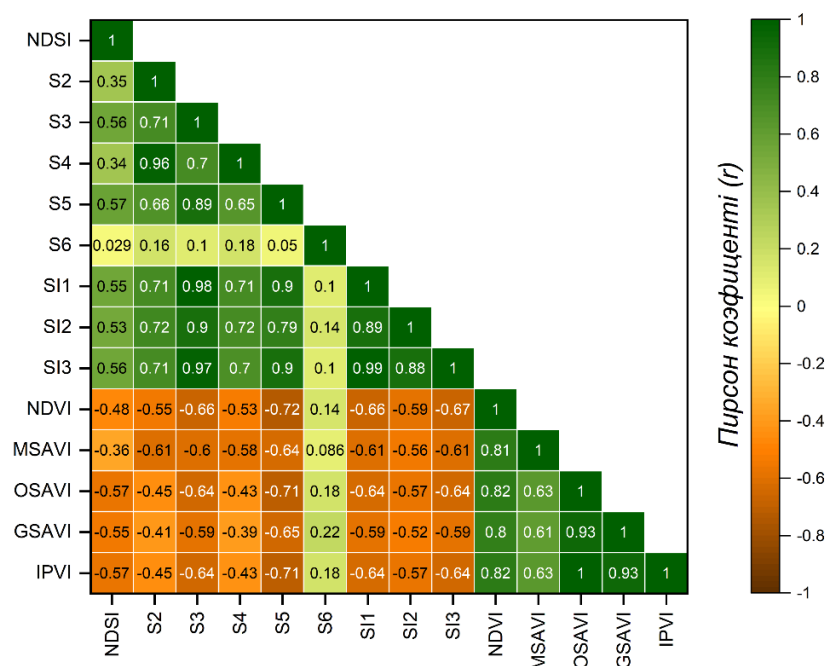
Әлсіз (а) және орташа (ә) тұздану класстарында да ауытқулар байқалады, алайда өзгерістердің амплитудасы онша айқын емес. Орташа алғанда, индекстердің мәндері соңғы жылдары төмен деңгейде қалып отыр, бұл осы аумақтардың экологиялық жағдайының салыстырмалы түрде тұрақталғанын көрсетеді.

Зерттелетін аймақтағы аграрлық ландшафттардың тұрақтануының қосымша көрсеткіші ретінде соңғы 10 жылдағы вегетациялық индекстерге (NDVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI, IPVI) талдау жүргізілді (Қосымша 3). Осы индекстердің орташаланған мәндері негізінде өсімдік жамылғысының кеңістіктік ерекшеліктерін көрсететін карталар сериясы құрастырылды (Қосымша Ж, 1, 2-сурет). Алынған карталар суармалы жерлерді игеру тиімділігін көрнекі түрде бағалауға, сондай-ақ тұздануға және бұзылудың басқа түрлеріне ұшыраған осал аумақтарды бөліп көрсетуге мүмкіндік береді.

Спектрлік индекстерді пайдалану арқылы алынған нәтижелердің сенімділігінің сапалық көрсеткіштерінің бірі олардың өзара келісім дәрежесі болып табылады. Қолданылған тұздану және өсімдіктердің спектрлік индекстері арасында жүргізілген корреляциялық талдау бір топ ішіндегі индекстердің ішкі

келісімін де, көрсеткіштердің әртүрлі топтары арасындағы қарама-қарсы бағыттылығын да көрсететін маңызды өзара байланыстарды анықтады.

Тұзданудың және өсімдіктердің әртүрлі спектрлік индекстері арасындағы корреляция дәрежесін анықтау үшін Пирсон корреляция коэффициенттерінің матрицасы есептелді. Талдау Қызылқұм алқабы үшін тұзданған аумақтарды анықтауға бағытталған индекстердің (NDSI, S2-S6, SI1-SI3) де, классикалық вегетациялық индекстердің (NDVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI, IPVI) де орташаланған мәндерін қамтиды (35-сурет).

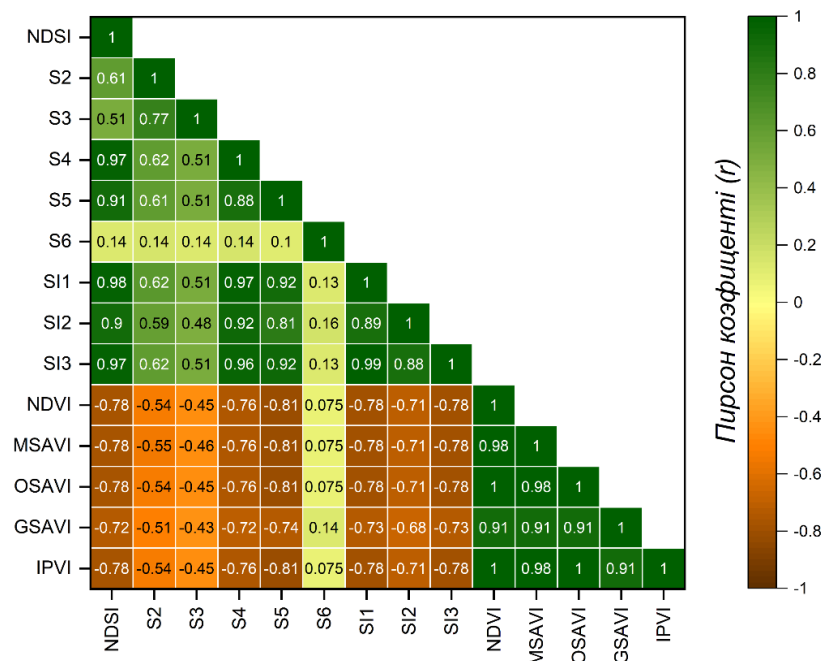


35-сурет. Қызылқұм алқабы үшін тұздану және өсімдік жамылғысының спектрлік индекстері арасындағы Пирсон корреляция коэффициенттерінің матрицасы

Талдау нәтижелері негізгі тұздану индекстері, әсіресе SI1, SI2, SI3, S3 және S5 арасында жоғары оң корреляциялардың ($r > 0.85$) байқалатынын көрсетті. Ең айқын байланыс SI1 мен SI3 ($r = 0.99$) және S3 пен SI1 ($r = 0.98$) арасында анықталды. Бұл осы индекстер арасындағы жоғары үйлесімділік деңгейін және сәйкесінше, тұздану деңгейін бағалау кезінде олардың өзара алмастырылу мүмкіндігін көрсетеді. Осыны ескере отырып, бұл индекстерді автоматтандырылған жіктеу модельдерін құруда негізгі көрсеткіштер ретінде пайдалануға болады. Керісінше, S6 индексі тұзданудың қалған индекстерімен (мысалы, S3: $r = 0.10$) өте әлсіз корреляцияны көрсетеді, бұл оның тәуелсіздігін немесе тұз әсеріне жеткіліксіз сезімталдығын білдіреді. Оны қолдану қосымша валидацияны қажет етеді.

NDVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI және IPVI сияқты вегетациялық индекстерге келетін болсақ, олардың арасында да жоғары оң өзара байланыс ($r > 0.80$), әсіресе GSAVI мен IPVI ($r = 0.93$) арасында байқалды.

Өсімдік және тұздану индекстері арасындағы теріс корреляцияның анықталуы ерекше назар аударуға тұрарлық. Мәселен, SI3 пен NDVI ($r = -0.67$), SI1 мен OSAVI ($r = -0.64$), сондай-ақ SI2 мен IPVI ($r = -0.64$) арасындағы коэффициенттердің мәндері тұздану деңгейі мен өсімдік жамылғысының жағдайы арасындағы кері тәуелділікті көрсетеді. Бұл топырақтың тұздануының жоғарылауы вегетациялық белсенділікке теріс әсер ететінін растайтын күтілетін нәтиже.



36-сурет. Мырзашөл суармалы алқабы үшін есептелген тұздану және вегетация спектрлік индекстерінің корреляциялық матрицасы

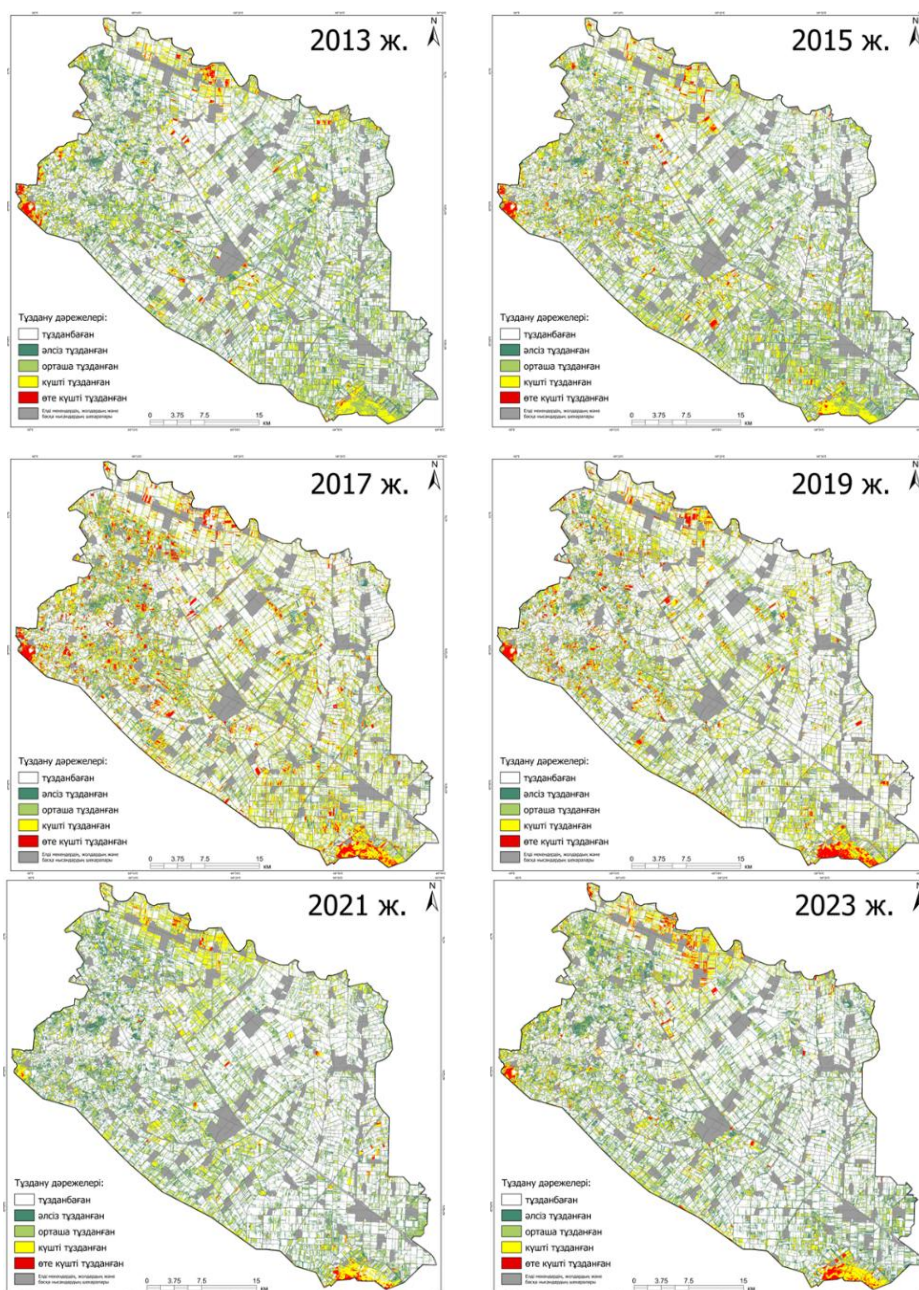
36-суретте Мырзашөл суармалы алқабындағы тұздануды және вегетациялық жағдайды бағалауға арналған спектрлік индекстер арасындағы өзара байланыстарды көрсететін Пирсон коэффициенттерінің корреляциялық матрицасы ұсынылған. Қызылқұм алқабында (35-сурет) орташа және жоғары корреляциялар байқалса, мұнда негізгі тұздану көрсеткіштері арасында одан да айқын келісімділік және сонымен қатар вегетациялық индекстермен анағұрлым анық теріс арақатынас анықталды.

Қызылқұм алқабының корреляция нәтижелерімен салыстырмалы талдау кезінде, Мырзашөл алқабындағы корреляциялық байланыстар, әсіресе тұздану индекстері тобының ішінде анағұрлым айқын көрінеді (36-сурет). Қызылқұм аймағында кейбір индекстер арасындағы корреляциялар 0.6-0.7 деңгейінде болса, Мырзашөл алқабында ұқсас көрсеткіштер 0.9-0.98-ге жетеді. Бұл тұзданудың анағұрлым айқын және тұрақты белгілеріне байланысты болуы мүмкін, бұл осы алқапты тұздану белгілеріне жоғары спектрлік жауабы бар анағұрлым біртекті жүйе етеді. 37-38 суреттерде ЖҚЗ деректері негізінде жасалынған Мырзашөл және Қызылқұм суармалы алқаптарының 2013-2023 жж. топырақ жамылғысының тұздану динамикасы көрсетілген. Қызылқұм және Мырзашөл суармалы алқаптарының тұздану және өсімдік жамылғысының

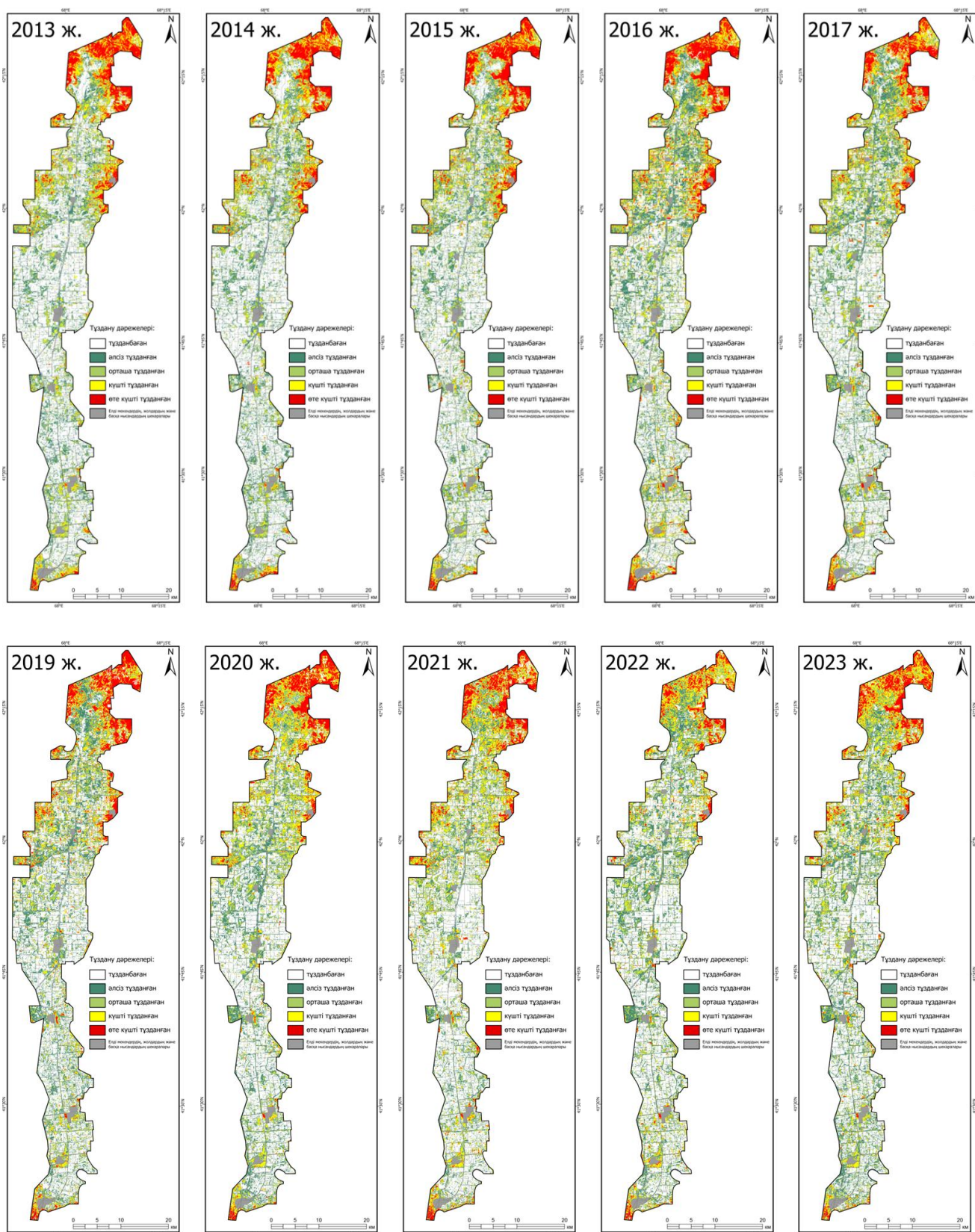
спектрлік индекстері арасындағы Пирсон корреляция коэффициенттерінің толық матрицасы Қосымша II көрсетілген.

Осылайша, корреляциялық талдау индекстер арасындағы спектрлік үйлесімділікті анықтап қана қоймай, сонымен қатар ақпаратты көрсеткіштерді таңдауды негіздеуге мүмкіндік берді. SI1, SI2, SI3, S3 және S5 индекстерін тұздануға мониторинг жүргізу үшін, ал GSAVI, IPVI және NDVI-ды өсімдік жамылғысының жағдайын бағалау үшін негіз ретінде ұсынуға болады.

Спектрлік индекстердің бастапқы орташаланған мәндері Қосымша II -да кесте түрінде берілген.



37-сурет. ЖҚЗ деректері негізінде Мырзашөл суармалы алқабындағы топырақ жамылғысының тұздану динамикасы (2013-2023 жж)



38-сурет. ЖҚЗ деректері негізінде Қызылқұм суармалы алқабындағы топырақ жамылғысының тұздану динамикасы (2013-2023 жж)

3.2 Далалық зерттеу мәліметтерін талдау және ЖҚЗ деректерімен интеграциялау

Өсімдіктердің баяу дамуы және суармалы егістік жерлердің деградацияға ұшырауы көбінесе топырақтың тұздануының нәтижесінде болады. Топырақтың тұздануы ауыл шаруашылық дақылдарының өнімін едәуір төмендетеді және үнемі бақылауды, шұғыл шараларды қабылдауды қажет ететін динамикалық үрдіс, сондықтан суару кезінде оның алдын алу бойынша шаралар кешенін әзірлеу өте маңызды. Сонымен қатар, суару режимін қатаң сақтау, барлық гидротехникалық және мелиоративтік құрылыстарды қалыпты жағдайда ұстау қажет.

Суармалы жердің тұздануының басты себебі жер асты суларының жер бетіне жақын орналасуы, суару кезеңінде минералды жер асты сулары суармалы суларымен бірігуі және олардағы тұздардың булануы нәтижесінде сонымен қатар жер асты ағысы жоқ немесе ағысы өте нашар жерлерде, яғни жердің өткізгіштігі нашар жағдайында топырақтың жоғарғы горизонтта тұздардың жиналуына әкеледі. Тұздардың жинақталуы, жерлердің су тәртібіне, әсіресе мелиоративтік жағдайына әсер ететін жер асты суларының деңгейі мен құрамында болатын тұздар есебіне де байланысты.

Стационарлық алаңшаларда жүргізілген көпжылдық зерттеулер нәтижелері топырақтың тұз режимінде жыл ішінде екі негізгі кезеңнің қалыптасатынын көрсетті: тұздардың ең жоғары концентрациясы күз мезгілінде байқалса, ал ең төменгі мөлшері көктемде тіркеледі. Бұл құбылыс өсірілетін дақылдардың физиологиялық жағдайы мен жүргізілетін суару-мелиорациялық шаралардың тиімділігіне тікелей байланысты.

Жалпы 2023 жылы Түркістан облысы суармалы жерлерінің жер асты суының деңгейін анықтау үшін гидрогеологиялық бақылау жұмыстары жарамды 1150 дана бақылау құдықтары бойынша жүргізілді. Нәтижесінде, жер асты суының деңгейін бақылау бойынша 21 635 рет өлшеу жұмыстары жүргізілсе, оның 4 582-і суару кезеңі алдында, 10 359-ы суару кезінде және 6 694-і суару кезеңінен кейінгі кезеңде өлшенді. Сондай-ақ, 2023 жылы облыстағы суармалы жерлердегі жер асты және жер үсті суларының химиялық құрамын анықтау мақсатында жалпы 3 529 рет су сынамалары алынып, зертханалық жағдайда талданды.

Жалпы саны 3 529 құрайтын су сынамаларының 2 921-і жер асты суларынан, 354 -і ағын сулардан, 240-ы қашыртқы сулардан және 14 -і тік қашыртқы сулардан алынды. 2023 жылы облыстағы жер асты суының деңгейін өлшеу, жер асты суы мен суару жүйелеріндегі (суару каналдары мен қашыртқылар) сулардан алынған өлшеулер мен сынамалар бойынша толығырақ деректер 15-кестеде ұсынылған.

15-кесте. 2023 жылы жоспар бойынша орындалған жер асты суының деңгейін өлшеу және химиялық талдаулар үшін су сынамаларының көлемі

№	Бақылау жасалатын аудандардың атаулары	Жер асты суының деңгейін бақылау				Су сынамаларын алу (нақты)				
		жалпы саны	оның ішінде			жалпы саны	оның ішінде			
			суару кезеңі алдында	суару кезінде	суару кезеңінен кейін		жер асты суы	ағын су	қашыртқы суы	тік қашыртқы суы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Арыс	552	182	193	177	48	48	-	-	-
2	Қазығұрт	940	158	469	313	114	35	41	38	-
3	Мақтаарал және Жетісай	9080	1950	4104	3026	1625	1500	71	42	12
4	Ордабасы	1897	416	850	631	253	222	18	13	-
5	Отырар	1988	426	1080	482	356	310	40	6	-
6	Сарыағаш	1156	234	543	379	173	55	60	58	-
7	Келес	-	-	-	-	73	-	48	25	-
8	Сауран, Кентау қ. және Түркістан қ.	3382	656	1920	806	414	389	9	14	2
9	Шардара	2640	560	1200	880	428	362	22	44	-
10	Ақсу	-	-	-	-	6	-	6	-	-
11	Бәйдібек, Созақ	-	-	-	-	39	-	39	-	-
Түркістан облысы		21635	4582	10359	6694	3529	2921	354	240	14

Жер асты суларының өзгеруі суармалы жерлерге берілген судың, жауын-шашының әсерінен, суару жүйелерімен сулардың жер астына сүзілуіне байланысты болады. Жер асты суларының динамикалық деңгейі жыл мерзіміне қарай өзгеріп отырады. Жер асты суы деңгейінің ең төменгі көрсеткіші суару кезеңі аяқталған уақыт пен күзгі қысқы сор шаю жұмыстары жүргізілгенге дейін, ал сор шаю жұмыстары жүргізілмегенде көктемгі далалық жұмыс кезеңінде байқалады. Суармалы жердегі жер асты суларының ең жоғарғы деңгейі күзгі-қысқы сор шаю жұмыстары мен ауыл шаруашылық дақылдарын суару кезеңінде байқалады. Яғни, екі рет желтоқсан-наурыз және шілде-тамыз айларында жер асты су деңгейінің көтерілетіні байқалады.

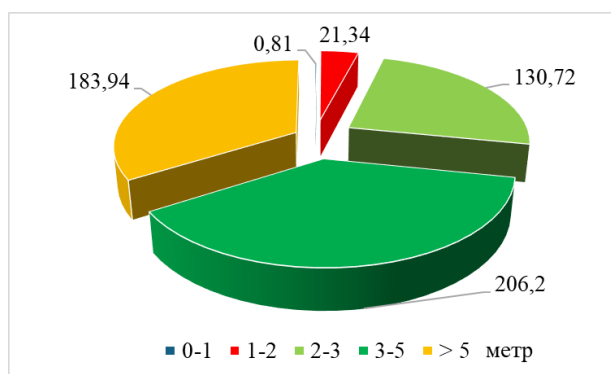
Далалық зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, 2023 жылы облыстағы жер асты суының деңгейі шектен тыс жоғары (0-2 м аралығындағы) суармалы жерлердің ауданы 22,1 мың га құрады. Бұл өткен 2022 жылмен салыстырғанда 112 га азайған. Аумақтағы жер асты суы деңгейінің төмендеуінің басты себептері: суару алқаптарына берілген су көлемінің өткен жылмен салыстырғанда төмен болуы және Мырзашөл алқабында ИДЖЖЖ-2 (Ирригация және дренаж жүйелерін жетілдіру жобасы) жобасы мен «Тұран-су» коммуналдық шаруашылықтарының жүргізген жұмыстарының нәтижесі болып табылады. Жер асты суының деңгейі шектеуден тыс жоғары жерлердің басым бөлігі Жетісай (8 399 га), Мақтаарал (4 755 га), Шардара (3 998 га) және Отырар (2 972

га) аудандарында орналасқан. Облыстың аудандары бойынша жер асты суының деңгейі мен жер асты суының тұздылығы бойынша толығырақ мәліметтер Қосымша Д 1-кестесінде ұсынылған.

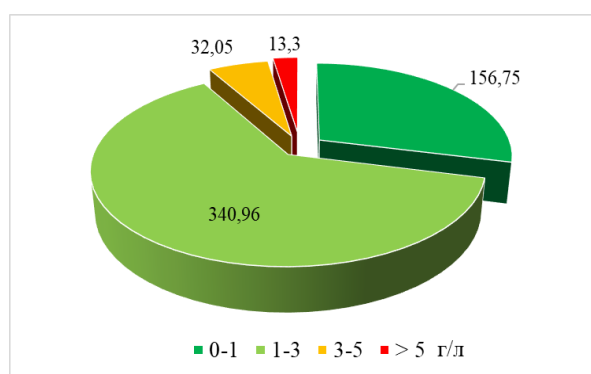
Облыстағы жер асты суының деңгейі шектен тыс жоғары (0-2 м аралығындағы) шоғырланған суармалы жерлердің 59,3 % (13 154 га) Мырзашөл (Жетісай және Мақтаарал аудандары), 18 % (3 998 га) Қызылқұм (Шардара ауданы), 13,4% (2 972 га) Шәуілдір (Отырар ауданы) суармалы массивтерінде орналасқан.

Ал, жер асты суының тұздылығы 3 г/л жоғары болған суармалы жерлердің көлемі 45,3 мың га құрап, өткен жылмен салыстырғанда 515 га азайғаны байқалады. Жер асты суының тұздылығы 3 г/л жоғары болған жерлердің басым бөлігі Мақтаарал, Жетісай және Отырар аудандарында кездесті.

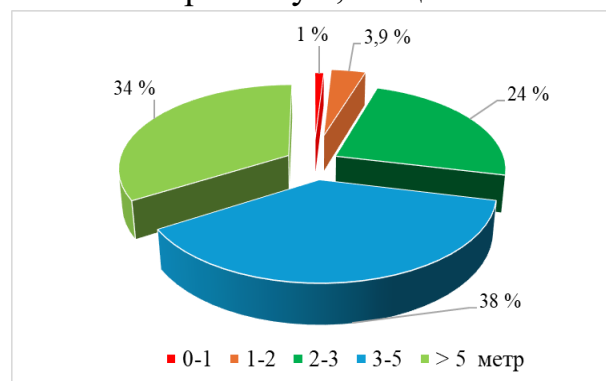
Облыс суармалы жерлерінің жер асты суының деңгейі мен тұздылығы бойынша орналасуы 39, 40, 41, 42-суреттерде және Қосымша Д 1-кестесінде көрсетілген.



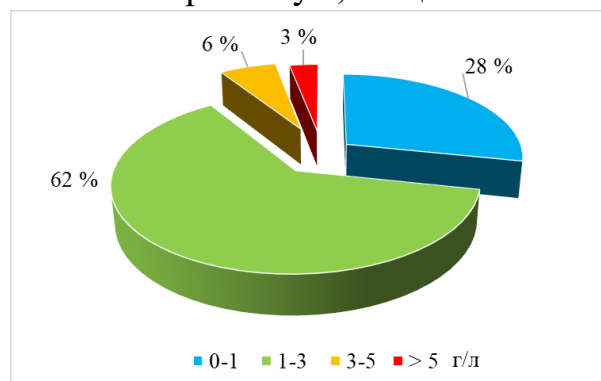
39-сурет. Суармалы жерлердің жер асты суының деңгейі бойынша орналасуы, мың га



40-сурет. Суармалы жерлердің жер асты суының тұздылығы бойынша орналасуы, мың га



41-сурет. Суармалы жерлердің жер асты суының деңгейі бойынша орналасуы, %



42-сурет. Суармалы жерлердің жер асты суының тұздылығы бойынша орналасуы, %

28-кестеде көрсетілген далалық зерттеу жұмыстарының нәтижелеріне сәйкес, 2023 жылы облыстың суармалы жерлеріндегі жер асты суларының күшті тұзданған (5-10 г/л) жерлерінің ауданы 13 303 га жерді құрап, 2022 жылмен

салыстырғанда 1 283 га ұлғайғанын көруге болады. Жер асты суларының тұздылығы жоғары (5-10 г/л) суармалы жерлердің басым көпшілігі Мырзашөл (Жетісай, Мақтаарал) 8 080 га (60,7 %) және Шәуілдір (Отырар ауданы) 3 960 га (29,8%) суармалы алқаптарында шоғырланған.

Гидрогеологиялық жұмыстардың нәтижелеріне сәйкес облыс аумағындағы суармалы жерлерінің жер асты суларының қоректену және ағып кету жағдайларына қарай 3 белдеуге аудандастырылды (16-кесте).

16-кесте. Суармалы жерлердің жер асты суларының қоректену және ағып кету жағдайларына қарай аудандастыру

Гидрогеологиялық белдеу	Әкімшілік аудандар	Жер асты суының орташа тереңдігі, м	Жердің санаты	Көлемі, га %
1	2	3	4	5
а- жер асты суы терең жатқанда ағып кетуін қамтамасыз ету	Арыс (бір бөлігі), Қазығұрт, Сайрам, Сарыағаш, Келес, Төлеби, Сауран (бөлігі), Түлкібас, Созақ (бөлігі),	> 5	I	$\frac{182,1}{35,9}$
б- жер асты суының келуі қарқынды және ағып кетуі баяу	Арыс (бір бөлігі), Бәйдібек (бір бөлігі), Мақтаарал (бір бөлігі), Жетісай (бір бөлігі), Ордабасы (бір бөлігі), Отырар (бөлігі), Созақ (бөлігі), Сауран (бір бөлігі), Шардара (бір бөлігі)	3-5	II	$\frac{213,6}{37,8}$
в- жер асты суының келуі мен ағып кетуі баяу, жер асты су деңгейі орналасқан жеріне байланысты бір келкі емес	Отырар (бір бөлігі), Шардара (бір бөлігі), Мақтаарал (бөлігі), Жетісай (бір бөлігі i), Арыс (бір бөлігі i), Ордабасы (бір бөлігі)	<3	III	$\frac{147,36}{26,3}$

29-кестенің 4 бағанынындағы жер санаттарының түсіндірмесі:

I-санат – топырақ жамылғысы біртекті аудандар, топырақ кешендері алаңдардың 15%-ын алады. Сортаңданған және лайланған жерлердің алаңы –5%-ын құрайды.

II-санат – әртекті топырақ түзуші жыныстары бар аудандар, топырақ кешендері алаңдардың 30%-ын алады. Сортаңданған және лайланған учаскелердің алаңы –20%-ын құрайды.

III-санат – дамуы 30 пайыздан асатын алаңдар, жайылымдар, дельталар, күріш егістігі айналымдары. Сортаңданған учаскелер – 20%-дан астамды құрайды.

Жер асты суларының тұздылық дәрежесі мен химиялық құрамының қалыптасуы бірқатар табиғи және антропогендік факторлардың өзара ықпалына байланысты жүзеге асады. Атап айтқанда, бұл үдеріс келесі негізгі факторлармен айқындалады:

- жер асты сулары қорланатын су көздерінің бастапқы химиялық құрамы;
- сүзілу аймағындағы тау жыныстарының минералогиялық құрамы мен сорбциялық қасиеттері және олардың жер асты суларымен әрекеттесу сипаты;

– жер асты суларының гидродинамикалық режимі мен су теңдестігінің жалпы сипаттамасы.

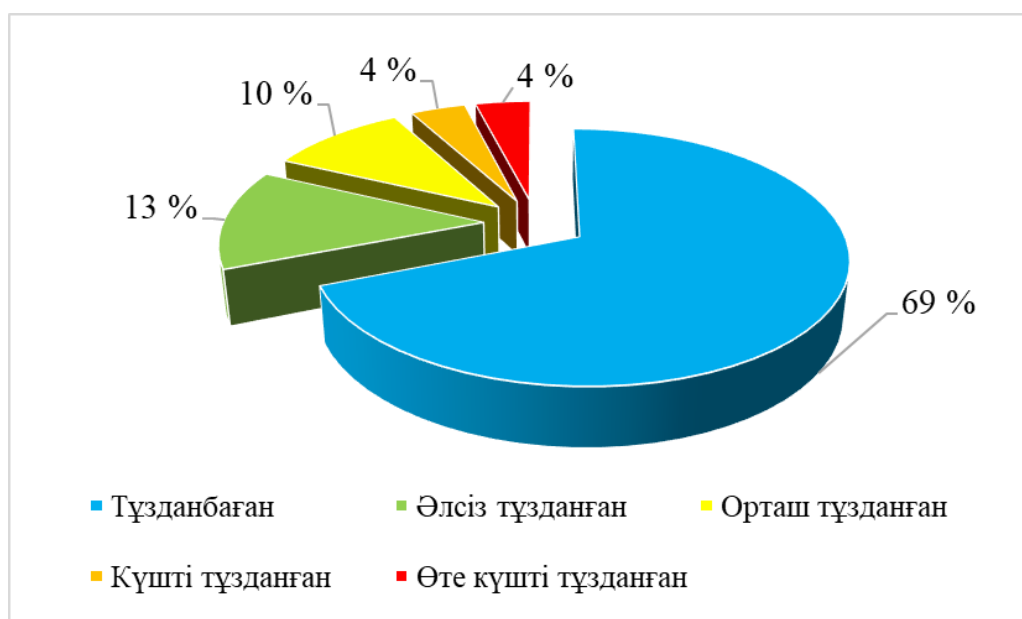
Жер асты суларының тұздылығы және химиялық құрамы мәліметтерін аудандастыру және бір жүйеге келтіру нәтижесінде, тау етегінде орналасқан аудандардағы суармалы жерлердің жер асты суларының деңгейі 3-5 м. Бұл аумақта жер асты суларының тұздылығы 1-2 г/л аспайды, ал химиялық құрамы бойынша көбіне олар гидрокарбонатты-сульфатты-кальцийден магнийліге дейін болып келеді. Еңісті-жатық жазықтарда орналасқан суармалы жерлердің жер асты суларының тұздылығы 3 г/л ден 5 г/л дейін өзгеріп отырады, кейбір жағдайларда одан да жоғары.

Су жүйелерін сапасыз жағдайда қолдану және қашыртқы жүйелерінің нашар жұмыс істеуінен жер асты суларының тұздылығының ұлғаюын байқауға болады. Бұл жағдай бұдан әрі топырақтың тұз режиміне кері әсер етуі мүмкін, өйткені тұз жиналу әрекетінің өршуі тек жер асты суларының деңгейіне ғана емес, олардың тұздылығына да тәуелді.

2022 жылғы мәліметтермен салыстырғанда жер асты суларының тұздылығы 0-1 г/л болған суармалы жер көлемі 7,06 мың га артып, 156,7 мың га құрады, ал 1-3 г/л болған жер көлемі 15,9 мың га кеміп – 340,96 мың га құрады, 3-5 г/л – 32,05 мың га құрап, 768 га кеміген және >5 г/л 1,3 мың га көбейіп, 13,3 мың га құрады. Жер асты суларының тұздылығы 5 г/л ден жоғары суармалы жерлер Жетісай (5840 га), Мақтаарал (2240 га), Отырар (3960 га) және Кентау (646 га) аудандарында орналасқан.

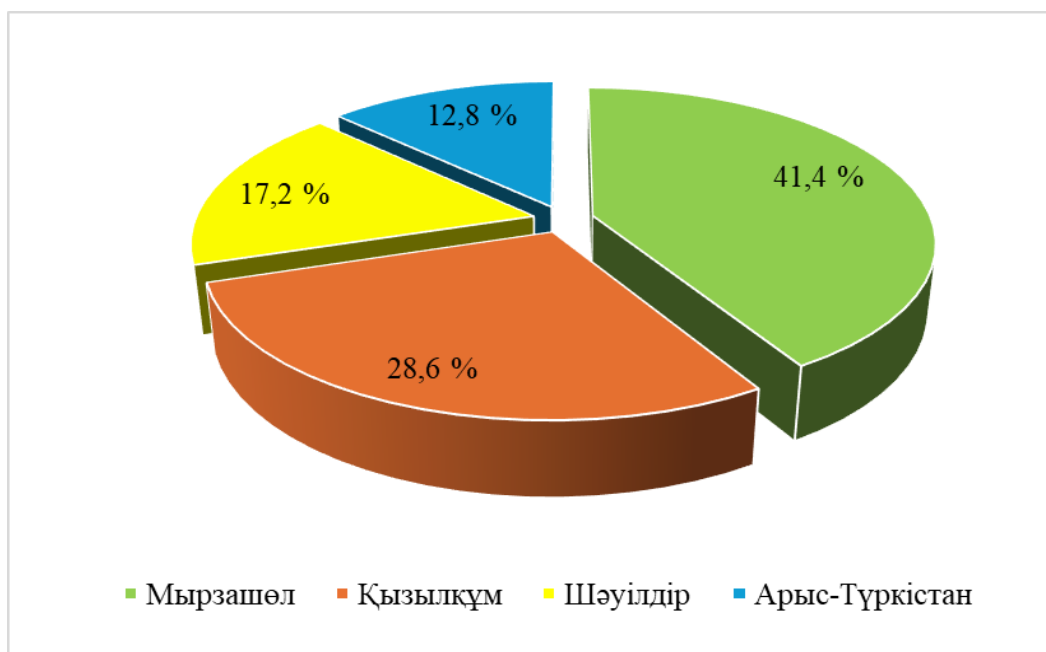
Суармалы жерлердегі топырақ жамылғысының үстіңгі қабатындағы тұздардың мөлшерінің азаюы, құрамындағы тұз мөлшері жоғары жер асты суларының жер бетіне қарай көтерілмеуімен тікелей байланысты. Жер асты суларының деңгейінің көтерілмеуінің негізгі себептері – 2023 жылы суармалы егістік алқаптарына берілген су мөлшерінің 2022 жылмен салыстырғанда төмен болуымен тікелей байланысты. 2023 жылы облыстың суармалы егістік алқаптарына алынған су көлемі 2 203,8 млн м³ құрап, 2022 жылмен салыстырғанда 178,7 млн м³ -ге азайған. Осыған байланысты суармалы сулар жер асты сулармен бірікпей, жерде терең жатқан тұздардың жер бетіне көтерілуіне мүмкіндік бермеді.

Сонымен қатар кейбір аудандарда тұзданумен күресу шараларын қарқынды жүргізе бастағанына байланысты. Негізінде, топырақтардан тұздарды алып кететін қашыртқы жүйелер қалпына келтірілді. Тұздар жер бетіне көтерілмей, осы жүйелермен кетіп жатты. Жетісай ауданында тік құбырлы құдықтар уақтысында іске қосылып жатты, су арналарын бетондау жұмыстары жүргізілді. 2023 жылғы далалық зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысының 69 % (368,9 мың га) тұзданбаған, 13 % (72,1 мың га) әлсіз тұзданған, 10 % (59,9 мың га) орташа тұзданған, 4 % (20,2 мың га) күшті тұзданған және 4 % (20,1 мың га) өте күшті тұзданған (43-сурет және 17-кесте).



43-сурет. Түркістан облысы суармалы жерлерінің тұздану дәрежесі, %

Облыстағы күшті және өте күшті тұзданған суармалы жерлердің басым бөлігі Мырзашөл (Жетісай, Мақтаарал аудандары) 16 661 га, Қызылқұм (Шардара ауданы) 11 516 га және Шәуілдір (Отырар ауданы) 6 933 га суармалы алқаптарында шоғырланған. Демек, облыстағы жалпы суармалы жерлердің күшті және өте күшті дәрежеде тұзданған жерлерінің 41,4 %-ы Мырзашөл, 28,6%-ы Қызылқұм және 17,2 % Шәуілдір суармалы алқаптарының үлесіне тиесілі (44-сурет).



44-сурет. Түркістан облысындағы күшті және өте күшті тұзданған суармалы жерлерінің ірі алқаптар бөлінісіндегі көрсеткіштері

17-кестеде Түркістан облысының әкімшіліктік аудандар бөлінісіндегі суармалы жерлерінің топырақ жамылғысының тұздану дәрежесі бойынша толығырақ көрсеткіштері берілген. Түркістан облысының аудандары мен ауылдық округтері бойынша топырақ жамылғысының тұздану дәрежесі Қосымша Д 2-кестеде толығырақ көрсетілген.

17-кесте. Түркістан облысы суармалы жерлерінің тұздану дәрежесі

№	Әкімшілік аудандар	Жер көлемі, га	Оның ішінде:				
			тұзданбаған	әлсіз тұзданған	орта тұзданған	күшті тұзданған	өте күшті тұзданған
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Арыс	28892	$\frac{19816}{69}$	$\frac{3886}{13}$	$\frac{2354}{8}$	$\frac{1140}{4}$	$\frac{1696}{6}$
2	Байдібек	15566	$\frac{15429}{100}$	0	0	0	0
3	Жетісай	83822	$\frac{34349}{41}$	$\frac{16280}{19}$	$\frac{21468}{26}$	$\frac{7061}{8}$	$\frac{4664}{6}$
4	Қазығұрт	14739	$\frac{13522}{92}$	$\frac{1217}{8}$	0	0	0
5	Келес	24691	$\frac{24691}{100}$	0	0	0	0
6	Мақтаарал	62925	$\frac{25870}{41}$	$\frac{15724}{25}$	$\frac{16395}{26}$	$\frac{3477}{6}$	$\frac{1459}{2}$
7	Ордабасы	39870	$\frac{35846}{90}$	$\frac{2927}{7}$	$\frac{750}{2}$	$\frac{327}{0,9}$	$\frac{20}{0,1}$
8	Отырар	49319	$\frac{25273}{51}$	$\frac{11168}{23}$	$\frac{5945}{12}$	$\frac{2421}{5}$	$\frac{4512}{9}$
9	Сайрам	20950	$\frac{20950}{100}$	0	0	0	0
10	Сарыағаш	27773	$\frac{25273}{91}$	$\frac{2500}{9}$	0	0	0
11	Созақ	8136	$\frac{7117}{87}$	$\frac{306}{3}$	0	$\frac{713}{10}$	0
12	Төлеби	16527	$\frac{16527}{100}$	0	0	0	0
13	Сауран	60042	$\frac{54964}{91,7}$	$\frac{3038}{5}$	$\frac{771}{1,3}$	$\frac{327}{0,5}$	$\frac{942}{1,5}$
14	Түлкібас	21804	$\frac{21804}{100}$	0	0	0	0
15	Шардара	63348	$\frac{27516}{43}$	$\frac{15089}{24}$	$\frac{9227}{14}$	$\frac{4784}{8}$	$\frac{6732}{11}$
Түркістан облысы		538267	$\frac{368947}{69}$	$\frac{72135}{13}$	$\frac{56910}{10}$	$\frac{20250}{4}$	$\frac{20025}{4}$

**Ескерту: алымында – мың га, бөлімінде – пайыз*

Тұзданбаған жерлердің басым бөлігі, облыстың барлық суармалы аумағын топырақты-мелиоративтік аудандастыру кезінде, топырақ түзілуіне әсер етпейтін жер асты суларының табиғи шығуымен қамтамасыз етілетін, тау етегіндегі мелиоративтік бөлікке кіреді. Мұнда топырақтар тұрақты автоморфты мелиоративтік тәртіпте дамиды, минералданған жер асты сулары 5-10 метрден астам тереңдікте орналасқандықтан, топырақ түзілу үрдістеріне әсерін тигізбейді, осыған байланысты жерлер тұздануға бейім емес.

Тұзданған жерлер, рельеф бойынша облыс аумағындағы жазық бөлігінде орналасқан (тау бөктеріндегі жазықтардың шеттері, ірі өзендерінің бойындағы алқаптары). Жалпы облыс бойынша әлсіз тұзданған 72135 гектар ішінде 91%, орта тұзданған 57480 гектар ішінде 78%, күшті тұзданған 20335 гектарының ішінде 27% және өте күшті тұзданған 20704 гектарының ішінде 28% көрсеткіштері Мақтаарал, Жетісай, Отырар және Шардара әкімшілік аудандарының суармалы жерлерінде орын алған.

Ауылдық округтер бойынша суармалы жерлерінің тұздану дәрежесінің құрылымы, Қосымша Д-да келтірілген. Осы мәліметтер бойынша тұзданған жерлердің ең жоғары көлемі Отырар, Мақтаарал, Жетісай және Шардара аудандарында белгіленген. Мысалы, Отырар ауданында Маякұм ауыл округінде суармалы жерлердің 53% пайызы тұздану бойынша, яғни орташа, күшті және өте күшті тұзданған. Сонымен қатар, Қарғалы ауыл округінің суармалы жерлерінің 48% мелиоративті-қолайсыз болып келеді.

Қызылқұм және Мырзашөл суармалы алқаптарының басқа ауылдық округтеріндегі топырақ жамылғысының тұздану көрсеткіштері Қосымша Е толығырақ көрсетілген.

3.3 Суармалы жерлердегі деградациялық үрдістердің өзгеру динамикасына талдау және картографиялау

Л.И. Прасоловтың пікірінше [157-159], Мырзашөл аймағы (Голодная степь) аймағындағы суармалы жерлердің тарихы оның топырақтарының екінші рет тұздануымен күрес тарихы болып табылады. 1908 жылдан бастап 40 жылдық суарудан кейін, тұзданбаған топырақтардың ауданы бес есеге азайып, тұзданған топырақтар мен сорлардың ауданы 25%-дан 56%-ға дейін өсті. Бұл үрдістер топырақтың құнарлылығының төмендеуіне, бағалы жер қорларының азаюына, дақылдардың өнімділігінің төмендеуіне әкелді.

Мырзашөл аймағында жерлерді игеру, су-милиорациялық шараларды жүргізу және агротехникалық шараларды жүзеге асыру нәтижесінде И. Умбетов пен Ж.Я. Баткаевтың еңбектеріне сәйкес төрт кезең бөлінеді [159]:

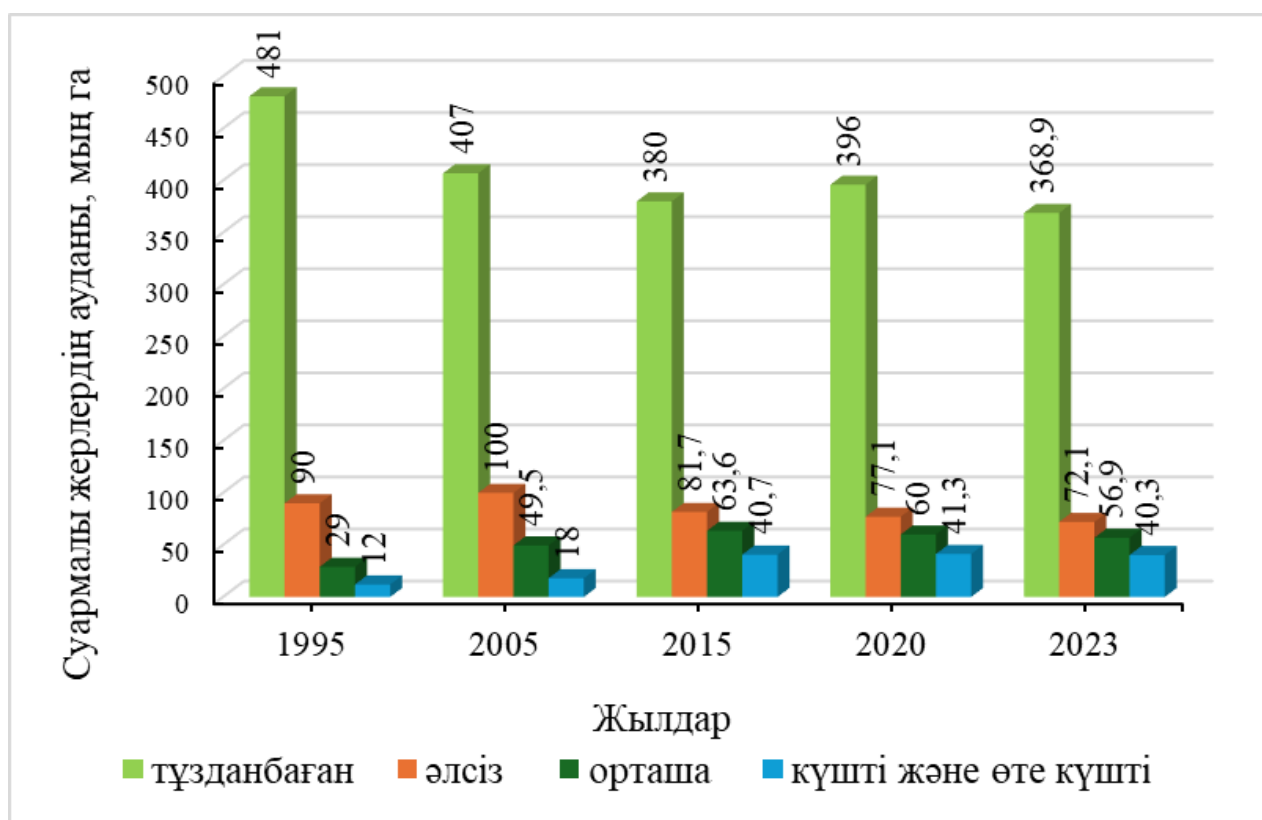
I кезең (1928–1950 жылдар): Жаңа жерлерді игерудің басталуы. Бұл кезеңде су-жер ресурстары шектеусіз болды. Минералданған жер асты сулары тереңде (12–15 м) жатты, топырақтарда автоморфты үрдістер байқалды. Суару нормасы 1,5–2,0 есе артық болды, мақта үшін суару нормасы 12–20 мың м³/га жетті. Нәтижесінде, 1950 жылдары жер асты сулары топырақ бетіне 3–4 м жақындады.

II кезең (1950–1970 жылдар): Жерлерді игерудің жоғары қарқыны. Жаңа жерлерді игеру қажетті коллектор-дренаж жүйелерін салусыз жүзеге асырылды. 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.

III кезең (1968–1992 жылдар): Коллектор-дренаж жүйелерін дамыту, тұзданумен күрес шаралары. 1975–1980 жылдары үш аймақта 884 вертикальды дренаж ұңғымасы салынды. Жер асты суларының деңгейі жыл мезгіліне байланысты 1,5 м-ден 3,5 м-ге дейін реттелді. Промывка режимі тұздардың шығарылуын 9,7–14,5 т/га-дан 20–25 т/га-ға дейін арттырды. 1979–1980 жылдары жерлердің 80–85% тұзданбаған және әлсіз тұзданған категорияларға өтті. 1976–1980 жылдары мақта өнімділігі 32–35 ц/га-ға дейін артты.

IV кезең (1991 жылдан қазіргі уақытқа дейін): Ұжымшарлар мен кеңшарлардың ұсақ шаруа қожалықтары мен кооперативтерге айналуы. Көптеген фермерлер агротехникалық шараларды дұрыс орындамады, соның нәтижесінде топырақтың тұздануы мен құнарлылығының төмендеуі байқалды. Мақта дақылы монокультураға айналды, севообороттар сақталмады. 1991–1993 жылдары вертикальды дренаж ұңғымаларының пайдалану коэффициенті 0,12–0,40-қа дейін төмендеді, ал 1995–1996 жылдары олар іс жүзінде жұмыс істемеді. Суару көлемі 34–52%-ға, вегетациялық кезеңдегі су беру 35–65%-ға дейін азайды, бұл жерлердің тұздануына ықпал етті. Қазіргі уақытта топырақтың деградациясы мен экологиялық жағдайдың нашарлауы жалғасуда [159].

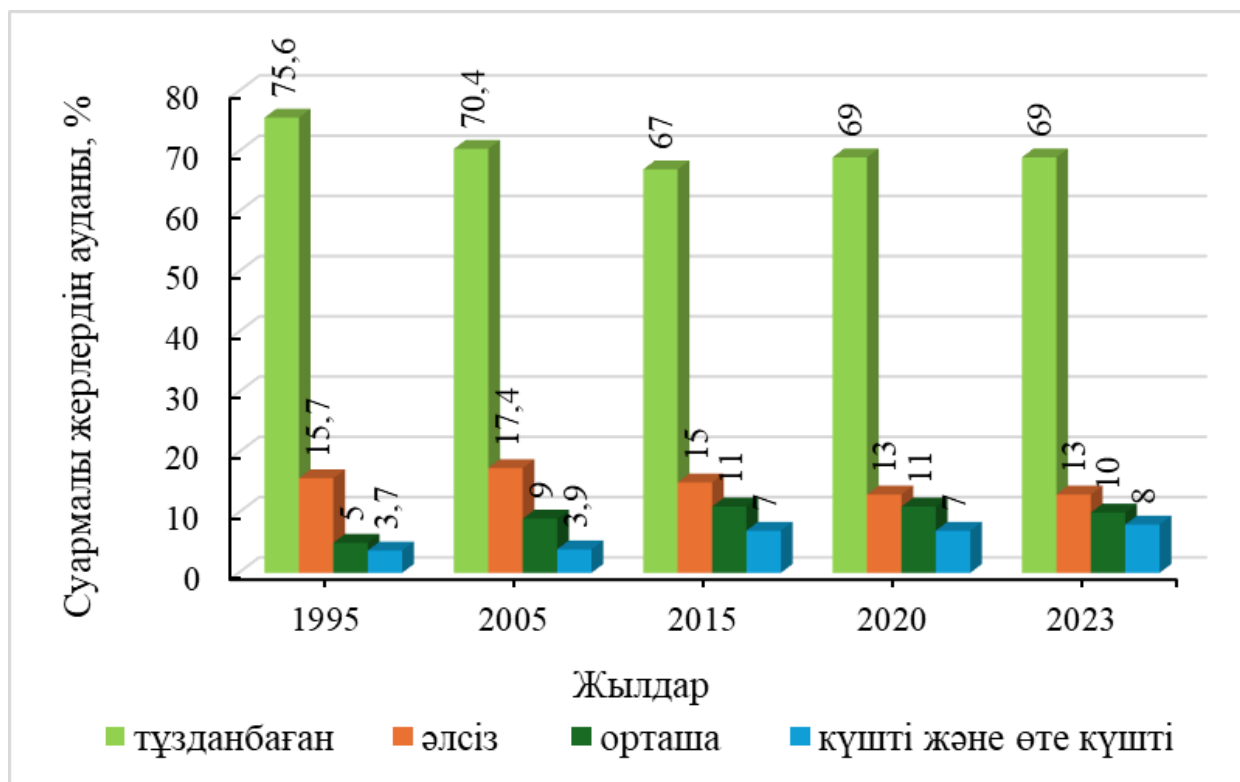
1990 жылдардың ортасынан қазірге дейін облыстағы суармалы жерлердің сапалық көрсеткіштерінде айтарлықтай өзгерістер орын алды. 1995 жылдан 2023 жылға қарай тұзданбаған жерлердің ауданы 481 мың га 368,9 мың га дейін азайған (45-сурет).



45-сурет. 1995-2023 жж облыстағы суармалы жерлердің тұздану дәрежесі бойынша динамикасы, мың га

Демек, 1995-2023 жылдар аралығында облыстағы мүлдем тұзданбаған суармалы жерлердің ауданы 23,3 %-ға азайған. Керісінше, орташа тұзданған, күшті және өте күшті дәрежеде тұзданған суармалы жерлердің ауданы 1995-2023 жж аралығында айтарлықтай ұлғайған. Орташа тұзданған дәрежедегі суармалы жерлердің ауданы 1995 жылы 29 мың га құраса, 2023 жылы дерлік екі есеге ұлғайып 56,9 мың га құраған. Сәйкесінше, күшті және өте күшті дәрежедегі тұзданған суармалы жерлердің ауданы 1995-2023 жж аралығында 12 мың га 40,3 мың га, яғни 3,5 есеге арқан. Бұл дегеніміз, 1995-2023 жж аралығында аумақтағы орташа дәрежеде тұзданған суармалы жерлердің ауданы 96,2%-ға, ал күшті және өте күшті дәрежедегі тұзданған суармалы жерлердің ауданы 235,8% -ға көбейген [159-161].

Қазіргі таңда облыстағы жалпы суармалы жерлердің 1/3 бөлігіне әр түрлі деңгейде тұздану үрдістері әсер еткен. 2023 жылғы жағдай бойынша суармалы жерлердің тұздану дәрежесі бойынша көрсеткіштері келесідей: 69%-ы тұзданбаған, 13%-ы әлсіз тұзданған, 10%-ы орташа тұзданған, 8%-ы күшті және өте күшті тұзданған (46-сурет).

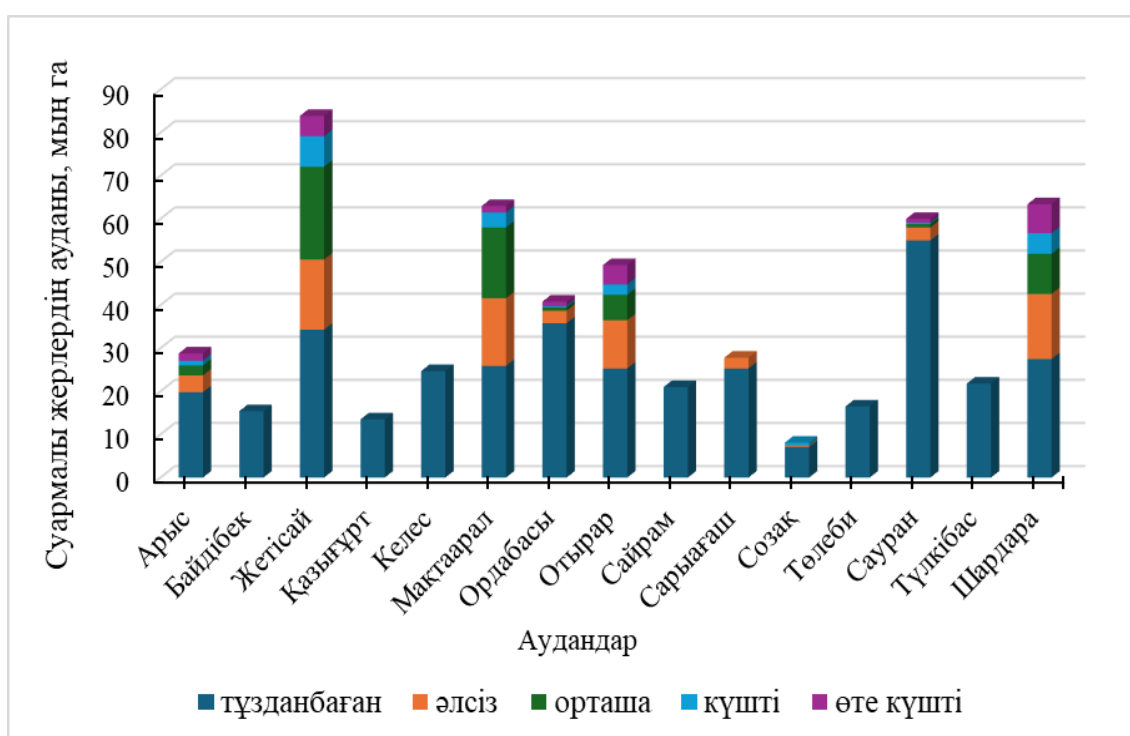


46-сурет. 1995-2023 жж облыстағы суармалы жерлердің тұздану дәрежесі бойынша динамикасы, %

Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі кездесетін деградациялық үрдістердің негізгі түрі – тұздану. Облыстың жер бедерінің ерекшеліктеріне, агроклиматтық жағдайы және топырақ түзілуінің әр алуан болып келуіне байланысты облыстың суармалы жерлеріндегі тұздану үрдістерінің кеңістіктік таралуы әркелкі. Тұзданбаған жерлердің басым бөлігі, облыстың барлық

суармалы аумағын топырақты-мелиоративтік аудандастыру кезінде, топырақ түзілуіне әсер етпейтін жер асты суларының табиғи шығуымен қамтамасыз етілетін, тау етегіндегі мелиоративтік бөлікке кіреді. Мұнда топырақтар тұрақты автоморфты мелиоративтік тәртіпте дамиды, минералданған жер асты сулары 5-10 метрден астам тереңдікте орналасқандықтан, топырақ түзілу үрдістеріне әсерін тигізбейді, осыған байланысты жерлер тұздануға бейім емес.

Тұзданған жерлер, рельеф бойынша облыс аумағындағы жазық бөлігінде орналасқан (тау бөктеріндегі жазықтардың шеттері, ірі өзендерінің бойындағы алқаптары). Жалпы облыс бойынша әлсіз тұзданған 72135 гектар ішінде 91%, орта тұзданған 57480 гектар ішінде 78%, күшті тұзданған 20335 гектарының ішінде 27% және өте күшті тұзданған 20704 гектарының ішінде 28% көрсеткіштері Мақтаарал, Жетісай, Отырар және Шардара әкімшілік аудандарының суармалы жерлерінде орын алған (47-сурет).



47-сурет. Түркістан облысының аудандар бөлінісіндегі суармалы жерлерінің тұздану дәрежесі (2023 ж)

Облыстағы күшті және өте күшті тұзданған суармалы жерлердің басым бөлігі Мырзашөл (Жетісай, Мақтаарал аудандары) 16 661 га, Қызылқұм (Шардара ауданы) 11 516 га және Шәуілдір (Отырар ауданы) 6 933 га суармалы алқаптарында шоғырланған. Демек, облыстағы жалпы суармалы жерлердің күшті және өте күшті дәрежеде тұзданған жерлерінің 41,4 %-ы Мырзашөл, 28,6%-ы Қызылқұм және 17,2 % Шәуілдір суармалы алқаптарының үлесіне тиесілі.

Жоғарыда атап өткеніміздей, облыстағы негізгі тұзданған суармалы жерлердің басым бөлігі Мырзашөл (Жетісай мен Мақтаарал аудандары) және

Қызылқұм (Шардара ауданы) суармалы алқаптарында шоғырланған. Аталған суармалы алқаптардағы топырақ жамылғысының тұздануына әсер ететін негізгі фактор - жер асты суының шектен тыс (0-2 м дейін) көтерілуі. 2022 жылы Мырзашөл суармалы алқабындағы егістік жерлерінің (14 249 га) 9,7 % -да жер асты суының деңгейі 2 м дейін көтеріліп кеткен. 1994 жылы бұл көрсеткіш (7 897 га) 6,2% ғана құраған.

Аумақтағы жер асты суының деңгейі 2 м дейін немесе шектен тыс жоғары деңгейге көтерілуі 2016 және 2020 жылдары байқалған. 2016 жылы аумақтағы 40 726 га (28 %) суармалы жердің жер асты суының деңгейі 2 м дейін немесе шектен тыс жоғары деңгейге көтерілсе, 2020 жылы бұл көрсеткіш 41 777 (26,5 %) га жеткен (18-кесте).

18-кесте. Мырзашөл суармалы алқабындағы жер асты суының деңгейі [159-161]

Жылдар	Жалпы ауданы (га)	Жер асты суының деңгейі, м				
		0-1	1-2	2-3	3-5	> 5
1994	125715	105	7792	72084	43441	2293
		0.1	6.2	57.3	34.6	1.8
2002	136842	378	22073	62584	49563	2244
		0.3	16.1	45.7	36.2	1.6
2014	147122	2591	32288	62461	48528	1254
		1.8	21.9	42.5	33.0	0.8
2016	147102	2653	38073	61363	42925	2088
		2.0	26.0	42.0	29.0	1.0
2018	147102	2964	34066	63203	44283	2586
		2.0	23.2	43.0	30.0	1.8
2020	146492	3622	38155	60800	39933	3982
		2.5	26.0	41.5	27.3	2.7
2021	147102	432	19261	67572	52931	6906
		0.3	13.0	46.0	36.0	4.7
2022	146314	728	13521	67666	60192	4207
		0.5	9.2	46.3	41.1	2.9

Бұл суармалы аймақтардағы жер ресурстарын тиімді әрі тұрақты пайдалану үшін, жер асты суының деңгейін және олардың химиялық құрамын үнемі бақылап отыру қажет. Өңірдегі бұл жұмысты ҚР АШМ «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ атқарады. Аталған мекеменің мамандарымен бірлесе отырып, көп жылдық (2014-2022 жж) далалық бақылау жұмыстарының нәтижелерін талдай отырып, Түркістан облысындағы Жетісай және Мақтаарал аудандары орналасқан Мырзашөл және Шардара ауданының аумағындағы Қызылқұм суармалы алқаптарының ірі масштабтағы (1:100 000) жер асты суларының деңгейі, жер асты суларының химиялық құрамы және суармалы алқаптардағы топырақтардың тұздану карталары әзірленді [159-161] (48-53 суреттер).

Мырзашөл және Қызылқұм суармалы алқаптарының жер асты суының деңгейі және жер асты суларының химиялық құрамы аумақтағы жер асты суының деңгейін үнемі бақылап отыратын бақылау құдықтарының деректері негізінде жасалынды. 2023 жылғы жағдай бойынша Мырзашөл суармалы алқабында мұндай құдықтардың саны 655 болса, оның 527 іске жарамды, ал Қызылқұм алқабы бойынша 128 болса, оның 126 іске жарамды болып табылады.

Аталған карталарды әзірлеу үшін Мырзашөл суармалы алқабында 2015-2023 жж аралығында жер асты суының деңгейін бақылау үшін 88 730 рет өлшем жасалынды. Оның 24 947-і суару кезеңі алдында, 39 609-ы суару кезінде, 24 088 суару кезеңінен кейін алдынды (19-кесте).

19-кесте. 2015-2023 жж Мырзашөл суармалы алқабында орындалған жер асты суының деңгейін өлшеу және химиялық талдаулар үшін су сынамаларының көлемі [159-161]

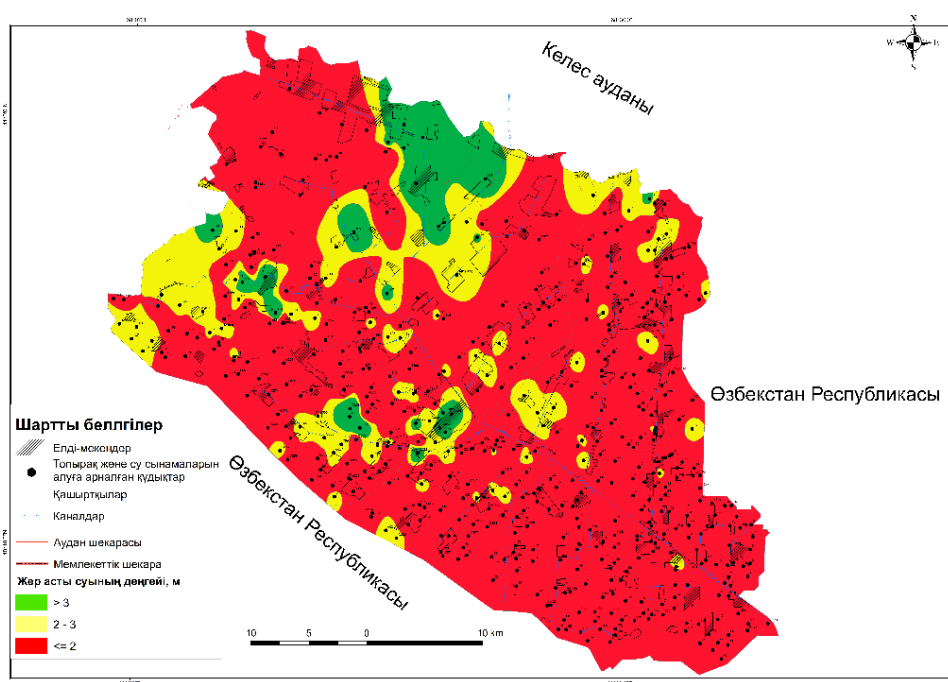
№	Мырзашөл суармалы алқабы	Жер асты суының деңгейін бақылау				Су сынамаларын алу (нақты)				
		жалпы саны	оның ішінде			жалпы саны	оның ішінде			
			суару кезеңі алдында	суару кезінде	суару кезеңінен кейін		жер асты суы	ағын су	қашыртқы суы	тік қашыртқы суы
1	2015	12022	3563	5473	2956	1112	960	56	96	-
2	2016	12022	3561	5475	2956	1300	975	68	33	224
3	2017	12022	3560	5476	2960	1357	1053	69	39	200
4	2018	7440	2232	3422	1786	1449	1055	68	45	281
5	2019	7440	2232	3422	1786	1497	1115	73	42	267
6	2020	7440	2232	3422	1786	1729	1316	76	42	295
7	2021	10632	3350	3919	3363	2861	2653	64	44	100
8	2022	10632	2267	4896	3469	1603	1476	70	44	13
9	2023	9080	1950	4104	3026	1625	1500	71	42	12
Барлығы		88730	24947	39609	24088	14533	12103	615	427	1392

Сонымен қатар, алқаптағы суармалы жерлердің суаруға арналған суларынан, қашыртқыларындағы сулардан және жер асты суының химиялық құрамын талдау мақсатында 2015-2023 жж аралығында Мырзашөл суармалы алқабында жалпы 14 533 су сынамалары алынды. Оның 12 103-і жер асты суларынан, 615-і ағын сулардан, 427 қашыртқы сулардан және 1392-і тік қашыртқы сулардан алынды. Тура осы сияқты Қызылқұм суармалы алқабында, 2015-2023 жж аралығында жер асты суының деңгейін бақылау үшін 26 420 рет өлшем жасалынды. Оның 7 335-і суару кезеңі алдында, 12 388-і суару кезінде, 6 697 суару кезеңінен кейін алдынды (20-кесте).

20-кесте. 2015-2023 жж Қызылқұм суармалы алқабында орындалған жер асты суының деңгейін өлшеу және химиялық талдаулар үшін су сынамаларының көлемі

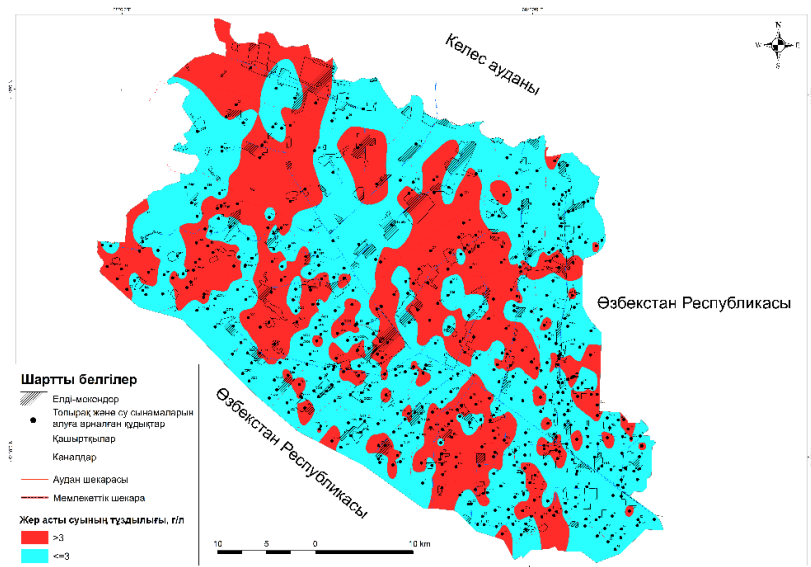
№	Қызылқұм суармалы алқабы	Жер асты суының деңгейін бақылау				Су сынамаларын алу (нақты)				
		жалпы саны	оның ішінде			жалпы саны	оның ішінде			
			суару кезеңі алдында	суару кезінде	суару кезеңінен кейін		жер асты суы	ағын су	қашыртқы суы	тік қашыртқы суы
1	2015	3900	1163	1778	959	313	262	-	51	-
2	2016	3900	1165	1776	959	285	229	25	31	-
3	2017	3900	1165	1776	959	374	315	18	41	-
4	2018	2416	725	1111	580	347	290	17	40	-
5	2019	2416	725	1111	580	363	306	16	41	-
6	2020	2416	725	1111	580	364	306	17	41	-
7	2021	2416	725	1111	580	392	347	15	30	-
8	2022	2416	382	1414	620	421	360	21	40	-
9	2023	2640	560	1200	880	428	362	22	44	-
Барлығы		26420	7335	12388	6697	3287	2777	151	359	-

Жер асты суының және кәрізді - қашыртқы жүйелеріндегі судан алынған сынамалар ҚР АШМ «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ-нің акредитацияланған лабораториясында талданып, тұздылық деңгейі анықталды.



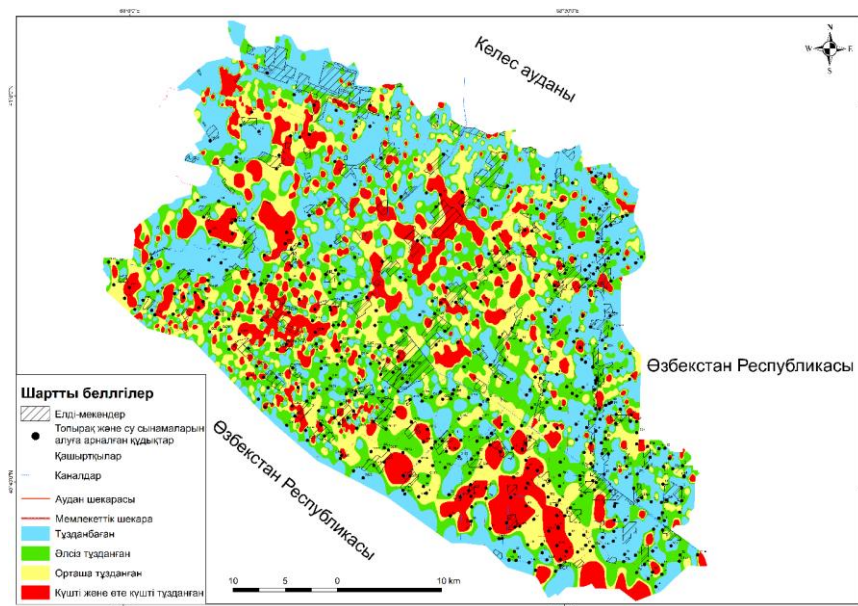
48-сурет. Мырзашөл суармалы алқабының жер асты суларының деңгейі, м.

48-суреттен көріп отырғанымыздай, қазіргі таңда Мырзашөл суармалы алқабындағы жер асты суының деңгейі шектен тыс жоғары (0-2 м) жерлердің ауданы 13 154 га немесе суармалы алқаптың 9 % құрап, егістік егуге кері әсерін тигізуде. Сонымен қатар, 8 080 га жер асты суының тұздылығы өте жоғары (5-10г/л) болып табылады. Бұл жалпы суармалы алқаптың 5,5 % құрайды (49-сурет).

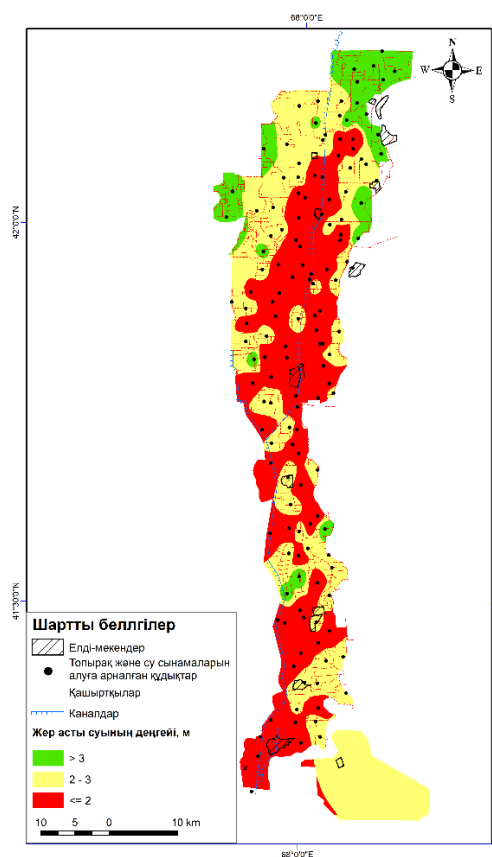


49-сурет. Мырзашөл суармалы алқабының жер асты суларының тұздануы, м.

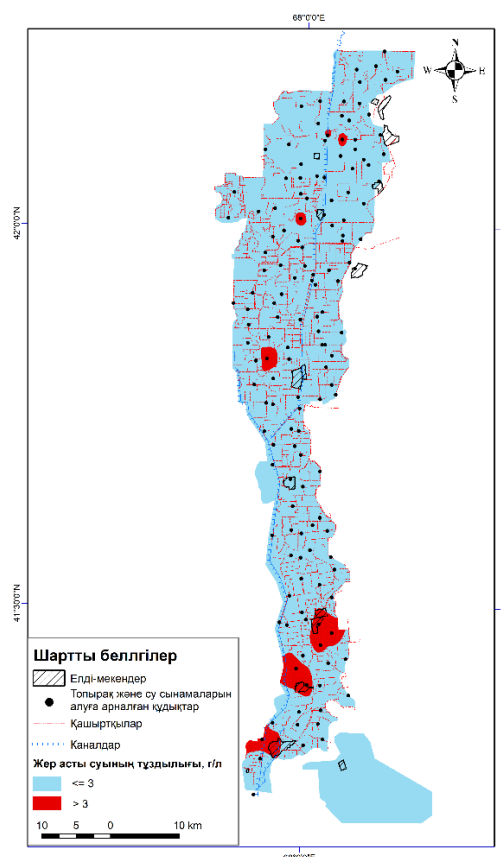
Суармалы алқаптағы жер асты суының деңгейі және жер асты суының тұздылығын сынамаларды зертханада талдай отырып, оған қосымша суармалы жерлердегі топырақ үлгілерін алу және зертхана жағдайында талдау нәтижесінде тұздану дәрежесі карталары әзірленді (50-сурет).



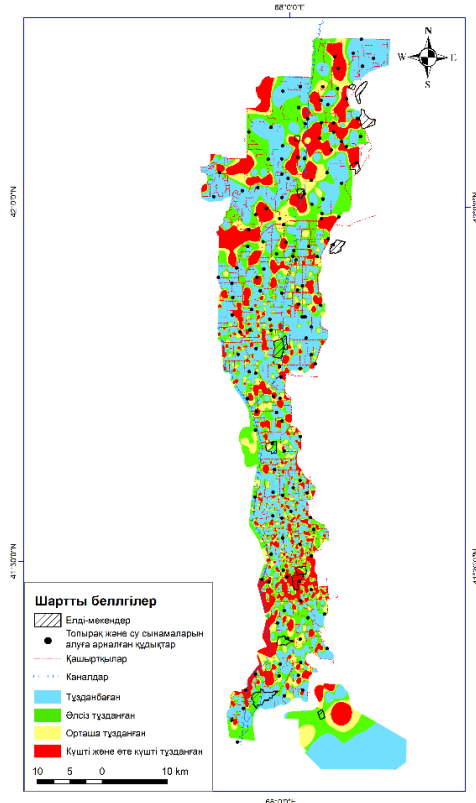
50-сурет. Мырзашөл суармалы алқабының топырақ жамылғысының тұздану дәрежесінің картасы, м.



51-сурет. Қызылқұм суармалы алқабының жер асты суларының тұздануы, м.



52-сурет. Қызылқұм суармалы алқабының жер асты суларының тұздануы, г/л.



53-сурет. Қызылқұм суармалы алқабының топырақ жамылғысының тұздану дәрежесінің картасы, м.

Дәстүрлі далалық зерттеу жұмыстары суармалы жерлердегі тұздану үрдістерін зерттеуде аса маңызды әдіс болып табылады. Далалық зерттеу кезінде топырақтың тұз концентрациясы, химиялық құрамы, ылғалдылығы нақты зерттеледі. Өртүрлі агроэкологиялық жағдайлар есепке алынып, жергілікті жағдайларға бейімделеді, әрі лабораториялық талдаулар арқылы тұз түрлері мен құрамын нақты анықтауға болады. Алайда, уақыт пен аса жоғары еңбек шығынын талап етеді, яғни үлкен аумақты зерттеу ұзаққа созылады. Топырақ үлгілерін жинау, тасымалдай және зертханада талдау айтарлықтай шығынды талап етеді. Сонымен қатар, далалық зерттеулер кеңістіктік шектеулерге тәуелді, атап айтқанда зерттеу тек үлгі алынған нүктелерге ғана қатысты болады.

Осыған байланысты қазіргі заманауи Жерді қашықтан зондтау деректері мен әдістерін пайдалану үлкен аумақтарыды (облыс, аудан деңгейінде) бір уақытта зерттеуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, ЖҚЗ деректері экономикалық жағынан тиімді болып келеді, атап айтқанда кең ауқымды зерттеулерге далалық жұмыстарға қарағанда арзан. Осы аталған мәселелерді ескере отырып, Landsat чериялы спутнигінің деректерін пайдалану арқылы суармалы жерлердегі бірне өсімдік (NDVI, EVI), топырақ (SAVI, MSAVI) және тұздылық (NDSI, SI1, SI2, SI3... SI7) индекстері есептелінді.

ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелер далалық зерттеу жұмыстарының нәтижелерімен интеграцияланды.

Қорыта келгенде, көпжылдық өзекті және мұрағаттық ЖҚЗ деректері негізінде жүргізілген зерттеу нәтижелері облыстағы жоғары дәрежедегі (күшті және өте күшті) тұзданған суармалы жерлердің басым көпшілігі Мырзашөл (41,4%) және Қызылқұм (28,6 %) суармалы алқаптарында шоғырланғандығын көрсетті. Облыстағы күшті және өте күшті тұзданған жерлердің жалпы ауданы 1995-2023 жж аралығында 3,7 %-дан 8 % артқандығы және мұның басты себебі суармалы алқаптардағы жер асты суының шектен тыс (2 м дейін) көтерілуі мен жер асты суларының жоғары деңгейде тұздануымен байланысты екендігі анықталды.

4 ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ ДЕГРАДАЦИЯҒА ҰШЫРАУЫНЫҢ АЛДЫН АЛУ ЖӘНЕ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ БОЙЫНША ҰСЫНЫСТАР МЕН ІС-ШАРАЛАР

4.1 Суармалы жерлер деградациясынан келетін экономикалық шығынды бағалау

Деградацияға ұшырамаған тұрақты ресурстары өзінің табиғи функцияларын тиімді орындай отырып, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету, өмір сүру жағдайларын жақсарту және тұрақты дамуға қол жеткізу үшін аса маңызды. Соған қарамастан, жердің атқаратын маңызды қызметтері көбіне тиісті деңгейде бағаланбайды және олардың шынайы (нарықтық құнынан тыс) құндылығы назардан тыс қалып келеді. Мұның басты себебі – деградацияға ұшыраған жер ресурстарының жалпы экономикалық құнын кешенді түрде бағалауға арналған зерттеулердің жеткіліксіз болуы [162-164].

Қазіргі таңда жер ресурстарының деградациясының экономикалық салдарын бағалауға және жерді тұрақты басқару шешімдерін экономикалық тұрғыда негіздеуге бағытталған халықаралық бастамасының (ELD) деректері бойынша жер деградациясының шығындары ауыл шаруашылығы өнімділігінің шамамен 3–7 %-ын (кейбір жағдайларда 10 %-ға дейін) құрайды, ал қалпына келтіру шараларының құны деградация салдарынан туындайтын шығындардан бірнеше есе төмен [164]. Ал, Croitoru мен Sarraf [165] зерттеулеріндегі деректерге сүйенсек, дамушы елдердегі экологиялық деградацияның жалпы ішкі өнімге (ЖІӨ) шаққандағы шығыны 4–8 %, Солтүстік Африка мен Батыс Азиядағы құрғақ аймақтарда – 2–7 %, ал жаһандық деңгейде – 3,3–7,5 % аралығында бағаланады.

Дүние жүзінің әртүрлі аймақтарында жер деградациясынан туындайтын экономикалық шығындарды бағалауға бағытталған әртүрлі деңгейдегі аймақтық және жергілікті масштабтағы ғылыми зерттеу жұмыстар өте көп. Атап, айтқанда, Qadir және бірлескен авторлар [166], өздерінің шолу мақаласында суармалы жерлердердегі тұзданудан келген экономикалық шығындарды анықтауды жан-жақты талдаған. Jai Singh және Pal Singh [167], Үндістанның солтүстік батысында орналасқан Харьяна штатындағы 248 шаруашылыққа (тұзданған және тұзданбаған) Кобб-Дуглас өндірістік функциясы қолдана отырып, суармалы жердердегі тұзданудан келген шығындары анықтаған.

Oliver мен Kirui [168] Танзанияның 51 % және Малавидің 41 % территориясына (2001-2009 жж) әртүрлі факторларды (құрғақшылық, эрозия, өнімділіктің төмендеуі) ескере отырып, Net Present Value (NPV), яғни таза ағымдағы құн әдісін пайдалана отырып деградациялық үрдістерден келген экономикалық шығындары анықтаған. А. Сорокин және бірлескен авторлықта [169] Ресей аумағында әртүрлі аймақтық масштабта (федеральді, аймақ және аудан) әркет ету/әрекетсіздік баға модельін пайдалана отырып, деградациядан келетін шығындарды анықтаған. Осы әдісті пайдалану арқылы Deng пен Li [170]

Қытай аумағындағы әртүрлі санаттағы (ормандар, жайылымдар және егістіктер) жер ресурстарының деградацияға ұшырауынан келетін экономикалық шығындарды есептеген.

Қазіргі таңда жер деградациясынан туындайтын экономикалық шығындарды бағалауда Й. фон Браун [171] мен Nkonya [172] ұсынған әдістеме кеңінен қолданылады. Бұл әдіс ауыл шаруашылығы өндірісінің экономикалық көрсеткіштерін жер ресурстарын тұрақты басқару жағдайында және дәстүрлі (қалыптасқан) жер пайдалану үлгісінде салыстыруға негізделеді. Бұл тәсіл «*әрекет ету / әрекетсіздік*» қағидатына негізделген бағалау әдістемесі ретінде белгілі [173]. Аталған әдістемені қолдану барысында есептеулердің екі негізгі нұсқасы кеңінен пайдаланылады. Бірінші нұсқа - салыстырмалы түрде қарапайым тәсіл, онда жер пайдаланудың бір түрінен екіншісіне көшу арқылы алынатын экономикалық тиімділік есептеледі. Екінші нұсқа - жер пайдалану жүйесінде құрылымдық өзгерістер енгізуді қарастырмай, ағымдағы жағдай аясында деградацияға қарсы шаралардың тиімділігін бағалауға бағытталған.

Қарапайымдалған әдістеменің мәні – жер пайдалану түрінің немесе өсімдіктер жамылғысының өзгеруі жағдайында жер құнының өзгерісін бағалауға негізделеді. Мысалы, орман алқаптарының ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлермен немесе көпжылдық екпелердің жайылымдармен ауыстырылуы жағдайында.

Қарапайымдалған бағалау әдістемесі жер пайдалану түрінің немесе өсімдік жамылғысының өзгеруіне байланысты жер құнының ауытқуын есептеуге негізделеді. Бұл тәсілде, мысалы, орман экожүйелерін ауыл шаруашылығы алқаптарымен немесе көпжылдық дақылдарды жайылымдармен алмастыру жағдайлары қарастырылады. Әдістеменің негізгі мақсаты экожүйенің бастапқы, яғни өнімділігі жоғары табиғи күйін қалпына келтіруге бағытталған әрекеттің құнын, оны қалпына келтіру бойынша ешбір шара қолданбай, жыл сайын өнімділіктің біртіндеп төмендеуіне жол берілетін сценариймен салыстыру.

Жер құнының төмендеуі деградацияның экономикалық көрсеткіші ретінде қарастырылады. Бұл деградациялық шығындар келесі формула арқылы есептеледі:

$$C_{LUCC} = \sum_i^K (\Delta a_1 \times p_1 - \Delta a_1 \times p_2)^i \quad (21)$$

мұндағы: C_{LUCC} – өсімдік жамылғысы түрінің өзгеруіне байланысты жер деградациясының құны, яғни барлық деградация салдарынан туындаған шығын

a_1 – ландшафт 1 аумағы, ол ландшафт 2-мен ауыстырылады, мысалы: орман → егістік болған гектар саны;

P_1 – бұрынғы жер типінің бірлікке шаққандағы құны (теңге/га), мысалы, орманның экожүйелік құны;

P_2 – қазіргі/өзгерген жер типінің құны (теңге/га), яғни деградацияланған жердің құны;

K – жер типтері немесе санаттар саны, яғни орман, жайылым, егістік, т.б.

Ал әрекетсіздік құны жыл сайынғы деградация салдарынан туындайтын экономикалық шығындардың жиынтығы ретінде қарастырылады:

$$CL_i = \sum_{t=1}^T C_{LUCC} \quad (22)$$

мұндағы:

CL_i – i өсімдік жамылғысы түрі жағдайындағы әрекетсіздіктің (шара қолданбаудың) құны. Бұл дегеніміз жер деградациясы нәтижесінде уақыт аралығында (мысалы, 2001–2030) жиналған жалпы экономикалық шығын.

t – жыл немесе уақыт кезеңі;

T – Уақыттық шекара (жобаның немесе зерттеудің соңғы жылы);

C_{LUCC} – әр жылы жер жамылғысының өзгерісінен (LUCC) туындайтын шығын.

Өсімдік жамылғысы түрінің өзгеруіне қарсы бағытталған әрекет құны келесі формула бойынша есептеледі:

$$CTA_i = A_i \frac{1}{\rho^t} \{z_i + \sum_{t=1}^T (x_i + p_j x_j)\} \quad (23)$$

мұндағы: • CTA_i – i түріндегі жоғары құнды өсімдік жамылғысын қалпына келтіру құны;

A_i – i түріндегі жоғары құнды өсімдік жамылғысының ауданы ($\text{га}/\text{км}^2$), ол j түріндегі төмен құнды өсімдік жамылғысымен алмастырылған;

ρ_t – жер пайдаланушының дисконттау коэффициенті (дисконттау коэффициенті – ақша құнының уақыт бойынша өзгеруін сипаттайтын шама: мысалы, банктік несиенің пайыздық мөлшерлемесі немесе өз қаражатын пайдаланған жағдайда депозит бойынша жоғалған табыс);

z_i – i өсімдік жамылғысын қалпына келтірудің бір гектарға шаққандағы құны;

x_i – i өсімдік жамылғысын толық жетілгенге дейін күтіп-баптауға кететін шығындар сомасы;

x_j – j түріндегі төмен құнды өсімдік жамылғысының гектарлық өнімділігі;

p_j – j өсімдік жамылғысының өнім бірлігіне (мысалы, тоннасына) шаққандағы нарықтық құны;

t – уақыт, жылмен есептеледі;

T – жер деградациясы мәселесіне қатысты шешім қабылдау үшін қолданылатын жоспарлау көкжиегі (жоспарлау кезеңінің ұзақтығы).

$p_j \cdot x_j$ – төмен құнды өсімдік жамылғысының бір гектардан түсетін табысының ақшалай көрінісі болып табылады.

Өсімдік жамылғысы мен жер пайдалану түрінің өзгерісі қарастырылмайтын әдістеменің балама нұсқасы да ғылыми тұрғыдан елеулі қызығушылық тудырады. Бұл тәсілде жер деградациясына қарсы жүргізілетін шаралардың әлеуметтік құны мен пайдасы, әрекетсіздікпен салыстыра отырып,

бағаланады. Бағалау критерийі ретінде жерді пайдалану бойынша шешімдер қабылданатын жоспарлау көкжиегі (Т) аясында, уақыттың нақты бір кезеңінде (t) орындалатын әрекеттердің таза ағымдағы құны (Net Present Value – NPV) алынады:

$$\pi_t^c = \frac{1}{\rho^t} \sum_{t=0}^T (PY_t^c + IV_t + NU_t + b_t^c - lm_t^c - c_t^c - \tau_t^c) \quad (24)$$

мұндағы:

π_{ct} – таза ағымдағы құн (Net Present Value – NPV), яғни жер деградациясына қарсы әрекеттің уақыттағы жинақталған экономикалық тиімділігі;

Y_{ct} – жер ресурстарын тұрақты басқару тәжірибелерін қолдану жағдайында тікелей пайдалануға арналған өнімдік қызметтердің шығымы (мысалы, ауыл және орман шаруашылығындағы негізгі өнімдер: дәнді дақылдар, түйнекжемістер, ағаш сүрегі және т.б.);

P – бір өнім бірлігіне шаққандағы құн (Y_{ct} құнының ақшалай көрінісі);

IV_t – жанама пайдалану құны (мысалы, экожүйенің су реттеу, климатты жұмсарту қызметтері);

NU_t – жер теліміндегі пайдаланылмайтын ресурстардың (қорғау, сақтау) құны;

bs_t – жер ресурстарын тұрақты басқару тәжірибелерінің учаскеден тыс аумақтағы әсерінен туындайтын әлеуметтік пайда (мысалы, шөлейттенудің алдын алу, көршілес аумақтарға жағымды ықпал);

$\rho_t = 1 + r$ – дисконттау коэффициенті, мұндағы:

r – жер пайдаланушы үшін дисконттау ставкасы (қазіргі уақыттағы ақша құнының болашақтағы құнмен салыстырғандағы айырмасы);

lmc_t – жер ресурстарын тұрақты басқаруға жұмсалатын тікелей шығындар (агротехникалық, ұйымдық, еңбек шығындары);

cst – ауыл шаруашылығынан тыс өнім өндіруге байланысты тікелей шығындар (мысалы, орман дайындау, мал шаруашылығы т.б.);

tc_t – учаскеден тыс тұрақты басқару практикаларына жұмсалатын шығындар, соның ішінде пайдалануға және пайдаланбауға байланысты шығындар (мысалы, табиғи аумақтарды сақтау, табиғи ресурстарды шектеулі пайдалану шаралары және т.б.).

Егер жер пайдаланушы жер деградациясына қарсы қандай да бір әрекет жасамаса, онда таза ағымдағы құн (Net Present Value – NPV) келесі формула бойынша есептеледі:

$$\pi_t^d = \frac{1}{\rho^t} \sum_{t=0}^T (PY_t^d + IV_t + NU_t + b_t^d - lm_t^d - c_t^d - \tau_t^d) \quad (25)$$

мұндағы:

Π_t^d - дисконтталған таза пайда немесе экономикалық тиімділік;
 ρ^t - дисконттау коэффициенті (мөлшері), мысалы: $\rho = 1 + r \rightarrow \rho^t = 1 + r \cdot t$;
 r - дисконттау ставкасы;
 PY_t^d - өнімнен түскен табыс (баға $\times$ өнім);
 IV_t - инвестициялар көлемі;
 NU_t - таза немесе қосымша табыс;
 b_t^d - қандай да бір дотация, субсидия немесе қосымша пайда;
 Im_t^d - еңбек немесе жер ресурстарын пайдалануға байланысты шығындар;
 c_t^d - басқа да ағымдағы шығындар;
 τ_t^d - салықтар немесе төлемдер;
 T - есептеу кезеңінің соңғы жылы.

Жоғарыда көрсетілген әдісті пайдалана отырып, диссертациялық зерттеуде белгіленген жер телімі бойынша экономикалық шығындар анықталды.

Түркістан облысы Мақтаарал ауданы Жаңа жол ауылдық округінің әртүрлі деңгейде орташа, күшті және өте күшті тұзданған мақта алқаптарындағы суармалы жерлерді қалпына келтіруге қажетті шығындарды есептеу мақсатында (21-кесте), Халықаралық азық-түлік саясатын зерттеу институты (IFPRI) мен Бонн университетінің мамандары әзірлеген «әрекет ету / әрекетсіздік құны» әдістемесі қолданылды. Аталған әдіс жер деградациясынан туындайтын экономикалық шығындарды бағалауға бағытталған және оны аймақтық деңгейде бейімдей отырып пайдалану ғылыми негізделген нәтижелер алуға мүмкіндік береді. Ал, әртүрлі деңгейде (орташа, күшті және өте күшті) тұзданған жерлердегі экономикалық шығынды есептеу үшін Кобб–Дугластың өндірістік функциясы пайдаланылды.

21-кесте. Әр түрлі дәрежедегі (орта, күшті және өте күшті) тұзданған жерлердің көрсеткіштері

№	Көрсеткіш	Өте күшті тұзданған	Күшті тұзданған	Орташа тұзданған
1	Жер ауданы (га)	221 га	523 га	1918 га
2	Өнімділік (ц/га)	8,25 ц/га	19,8 ц/га	26,4 ц/га
3	Қалыпты өнімділік (ц/га)	30–35 ц/га	30–35 ц/га	30–35 ц/га
4	Мақтаның нарықтық бағасы (2023 ж.)	22 000–23 000 тг/ц	22 000–23 000 тг/ц	22 000–23 000 тг/ц
5	1 га мақта өсіруге кететін орташа шығындар	~336 000 тг	~336 000 тг	~336 000 тг

**Ескерту: кестедегі деректер Түркістан облысы Мақтаарал ауданы шаруа қожалықтарының мәліметтері негізінде жасалынды.*

Әдістемелік негіз

Өнімділікті сипаттау үшін Кобб–Дуглас өндірістік функциясы қолданылады, ол ауыл шаруашылығы саласында ресурстардың (еңбек, капитал) өнімге әсерін сипаттайды:

$$Y = A * L^{\alpha} * K^{\beta} \quad (26)$$

Мұндағы:

Y – өнім көлемі (ц/га),

A – технологиялық тиімділік коэффициенті (немесе жер сапасы),

L – еңбек ресурстары (шартты бірлік),

K – капитал (тыңайтқыш, су, техника),

α, β – өндірістік факторлардың икемділік коэффициенттері ($\alpha + \beta \leq 1$).

Жер тұздануы – A коэффициентінің төмендеуі арқылы өнімнің азаюына әсер етеді. Тиісінше, өнім шығыны – экономикалық шығынға ұласады.

1-мысал. Түркістан облысы Мақтаарал ауданына қарасты Жаңа жол ауылдық округіндегі *өте күйшті* деңгейде тұзданған жерлерге талдау жасайтын болсақ:

Өнім жоғалту есебі

Жер тұздануы нәтижесінде қалыпты және нақты өнімділік арасындағы айырмашылық:

Минималды өнім жоғалту: $\Delta Y_{\min} = 30 - 8.25 = 21.75$ ц/га

Максималды өнім жоғалту: $\Delta Y_{\max} = 35 - 8.25 = 26.75$ ц/га

Экономикалық шығын есебі

Нарықтық баға негізінде 1 гектардан түспей қалған табыс:

Минималды шығын:

$$Z_{\text{жалпы min}} = \Delta Y_{\min} \times P_{\min} = 21.75 \cdot 22\,000 = 478\,500 \text{ тг/га}$$

Максималды шығын:

$$Z_{\text{жалпы max}} = \Delta Y_{\max} \times P_{\max} = 26.75 \cdot 23\,000 = 615\,250 \text{ тг/га}$$

5. Жалпы экономикалық шығын (221 га бойынша)

Минималды шығын:

$$Z_{\text{жалпы min}} = 478\,500 \cdot 221 = 105\,726\,000 \text{ тг}$$

Максималды шығын:

$$Z_{\text{жалпы max}} = 615\,250 \cdot 221 = 135\,971\,750 \text{ тг}$$

2 – мысал. Осы әдіс арқылы Түркістан облысы Мақтаарал ауданына қарасты Жаңа жол ауылдық округіндегі *күшті* деңгейде тұзданған жерлерге талдау жасайтын болсақ:

Өнім жоғалтуды есептеу

Минималды сценарий (30 ц/га → 19.8 ц/га, 22 000 тг/ц):

$$\Delta Y_{\min} = 30 - 19.8 = 10.2 \text{ ц/га}$$

$$\text{Шығын}_{\min} = 10.2 \cdot 22\,000 \cdot 523 = 117\,243\,600 \text{ тг}$$

Максималды сценарий (35 ц/га → 19.8 ц/га, 23 000 тг/ц):

$$\Delta Y_{\max} = 35 - 19.8 = 15.2 \text{ ц/га}$$

$$\text{Шығын}_{\max} = 15.2 \cdot 23\,000 \cdot 523 = 182\,130\,800 \text{ тг}$$

3 – мысал Жаңа жол ауылдық округінде орташа деңгейде тұзданған жерлердің ауданы 1918 га құрайды. Осы әдіс арқылы орташа деңгейде тұзданған жерлердегі экономикалық шығынды анықтап көрсек:

Өнім жоғалту есебі

Минималды сценарий: $\Delta Y_{\min} = 30 - 26.4 = 3.6 \text{ ц/га}$

$$\text{Шығын}_{\min} = 3.6 \cdot 22\,000 \cdot 1918 = 151\,737\,600 \text{ теңге}$$

Максималды сценарий: $\Delta Y_{\max} = 35 - 26.4 = 8.6 \text{ ц/га}$

$$\text{Шығын}_{\max} = 8.6 \cdot 23\,000 \cdot 1918 = 379\,249\,200 \text{ теңге}$$

Демек, Түркістан облысы Мақтаарал ауданындағы Жаңа жол ауылдық округінің суармалы жерлері жағдайында 1 га өте күшті дәрежеде тұзданған жерлерінен келетін экономикалық шығын 478 500 – 615 250 тг аралығында, күшті деңгейде тұзданған жерлерде 224 400 – 334 400 тг және орташа тұзданған жерлерде 79 200 – 197 800 тг құрайды.

IFPRI (Халықаралық азық-түлік саясатын зерттеу институты) және Бонн университеті әзірлеген «әрекет ету / әрекетсіздік» (*Действие / Бездействие*) әдісі арқылы әртүрлі деңгейдегі тұзданған жерлерді қалпына келтіруге кететін шығындарды анықтап көрсек. Бұл өз кезегінде тұзданған жерлерді қалпына келтіруге кететін шығынмен оның болашақтағы беретін пайдасын салыстыруға мүмкіндік береді.

Бұл әдіс бойынша экономикалық тиімділікті бағалау келесі формула арқылы анықталады:

$$BA = \pi_t^c - \pi_t^d \quad (27)$$

Мұндағы:

BA - жерді қалпына келтірудің экономикалық тиімділігі (теңге/га);

π_t^C - қалпына келтірілген (немесе тұзданбаған) жерден алынатын таза пайда (теңге/га);

π_t^D - тұзданған (қалпына келтірілмеген) жерден алынатын таза пайда (теңге/га).

Ең алдымен Түркістан облысы Мақтарал ауданы Жаңа жол ауылдық округі мысалында 1 га мақтаны өсіріп жетілдіруге кететін агротехникалық шығындарды анықтап аламыз (22-кесте).

22-кесте. 1 га мақтаны өсіріп жетілдіруге кететін агротехникалық шығындар

№	Шығын түрі	Сипаттама
1	Тұқым	1 га жерге 50 кг шит егіледі. Бағасы 1400 тг/кг. $50 \cdot 1400 = 70\,000$ тг
2	Тыңайтқыш	Азот селитрасы (NH_4NO_3) гектарына 200-250 кг. Бағасы 480 тг/кг = 105 600
3	Суару	10 000 – 25 000 ₸ гектарына арықпен суару (Жаңа жол ауылдық округінде 1 рет суарылады)
4	Еңбек	Жерді өңдеу (Жер жырту, тармалау, чижлдау, дәне егу, культивация жасау, мақтаны жинау) = орташа алғанда 135 000-140 000 тг
5	Жалпы шығын	Орташа есеппен 1 га мақта алқабын өсіріп жетілдіруге 330 000 - 340 000 тг жұмсалады.

**Ескерту: кестедегі деректер Түркістан облысы Мақтаарал ауданы шаруа қожалықтарының деректері негізінде жасалынды.*

1– мысал. Жаңа жол ауылдық округіндегі өте күйшті деңгейде тұзданған суармалы мақта алқабындағы жерлерді қалпына келтіруге кететін шығындар.

Пайданы есептеу: Әрекетсіздік жағдайындағы пайда:

$$\pi^D = Y_d \cdot P - C = 8.25 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 181\,500 - 330\,600 = -149\,100 \text{ тг/га}$$

Ал, әрекет ету жағдайында келетін пайда:

Минимум (30 ц/га) болған жағдайда:

$$\pi_{\min}^C = 30 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 660\,000 - 330\,600 = 329\,400 \text{ тг/га}$$

Максимум (35 ц/га) болған жағдайда:

$$\pi_{\min}^C = 35 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 805\,000 - 330\,600 = 474\,400 \text{ тг/га}$$

Экономикалық тиімділігі (ВА)

$$BA = \pi^C - \pi^D \quad (28)$$

Минимум: $BA_{\min} = 329\,400 - (-149\,100) = 478\,500$ тг/га

Максимум: $BA_{\max} = 474\,400 - (-149\,100) = 623\,500$ тг/га

2 – мысал Жаңа жол ауылдық округіндегі *күшті* деңгейде тұзданған суармалы мақта алқабындағы жерлерді қалпына келтіруге кететін шығындар.

Пайданы есептеу: Әрекетсіздік жағдайындағы пайда:

$$\pi^D = Y_d \cdot P - C = 19.8 \cdot 22000 - 330\,600 = 435\,600 - 330\,600 = 105\,000 \text{ тг/га}$$

Ал, әрекет ету жағдайында келетін пайда:

Минимум (30 ц/га) болған жағдайда:

$$\pi_{\min}^C = 30 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 660\,000 - 330\,600 = 329\,400 \text{ тг/га}$$

Максимум (35 ц/га) болған жағдайда:

$$\pi_{\min}^C = 35 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 805\,000 - 330\,600 = 474\,400 \text{ тг/га}$$

Экономикалық тиімділігі (BA)

$$BA = \pi^C - \pi^D \quad (29)$$

Минимум: $BA_{\min} = 329\,400 - 105\,000 = 224\,400$ тг/га

Максимум: $BA_{\max} = 474\,400 - 105\,000 = 369\,400$ тг/га

Жалпы Жаңа жол ауылдық округіндегі 523 га күшті деңгейде тұзданған мақталық суармалы алқапты қалпына келтірген кездегі тиімділік келесідей:

$$BA_{\text{жалпы}} = BA \cdot A \quad (30)$$

Минималды тиімділік: $224\,400 \cdot 523 = 117\,367\,200$ тг

Максималды тиімділік: $369\,400 \cdot 523 = 193\,120\,200$ тг

3 – мысал. Жаңа жол ауылдық округіндегі *орташа* деңгейде тұзданған суармалы мақта алқабындағы жерлерді қалпына келтіруге кететін шығындар.

Пайданы есептеу: Әрекетсіздік жағдайындағы пайда:

$$\pi^D = Y_d \cdot P - C$$

Орташа мөндерді пайдалана отырып есептегенде:

$$\pi^D = 26,4 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 580\,800 - 330\,600 = 250\,200 \text{ тг/га}$$

Ал, әрекет ету жағдайында келетін пайда:

Минимум (30ц/га) болған жағдайда:

$$\pi_{\min}^C = 30 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 660\,000 - 330\,600 = 329\,400 \text{ тг/га}$$

Максимум (35 ц/га) болған жағдайда:

$$\pi_{\min}^C = 35 \cdot 22\,000 - 330\,600 = 805\,000 - 330\,600 = 474\,400 \text{ тг/га}$$

Экономикалық тиімділігі (ВА)

$$BA = \pi^C - \pi^D \quad (31)$$

$$\text{Минимум: } BA_{\min} = 329\,400 - 250\,200 = 79\,200 \text{ тг/га}$$

$$\text{Максимум: } BA_{\max} = 474\,400 - 250\,200 = 224\,200 \text{ тг/га}$$

Жалпы Жаңа жол ауылдық округіндегі 1918 га орташа деңгейде тұзданған мақталық суармалы алқапты қалпына келтірген кездегі тиімділік келесідей:

$$\text{Минималды тиімділік: } 79\,200 \cdot 1918 = 151\,761\,600 \text{ тг}$$

$$\text{Максималды тиімділік: } 224\,200 \cdot 1918 = 430\,167\,600 \text{ тг}$$

Экономикалық шығынды есептеу нәтижесінде Түркістан облысы Мақаарал ауданындағы Жаңа жол ауылдық округінің суармалы жерлері жағдайында күшті дәрежеде тұзданған жерлерді бастапқы қалпына келтіру арқылы әрекет ету жағдайында 1 га жерден 224 400 – 369 400 тг өнім табуға болатындығы, және әрекетсіздік жағдайында 1 га құны 79 200 – 224 200 тг аралығында өнім алуды болатындығы анықталды.

Бұл әдіс арқылы деградация үрдісінен келетін шығынды анықтау жергілікті атқарушы ұйымдар мен фермер шаруашылықтарына суармалы жердерде ауыл шаруашылық өндірісін ұтымды жоспарлауға мүмкіндік береді.

4.2 Суармалы жерлер деградациясын алдын алу және оларды тұрақты пайдалану бойынша бойынша іс-шаралар жүйесі

Сор шаю процесінің тиімділігі келесі факторларға байланысты: өткізетін уақытына, сор шаю мөлшеріне, жер дайындығының сапасына және қашыртқы жүйелерінің жұмыс істеп тұруына. Сор шаю жұмыстары күрделі, эксплуатациялық және ылғалмен қамтамасыз етуімен біріктірілген профилактикалық суару түрлеріне бөлінеді.

Күшті және өте күшті сорланған жерлерді тұзсыздандыру үшін, күрделі сор шаю жұмыстары, жер асты сулары 4 метрден астам тереңдікте жатқан жағдайда ғана жүзеге асырылады. Ал жер асты суларының деңгейі 3 м-ден жоғары жатқанда, сор шаюлар тек қана дренаждың тұрақты немесе уақытша

жұмыс істеп тұрған жағдайда өтуі мүмкін. Сондай-ақ күрделі сор шаюлар, су басқан күріш егінінің арқасында да іске асуы мүмкін. Күрделі сор шаю процесінде, топырақ пен жер асты сулар түбегейлі тұзсыздандыруға қол жеткізіледі. Автоморфтық тұздану жағдайында, жер асты суларының таяз кезінде, жер асты суының төмен түсетін шапшаң ағысы жағдайында, шайылған тұздардың аумақтан тыс шығарылуы, кәріздің ағымымен бірге уақытша және тұрақты тоспалар үстімен, тұздар топырақтың төмен жатқан қабаттарының аэрация аймағына (зонасына) шығарылады.

Эксплуатациялық сор шаюмен, орташа сорланған топырақтар тұзсыздандырылады. Орташа сорланған жерлердің (сонымен бірге, күшті және өте күшті) сор шаюдың ең қолайлы мерзімі, қараша-желтоқсан айлары болып табылады. Ұсынылатын мерзімдер облысымыздың топырақтарындағы сударитін тұздар құрамының химиялық және физикалық ерекшеліктеріне байланысты. Топырақтардың су сүзіндісінің тұзды құрамындағы сульфаттар, әсіресе ең жиі кездесетін - Na_2SO_4 (натрий сульфаты) басым болуымен сипатталады. Сульфаттардың ерігіштігі, сондай-ақ, олардың топырақтан шайылуы, топырақ температурасына тікелей тәуелді. Сонымен, топырақ $+15^\circ\text{C}$ температурада Na_2SO_4 ерігіштігі 200 г/л, ал $+20^\circ\text{C}$ температурада сәйкесінше 300 г/л құрайды. Қараша-желтоқсан айларында топырақтар жылуын ұстап тұрады себебі жаз уақытында жинақтаған жылуды сақтай береді. Осы айларда жер асты суларының деңгейі және булану дәрежесі төмен болғандығы үшін, сор шаю жұмыстарын жүргізу қолайлы болып табылады.

Сор шаюлар шағын (0,1 га), орташа (0,1-0,2 га) және үлкен (0,2-0,5 га) чектерде жүргізіледі. Чектердің орны мен көлемі, жер үстінің еңістігімен анықталады: еңістігі үлкейген сайын, жер бедері күрделірек және топырақ қабаттарының су сіңірімділігі жоғарылаған сайын чектердің көлемі кішірейе береді. Еңістің ұлғаюымен, рельефтің күрделілігімен және топырақ өткізгіштігінің жоғарылауымен чектердің мөлшері кішірейеді, ал еңістігі 0,005-тен аз жерлерде мүмкіндігінше чектерге тік бұрышты пішін беруге тырысады. Чектердің көлемі, чектерге су беру әдісіне және де бір реттік су шаю нормасының шамасына да байланысты. Су шаю нормасы 1-1,5 мың м³/га және жер беті еңістігі 0,001-ден аз болған жағдайда, чектердің ені 20-30 м, ал ұзындығы 30-40 м болады. Гектарына 2-2,5 мың м³ бір реттік сор шаю нормасын қолдану, чектердің енін 30-40 м, ал ұзындығын 50-60 м дейін арттыруға мүмкіндік береді.

Күшті және өте күшті тұзданған жерлерге сор шаю жұмыстары аяқталғаннан кейін, тұзға төзімді дақылдарды (қант қызылшасы, бидай, арпа, күріш, күнбағыс, жүгері, т.б.) егуге және де оларды қашыртқы сумен суаруға болады.

Ылғалды жинайтын суарулар, егін жинау және басқа да ауыл шаруашылығы жұмыстары аяқталғаннан кейін күзде, қыста және ерте көктемде жүргізіледі. Әдеттегідей ылғалдандыратын суаруды, жеңіл топырақтарда ерте көктемде, орташа және ауыр топырақтарда – күзгі-қысқы мезгілде жүргізу ұсынылады. Бұл әдістің негізгі мақсаты, көктемгі далалық жұмыстар басталғанға

дейін, өсімдіктердің қалыпты дамуы үшін топырақтың 0-100 см қабатын ылғалмен қамтамасыз ету. Суару нормасының мөлшері 800-3000 м³/га. Профилактикалық суарудың мақсаты – суару кезеңінде топырақтың тамырлы қабатында жиналған тұздарды шаю үшін, судың төмен ағыстарын жасау керек болып табылады.

Бұл әдіс (профилактикалық шаю) сорланған немесе сорлануға бейім жерлер үшін алдын алу шарасы болып табылады. Профилактикалық суару нормаларының мөлшері, суару кезеңінде топырақтың тамыр қабатында жиналған тұздарына, сонымен қатар дақылдардың тұзға деген шыдамдылығына, сорланудың түріне, топырақ қабаттарының механикалық құрамына және дренделген дәрежесіне байланысты.

Сорланған жерлерде ылғалдандыратын суаруды профилактикалық суарулармен бірлестіреді. Суару жүйектер (борозда) немесе жолақтар бойымен жүзеге асырылады, кейбір жағдайларда чектерді белгілі бір биіктегі шаятын сумен толтырады. Мысалы, чектегі 20 см-дей су қабаты гектарына 2000 м³-ке сәйкес. Егерде, гектарына мөлшері 4000 м³ шаятын суды беру қажет болса, онда ол су гектарына 2000 м³ бөлігі беріледі, содан кейін, осы барлық берілген норма сіңіп кетпегенше 5-8 күндік үзілістен кейін ғана, шаятын судың келесі бөлігі беріледі. Чектерді шаю алдында келесі дайындық жұмыстарын жүргізу қажет: орналасу, 25-30 см тереңдікке дейін жер жырту, чектерді орнату.

Топырақтың әр түрлі тұздану дәрежесі мен түйіршік құрамы бойынша жасалған сор шаю мөлшерлерінің ұсыныстары 23-кестеде келтірілген.

23-кесте. Тұзданған жерлерге берілетін сор шаю мөлшерлері

№	Тұздану дәрежесі	Топырақтың тұздану түрі, %		Механикалық құрамы	Сор шаю нормасы, мың м ³ /га
		хлоридті сульфатты	сульфатты		
1	Әлсіз тұзданған	0,2 - 0,4	0,3 - 0,4	жеңіл сазды	2,5
				орта сазды	2,5-3,0
				ауыр сазды	3,0-4,0
2	Орта тұзданған	0,4 - 0,6	0,4 - 0,8	жеңіл сазды	5,0-7,0
				орта сазды	7,0-8,0
				ауыр сазды	8,0-9,0
3	Күшті тұзданған	0,6 - 0,9	0,8 - 1,2	жеңіл сазды	9,0-10,0
				орта сазды	10,0-11,0
				ауыр сазды	11,0-12,0
4	Өте күшті тұзданған	> 0,9	> 1,2	жеңіл сазды	12,0-15,0
				орта сазды	15,0-16,0
				ауыр сазды	>16

Сор шаю жұмыстарының тиімділігін арттырудың негізгі шарты, дренаждық жүйелердің міндетті жұмыс істеуі болып табылады. Дренаж жүйелері суарылып жатқан жерлерден, тұзданған сулардың шығуын қамтамасыз етуі, топырақтың қайта тұздануына жол бермейді.

Сор шаю жұмыстарының барысында, далалық бақылаулар нәтижелері бойынша, жыл сайын берілген ұсыныстарға қарамастан, барлық жерлерде сор шаю технологиясы бұзылуының орын алатынын көрсетті. Алдымен жерлердің тұздану дәрежесіне қарамастан, 2-3 мың м³/га-дан көп берілмейді. Бұл мөлшерімен тек ғана әлсіз тұзданған жерлерді шаюға болады. Біздің есептеуіміз бойынша, сор шаю судың мөлшері 1 гектарға шаққанда 3-4 мың м³ болу қажет. Сондай-ақ, жердің сор шаюға дұрыс дайындалмағаны, жалпы айтқанда (жер жырту және тегістеу жүргізілмегені), топырақ бетіне судың біркелкі таралуына мүмкіндік бермейді. Сол себептен су бір қалыпсыз чектерде жатады. Сор шаю ережесі бойынша, чектердің көлемі 0,1-0,2 гектар болатын болса, алайда іс-жүзінде, чектердің көлемі 0,5 гектармен 1 гектардың арасын құрайды.

Ең маңызды кемшілік, ол дренаж жүйелерінің жоқтығы немесе дұрыс жұмыс істемеуі. Суармалы алқаптарының барлығында көлденең және тік құбырлы дренаж істейтін жерде, гидромелиоративтік жүйелерді қайта құру керек. Сор шаю жұмыстары кезінде, тек зиянды суда еритін тұздар ғана емес сонымен қатар топырақтың пайдалы микроэлементтері де кетеді, топырақтың тығыздалуы сонымен қатар құрылымы бұзылуы ықтимал, сондықтан сор шаю жұмыстарынан кейін топыраққа органикалық (тұздану дәрежесіне байланысты 5-тен 25 т/га дейін) минералды тыңайтқыштарды еңгізуді қамтамасыз ету қажет.

Топырақтың тұздануымен күресудің тағы бір маңызды әдісі, суару кезінде суды үнемдеу озық технологияларын (жаңбырлатып, тамшылатып суару) қолдану, жер асты суларының деңгейінің көтерілуіне, сонымен қатар топырақтың тұздануына жол бермейді. Бұл әдістер екінші реттік тұздануға бейім емес желсіз аймақтарда, яғни минералданған жер асты сулары, табиғи жолмен жер бетіне көтерілмейтін жерлерде әсер етеді, яғни суару судың аз мөлшерде берілуіне байланысты жерлер тұзданбайды, себебі олар тұзданған жер асты суларымен қабыспауына тұздарды жер бетіне көтерілуіне жол бермейді.

Суармалы жерлер мен су ресурстарын тиімді пайдалану, тұзданған жерлердің мелиоративтік жағдайын жақсарту үшін: суару жүйелерді толық ретке келтіру (су арналарын бетонмен қаптау, қашыртқаларды тазалап тереңдету, тік дренаждық ұңғымаларды іске қосу және т.б.), қашыртқыларды жобалық режимде пайдалану, сорланған топырақтарды шаю жұмыстары, өнімділігі жоғары дақылдарды егу, ауыспалы егістікті дұрыс жүргізу, екпе ағаштарын көбейту, суды үнемдейтін суару әдістерін қолдану қажет. Тіпті бірнеше күн бойы топырақты қопсытудың қарапайым кешігуі де топырақтың тұздануын тудырады. Топырақтың тұздануы тек қана ауыл шаруашылық өнімін төмендетіп қана қоймайды, егістік жерлерді тіпті жарамсыз етіп жіберуі де мүмкін.

Түркістан облысындағы суармалы жерлерде байқалып отырған деградациялық үдерістерді тоқтату табиғи-ресурстық әлеуетті, мелиорациялық жағдайды және экологиялық шектеулерді ескере отырып, жер қорын ұтымды және ұзақмерзімді пайдалану стратегиясын жүзеге асыру арқылы жүзеге асады. Бұл стратегияның негізінде аграрлық аумақтардағы басым табиғатты қорғау міндеттерін шешу арқылы жер сапасының тұрақтылығын қамтамасыз ету көзделеді.

Суармалы жерлер – ауыл шаруашылығында өнімділікті арттырудың негізгі көзі. Алайда, дұрыс басқарылмаған жағдайда олар екінші реттік тұздану, эрозия, органикалық заттардың азаюы және басқа да факторлар нәтижесінде деградацияға ұшырайды. Бұл тек өнімділіктің төмендеуіне емес, сонымен қатар экологиялық және әлеуметтік мәселелерге алып келеді.

Түркістан облысы – су ресурстары шектеулі, бірақ суармалы егіншілікке жоғары тәуелді өңір. Облыстағы өзендер мен каналдар арқылы алынатын су көздері жылдан жылға азайып келеді, ал су тапшылығы жер деградациясының басты себептерінің бірі болып отыр.

Түркістан облысы жағдайында суармалы жерлердің тұрақты пайдаланудың негізгі принциптері:

Су ресурстарын тиімді басқару

- Судың мөлшері мен сапасына сәйкес агротехникалық шараларды қолдану.

- Тамшылатып немесе жаңбырлатып суару жүйелерін енгізу.

Топырақтың тұздануын болдырмау

- Тұрақты дренаж жүйесін құру және ұстау.

- Қысқы-көктемгі жуу (промывка) жүргізу арқылы тұзды жою.

Ауыспалы егіс (севооборот)

- Монокультурадан бас тарту, әсіресе біржақты мақта өсіру.

- Қалпына келтіретін дақылдарды (жоңышқа, арпа, т.б.) енгізу.

Органикалық және минералды тыңайтқыштарды тең қолдану

- Гумус мөлшерін сақтау және арттыру.

- Жердің құрылымын жақсарту.

Түркістан облысында 2023 жылғы жағдай бойынша 15,3 мың га суармалы жерлер су жетіспеушілігі салдарынан пайдаланылмаған. Бұл көрсеткіш 2015 жылы 26,4 мың га, 2017 жылы 24,7 мың га құраған. Бұл өз кезегінде аумақтағы су ресурстарын тиімді пайдалану, яғни бұл өз кезегінде жаңа технологияларды (тамшылатып және жаңбырлатып суару) енгізуді талап етеді.

Тамшылатып және жаңбырлатып суару әдістері арқылы судың буланып кетуі мен артық жұмсалудың алдын алуға болады. Бұл технологиялар судың дәл және тиімді берілуін қамтамасыз етіп, тұздану қаупін азайтады. Су үнемдеу технологияларын (тамшылатып және жаңбырлатып суару) кеңінен енгізу. Бұл әдістер суды 30–50%-ға дейін үнемдеуге мүмкіндік береді.

Қазіргі таңда суармалы суды үнемдеу мақсатында, облыста тамшылатып және жаңбырлатып суару әдістері кеңінен енгізілуі жалғастырылуда. Облыстық ауыл шаруашылығы басқармасының мәліметтері бойынша 2023 жылға барлығы 29 183,9 мың га тамшылатып, оның ішінде 7,9 мың га суармалы жерлерінде жаңбырлатып суару әдістері енгізілген. Аудандар бойынша мәліметтер тамшылатып суару 24-кестеде ал жаңбырлатып суару технологиялары бойынша деректер 28-кестеде көрсетілген. Жаңбырлатып суару әдісі Сауран ауданында 1183 га, Бәйдібек ауданында 886 га, және Арыс қ. аймағында 578 га суармалы жерлерінде енгізілген, облыс бойынша 7933 га құрады, толығымен 25-кестеде көрсетілген.

24-кесте. Түркістан облысының аудандары бойынша тамшылатып (жаңбырлатып) суару әдісін енгізу тапсырмалары бойынша мәлімет, га

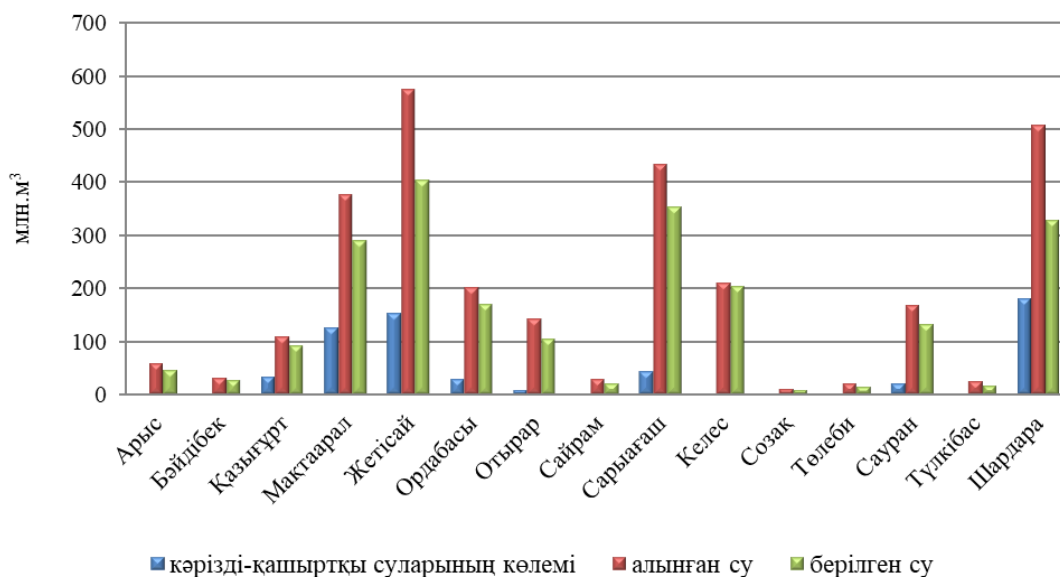
№	Аудандар	Жоспар	Орындалуы	%	Барлығы
1	Арыс	310,26	323,2	104	3 661,9
2	Бәйдібек	60,0	60,0	100	522,7
3	Қазығұрт	50,5	55,0	109	1 217,7
4	Мақтаарал	165,0	165,0	100	724,5
5	Ордабасы	424,6	363,0	85	3 562,4
6	Отырар	218,2	220,0	101	1 886,2
7	Сайрам	100,0	103,02	103	912,0
8	Сарыағаш	444,47	465,4	105	3 142,3
9	Сауран	200,0	248,0	124	4 406,5
10	Созақ	5,0	5,05	101	511,6
11	Төлеби	150,0	159,0	106	2 274,4
12	Түлкібас	127,0	130,0	102	1 388,0
13	Шардара	350,0	350,0	100	2 322,0
14	Кентау қ.	80,0	-	-	80,0
15	Жетісай	52,6	62,0	118	748,0
16	Келес	345,0	348,1	101	1 817,8
17	Түркістан қ.	-	-	-	6,0
Барлығы:		3 082,63	3 056,77	99	29 183,9

25-кесте. Түркістан облысының аудандары бойынша жаңбырлатып суару әдісін енгізу тапсырмалары бойынша мәлімет, га

№	Аудандар	Жоспар	Орындалуы	%	Барлығы
1	Арыс	500	578	116	1 398,0
2	Бәйдібек		886		961,0
3	Қазығұрт	500	500	100	1 500,0
4	Мақтаарал	-	-	-	-
5	Ордабасы	450	452	100	452,0
6	Отырар	200	70	35	170,0
7	Сайрам	-	-	-	-
8	Сарыағаш	-	-	-	-
9	Сауран	1178,7	1183	100	3 310,0
10	Созақ	62	62	100	102,0
11	Төлеби	-	-	-	-
12	Түлкібас	-	-	-	-
13	Шардара	-	40	-	40,0
14	Кентау қ.	-	-	-	-
15	Жетісай	-	-	-	-
16	Келес	-	-	-	-
17	Түркістан қ.	-	-	-	-
Барлығы:		2890,7	3771	130	7 933,0

Соңғы жылдары облыстың суармалы жерлеріне берілетін судың мөлшері де азайып келеді. 2023 жылы, облыс бойынша ауыл шаруашылығы дақылдарын суару үшін суармалы судың бекітілген шектеулі су көлемі 4088,44 млн.м³

құрады. Алынған су және егістікке берілген су сәйкесінше 2910,91 млн.м³ және 2221,99 млн.м³. 2022 жылмен салыстырғанда алынған судың көлемі 324,4 млн.м³ кеміген яғни берілген судың көлемі де 152,81 млн.м³ азайғаны байқалады. 2023 жылы үлестік берілген су 3055 м³/га құрады, бұл өткен жылмен (3294 м³/га) салыстырғанда 239 м³/га азайған. 2023 жылы облыстың аудандары бойынша жалпы алынған және суармалы алқаптарға берілген су мөлшері 54-суретте көрсетілген.



54-сурет. Түркістан облысы аудандары бойынша алынған су, берілген су және қашыртқы суларының көлемі

Суармалы алқаптарды тұрақты әрі тиімді пайдалану және су тапшылығын жою мақсатында су инфроқұрылымдарын жаңғырту қажет. Ескі су каналдары арқылы су көп мөлшерде ысырап болады. Оларды бетондау, герметизациялау және автоматты су есептеу құралдарын орнату су тапшылығын азайтуға мүмкіндік береді.

2023 жылы облыстағы ирригациялық жүйелердің техникалық жағдайының қанағаттанарлықсыз болуы салдарынан 36 мың га суармалы жер пайдаланылмай қалған. Бұл көрсеткіш 2008 жылы 47,9 мың га құраған. Облыстағы жалпы суару жүйелерінің ұзындығы 8 965,2 км құраса, соның небары 20 % ғана бетондалған. Бұл өз кезегінде судың айтарлықтай шығынға ұшырауына, жер асты суларының көтерілуіне және де су эрозиясына алып келеді. Облыстағы суару жүйелерінің 70%-дан астамы ескіргендіктен, магистральды және ішкі каналдарды қайта жаңғырту (бетондау, астын сүңгіту, сүзгілік қабаттарды орнату) қажет.

2023 жылы облыстағы 3,1 мың га суармалы егістік алқаптары жер асты суының шектен тыс (0-2 м) көтерілуі салдарынан пайдаланылмаса, 7,4 мың га суармалы жер тұздану үрдістерінен пайдаланылмаған. Жер асты суының шектен тыс көтерілуі салдарынан 2007 жылы 9,5 мың га, 2008 жылы 7,8 мың га ал, 2017 жылы 8,3 мың га суармалы егістік алқаптары пайдаланылмаған. Ал, жер асты

суының шектен тыс көтерілуі және жер асты суының жоғары дәрежеде минералдану салдарынан облыстағы суармалы жерлердегі тұздау деңгейі қарқынды түрде өсіп келеді.

2007 жылы тұздану үрдістерінен 30,7 мың га, 2010 жылы 22,8 мың га және 2015 жылы 13,2 мың га суармалы алқаптар пайдаланылмаған. Аталған мәселелер облыстағы Мырзашөл және Қызылқұм суармалы массивтерінде айқын көрініс тапқан. Мұның басты себебі – суармалы алқаптардағы дренаж жүйелерінің қанағаттанарлық жағдайда немесе толығымен істен шығуы салдарынан орын алған. 1991 жылы Мырзашөл суармалы алқабында 830 дренаж жұмыс жасап тұған болса, 2023 жылы оның не бары 278 ғана жұмыс жасаған (26-кесте).

Бүгінгі таңда облыстағы суару жүйелерін жаңғырту олардың техникалық жағдайын жақсарту мақсатында келесідей іс-шаралар орындалуда қажет:

- Түркістан облысының Шардара және Арыс аудандарындағы (3-кезең) су бөлу және су есебін автоматтандыру бойынша Қызылқұм магистралды каналын қайта қалпына келтіру;
- Шардара су қоймасы бөгетінің сейсмотұрақтылығын арттыру;
- Мақтарал және Жетісай аудандарының суармалы жерлерінде ИДЖЖЖ-2 жобасы аясында суару және қашыртқы жүйелерін қайта құру.

Суармалы жерлерде тұздану – ең басты экологиялық проблема. Артық суару, дренаж жүйесінің жоқтығы және жер асты суларының көтерілуі топырақта тұз жиналуына алып келеді. Бұл ауыл шаруашылығы өндірісінің төмендеуіне және жердің толық жарамсыз болуына алып келеді.

Жер асты суының деңгейін бақылау. Тұздану қаупі жоғары аймақтарда жер асты суының деңгейін үнемі өлшеу – тұздану үдерісін алдын ала болжауға мүмкіндік береді.

Дренаж жүйесін енгізу. Ашық және жабық дренаж жүйелері артық суды шығарып, тұздардың шайылуына жағдай жасайды. Түркістан облысында көптеген ескі дренаж жүйелері жұмыс істемейді немесе мүлдем жоқ.

Суармалы жерлерді шаю. Қыс мезгілінде арнайы шаю жұмыстары жүргізіліп, жиналған тұздарды топырақтың терең қабатына шығару арқылы тұздану деңгейін төмендету қажет.

26-кесте. Мырзашөл және Қызылқұм суармалы алқаптарындағы дренаждардың саны және олардың техникалық жағдайы

Суармалы алқаптар	Барлығы жерді игеру кезінде салынған (1991 жылға дейін)	Барлығы 1.09.2023 ж., дана.	Оның ішінде:		2025 жылға дейін қалпына келтіріледі	
			Жұмыс жасап тұрғаны	Істен шыққаны	СДЖЖ Ж-2	ИБР
Мырзашөл	830	387	278	77	150	210
Қызылқұм	302	-	-	-	-	302
Барлығы	1132	357	278	79	150	512

Топырақтың құнарлылығын көтеру, оның тұздануымен күресу үшін жоңышқа егу өте маңызды. Жоңышқа жақсы фитосанитарлық жағдай қамтамасыз етеді, үш жылда

Топырақтың өңделетін қабатының әр гектарына 300-400 кг таза азот шоғырландырады. Сол уақыттың ішінде топырақтың өңделетін қабатына 10-12 тонна тамыр, 90 кг фосфор, 40-65 кг калий жинайды. Сол себептен гумустың мөлшері 20-30 пайызға өседі. Жоңышқаның тамыр жүйесінің қалыңдығы үлкен биосалмағына байланысты жер асты суларының деңгейі тұрақтанып топырақтың өңделетін қабатына тұздарды келтірмейді. Осы қасиеттеріне байланысты топырақтарды тоздырмай байыту үшін жоңышқаны мақтамен ауыспалы егістікте пайдалану жөн. Бірақ ұсақ қожалық шаруашылық егіншілігіне байланысты (60-70 % фермерлер жерлерінің көлемі 5-10 гектар шамасында), шаруашылықтарды 500-600 гектарларға дейін ірілендіріп, ауыспалы егіс тәртібін сақтап және тыңайтқыштарды жүйелі түрінде пайдалануға мүмкіндік болмай тұр.

Соңғы жылдары жоңышқаға онша көңіл бөлінбей, оның көлемі азаюда. 2015 жылы Мырзашөл суармалы алқабында жоңышқа 12843 га-ға егілсе, 2017 жылы көлемі 6203 га дейін (4 %) азайды, ал биыл жоңышқаның көлемі 9626 га-ға тең болды немесе алқабындағы суармалы жерлерінің 6,5 пайызын құрады. Дегенмен топырақтың құнарлылығын қалпына келтіру үшін жоңышқаның көлемі 44130 гадан кем болмау керек немесе суармалы жерлерінің 30 пайызынан.

Таулы аудандардағы суармалы жерлерінің басты мелиоративтік мәселесі топырақтарды ирригациялық эрозиядан қорғау. Ирригациялық эрозиядан топырақтарды қорғау үшін ұйымдастыру-шаруашылық, агромелиоративтік, орманды-мелиоративтік және гидротехникалық шаралар өткізу қажет.

Ұйымдастыру шаралар эрозияға ұшырайтын мүмкіндігі жоғары жерлерді есепке алудан басталады. Сонан сон топырақты қорғайтын дақылдарды таңдау, егістіктерді техниканы қолайлы пайдалану үшін дайындау. Дақылдарды таңдау кезінде егістіктің еңістігі, топырақтың шайылғандығы мен эрозияға ұшырауының қауыптылығы есепке алынады. Мысалы еңістігі жоғары егістіктерде бау-бақша, жүзімдік немесе көпжылдық шөп өсіру керек, ал еңістігі төмен егістіктерде - біржылдық өсімдіктер. Өсімдіктердің жағдайына қарап суару техника мен суару әдісті таңдау.

Эрозияға қарсы агромелиоративтік шаралар фитомелиоративтік, агротехникалық, агрохимиялық және агрофизикалық топырақ қорғау тәсілдерге бөлінеді. Фитомелиорацияның басты тәсілі ол ауыспалы егістікті қолдану.

Суармалы агрожерлерді техникалық жағынан қайта жарақтандыру:

- суару жүйесі мен ондағы гидротехникалық құрылыстарды қайта жаңғырту және техникалық жағынан қайта жарақтандыру;
- коллекторлы-дренаж жүйесін жаңарту және ашық дренаж жүйелерін жабық және вертикалды түрлерге алмастырудың тиімділігін ескере отырып ауыстыру;
- топырақтың біркелкі ылғалдануын қамтамасыз ететін жағдай жасау мақсатында күрделі және ағымдағы жоспарлау жұмыстарын жүргізу;

- суармалы агрожерлердің ерекшеліктерін ескере отырып, су және ресурс үнемдеуші техника мен суару технологияларын қолдану.

Суармалы алқаптарда ғылыми негізделген егіншілік жүйелерін енгізу:

- ауыл шаруашылығы дақылдарын және агроэкологиялық егістік құрылымын табиғи және шаруашылық факторлар кешенін ескере отырып іріктеу, бұл топырақ құнарлылығын қалпына келтіруді қамтамасыз етеді;

- ауыл шаруашылығы дақылдарын өсірудің озық технологияларын қолдану, соның ішінде топырақ-климаттық әлеуетті ұтымды пайдалана отырып, қоршаған орта жағдайына бейімделуді қамтамасыз ететін минералдық және органикалық тыңайтқыштарды оңтайлы мөлшерде енгізу;

- агроландшафтарда экологиялық тепе-теңдікті сақтай отырып, суару режимдерін және ресурс үнемдейтін технологияларды тиімді пайдалану;

- ЖҚЗ деректері неізінде агроэкологиялық мониторинг жүргізу, яғни суармалы жағдайдағы жер ресурстарының саны мен сапасына тұрақты бақылау жасау.

Суармалы егіншіліктегі су ресурстарын басқаруды жетілдіру:

- республикалық және коммуналдық мемлекеттік кәсіпорындар (РМК мен КМК) арасында су нысандарын бөлу тәртібін айқындау және жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастыру;

- су есебін жүргізу бағдарламасын әзірлеу және іске асыру;

- су ресурстарының сапасын бақылау және оларды жақсарту мен қорғау жөніндегі шараларды әзірлеу.

Қазақстандағы суармалы егіншілікті дамытуға баға беру және болжау келесі факторларды ескере отырып жүзеге асырылды:

- елдің азық-түлік қауіпсіздігі;

- су ресурстарының болуы және олардың трансшекаралық сипаты;

- ауыл шаруашылығы дақылдарының ауыспалы егіс жүйесін міндетті түрде енгізе отырып, топырақ құнарлылығын сақтау;

- жоғары рентабельді ауыл шаруашылығы өндірісін қалыптастыру.

Түркістан облысында суармалы егіншілікті тұрақты дамыту суару жүйелерін кешенді қайта жаңғырту, су үнемдеуші технологиялар мен заманауи суару техникаларын енгізу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл жер үсті суару тәсілдерінің барлық әлеуетін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді; жоғары механикаландырылған жаңбырлатқыш жүйелер мен техникаларды қолдануға, жоғары рентабельді дақылдарда тамшылатып суарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізуге және табысты жылыжай шаруашылықтарын дамытуға жол ашады.

Қорыта келгенде, суармалы жерлердің деградациясынан туындайтын экономикалық шығындарды бағалау нәтижелері аталған үрдістің ауыл шаруашылығы өндірісіне, еңбек өнімділігіне және аймақтық азық-түлік қауіпсіздігіне тигізетін кері әсерін айқындады. Деградацияға ұшыраған жерлерде егін өнімділігі төмендеп, суды пайдалану тиімділігі азайып, қосымша шығындар мен әлеуметтік-экономикалық тәуекелдер артады. Бұл, өз кезегінде, жер

ресурстарын ұтымды пайдаланудың маңыздылығын және деградацияның алдын алуға бағытталған тиімді іс-шаралардың қажеттілігін дәлелдейді.

Суармалы жерлерді тұрақты пайдалану және олардың деградациясын алдын алу мақсатында ұсынылған іс-шаралар жүйесі ғылыми негізделген тәсілдерге сүйене отырып жасалды. Бұл жүйеге суару технологияларын жетілдіру, топырақ құнарлылығын қалпына келтіру, ауыл шаруашылығының агроэкологиялық тәсілдерін енгізу, су ресурстарын үнемді пайдалану, жер мониторингін ұйымдастыру және фермерлердің экологиялық сауаттылығын арттыру сияқты кешенді шаралар кіреді. Ұсынылған іс-шаралар кешені ауыл шаруашылық жерлерінің тозуын баяулатуға, олардың өнімділігін арттыруға және ауыл шаруашылығы өндірісінің экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етуге бағытталған.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы үшін маңызды болып табылатын ауыл шаруашылығы мақсатындағы суармалы жерлерді ұтымды пайдалану және деградацияға ұшыраған жерлерді қалпына келтіру мәселелерін шешуге бағытталған. Суармалы егіншілік жүйесінің тұрақты дамуы елдің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Зерттеу нәтижелері Түркістан облысында суармалы жерлерді тұрақты басқару ғылыми негізделген тәсілдерді енгізу арқылы мүмкін болатынын көрсетті. Бұл тәсілдерге су және жер ресурстарын кешенді бағалау, деградациялық үдерістерді анықтау мен картографиялау, су үнемдеуші технологияларды енгізу және агроөнеркәсіптік кешенді экологиялық-экономикалық тұрғыдан оңтайландыру жатады. Мұндай тәсілдерді іске асыру өңірдегі ауыл шаруашылығы жерлерінің өнімділігін арттыруға, топырақтың мелиорациялық жағдайын жақсартуға және ауыл халқының әл-ауқатын көтеруге ықпал етеді.

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасының тұрақты даму бағытына сәйкес әзірленген бірқатар стратегиялық құжаттармен үйлеседі. Атап айтқанда, зерттеу «Қазақстан азаматтарының әл-ауқатын арттыруға бағытталған орнықты экономикалық өсу» ұлттық жобасының (2021 жылғы 12 қазандағы № 730 Үкімет қаулысы), сондай-ақ «Жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасының және ауыл шаруашылығына қатысты салалық бағдарламалардың негізгі бағыттарын ескере отырып жүргізілді.

Зерттеу барысында суармалы жерлер табиғи-климаттық және әлеуметтік-экономикалық ерекшеліктерімен сипатталатын ашық, динамикалық жүйе ретінде қарастырылды. Ғылыми жұмыс қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері, геоақпараттық жүйелер (ГАЖ), далалық бақылаулар, зертханалық талдаулар және экономикалық бағалау әдістерін кешенді түрде қолдануға негізделді.

Түркістан облысының суармалы жерлерінің қазіргі жағдайына жүргізілген талдау олардың деградациялық өзгерістерге ұшырау қарқыны жоғары екенін көрсетті. Аталған үдерістерді тұрақты бақылау, ғылыми негізделген басқару шешімдерін қабылдау және заманауи технологияларды енгізу облыстағы суармалы егіншіліктің экологиялық және экономикалық тұрақтылығын қамтамасыз етудің негізгі алғышарттары болып табылады.

Зерттеу нәтижесінде Түркістан облысының суармалы жерлерінде жүріп жатқан деградациялық үрдістерді кешенді түрде бағалауға бағытталған теориялық, әдіснамалық және практикалық негіздер қалыптастырылды. Жұмыстың негізгі ғылыми және қолданбалы нәтижелері төмендегідей тұжырымдалды:

1. Суармалы жерлердегі деградацияны бағалаудың теориялық және әдіснамалық негіздері сараланып, деградацияның түрлері мен негізгі жіктелуіне, және оларды бағлау әдістеріне егжей-тегжейлі талдау жасау арқылы аумақтағы негізгі деградация түрлері айқындалды.

2. Түркістан облысы суармалы жерлерінде 1995-2023 жж аралығындағы деградациялық үрдістердің кеңістіктік таралауы мен уақыттық өзгеру заңдылықтары анықталып, сондай-ақ топырақ жамылғысының жағдайы нашарлаған ірі суармалы алқаптар анықталды. Зерттеулер нәтижесінде облыстың суармалы жерлеріндегі күшті және өте күшті дәрежеде тұзданған жерлердің ауданы 1995 жылы 3,7 % (12 мың га) құраса, 2023 жылы бұл көрсеткіш 8 % (40,3 мың га) дейін ұлғайғандығы, облыстағы жалпы күшті және өте күшті дәрежеде тұзданған суармалы алқаптардың 41,4 % Мырзашөл және 28,6 % Қызылқұм суармалы алқаптарының үлесіне тиесілі екендігі айқындалды.

3. Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректерін пайдалана отырып, автоматтандырылған авторлық модель арқылы алғаш рет Түркістан облысының суармалы жерлеріндегі (Мырзашөл және Қызылқұм) деградациялық үрдістерді бағалау мақсатында NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI, IPV вегетациялық және тұздану (NDSI, SI1, SI2, SI3, S2, S3, S4, S5, S6) индекстері есептелініп, суармалы жерлердің тұздану картасы құрастырылды. ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелер бойынша Мырзашөл суармалы алқабындағы жерлердің 5 % -ы өте күшті, 6 % күшті, 14 % орташа, 27 % әлсіз және 47 % тұзданбаған, ал сәйкесінше Қызылқұм суармалы алқабында 11 % -ы өте күшті, 12 % күшті, 13 % орташа, 19 % әлсіз және 45 % тұзданбаған екендігі анықталды. ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелер далалық зерттеу жұмыстары арқылы тексерілді (верификацияланды) және ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелердің дәлдігі 78-86 % құрады.

4. Көп жылдық далалық зерттеу жұмыстары негізінде Мырзашөл және Қызылқұм суармалы алқаптарындағы деградациялық процестерді қозғаушы факторларды ескере отырып, суармалы жерлердегі жер асты суының деңгейі, химиялық құрамы және тұздану дәрежесі бойынша ірі масштабтағы (1:100 000) тақырыптық карталар құрастырылды. Мырзашөл мен Қызылқұм суармалы алқаптары бойынша құрастырылған қолданбалы бағалау карталары деградация ошақтарын нақты анықтап, оларды қалпына келтіру бағыттарын негіздеуге мүмкіндік берді.

Далалық зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша Түркістан облысындағы суармалы жерлердің 0,1% (0,8 мың га) жер асты суының деңгейі 0-1 м аралығында, 3,9 % (21,34 мың га) 1-2 м және 24 % (130,7 мың га) 2-3 м құрайтындығы анықталды. Сонымен қатар, облыстың 13,3 мың га немесе 3 % жер асты суларының тұздылығы өте жоғары екендігі анықталды. Жер асты суы деңгейінің шектен тыс көтерілуі тұздану үрдістерінің қарқындылығын жоғарылатады.

5. Кобб–Дугластың өндірістік функциясы мен әрекет ету/әрекетсіздік әдістерін пайдалана отырып, Түркістан облысындағы мақта өсірілетін егістік алқаптарындағы әртүрлі деңгейде (орташа, күшті және өте күшті) тұздану үрдісінен болған экономикалық шығындар анықталды.

Нәтижесінде, орташа тұзданған суармалы алқаптардың экономикалық шығыны 79 200-197 800 тг/га, күшті дәрежеде тұзданған суармалы жерлерде

224 400 – 334 400 тт/га, ал өте күшті дәрежеде тұзданған суармалы жерлерде 478 500 – 615 250 тт/га екендігі анықталды.

Зерттеу нәтижелері негізінде суармалы жерлердегі деградацияны төмендетуге бағытталған ұсыныстар жасалды. Олардың қатарына мелиорациялық іс-шаралар жүйесін жетілдіру, ирригациялық жүйелерді жаңғырту, суды тиімді пайдалану технологияларын енгізу, агроландшафтық жоспарлау және тұрақты жер пайдалану стратегияларын қалыптастыру жатады.

Зерттеу нәтижелерін республиканың азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ететін басқарушы құрылымдар, ауыл шаруашылығы құрылымдары, облыстағы фермерлік шаруашылықтар және басқа да мүдделі ұйымдар пайдалана алады.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері Қазақстанда ауыл шаруашылық жерлерін ұтымды басқаруға бағытталған. Зерттеу нәтижелері өңірлік деңгейде аграрлық саясатты ғылыми негізде жоспарлауға және экожүйелік тұрақтылықты қамтамасыз етуге бағытталған шешімдер қабылдауда қолданыла алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті Қазақстан Республикасының 2023 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі, Астана, 2023 жыл. 339 бет
2. Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросының ресми статистикалық деректері (Ауыл, орман, аңшылық және балық шаруашылығы статистикасы), 2022 жыл Астана <https://stat.gov.kz/>
3. Николаев В. А. *Ландшафты азиатских степей*. Москва: Издательство Московского университета, 1999. - 288 с. ISBN 5-211-04035-X.
4. Варламов А. А., Гальченко С. А. Земельный кадастр. Том 2: Управление земельными ресурсами. Москва: Колос, 2004. – 528 с.
5. Волков С. Н., Троицкий В. П., Гендельман М. А. Научные основы землеустройства. Москва: Колос, 1995. -176 с. ISBN 5-10-001950-6.
6. Глазунов Г.П., Кузнецов М.С. *Эрозия и охрана почв: учебник*. Москва: Издательство Московского университета. 1996. -335 с.
7. Сейфуллин Ж.Т., Сейтхамзина Г.Ж., Токбергенова А.А. Управление земельными ресурсами — Алматы: Библиотека и компьютерный центр КазНУ, 2011. 215 с.
8. Есполов Т.И., Сейфуллин Ж.Т., Сейтхамзина Г.Ж. Экономико-правовой механизм управления земельными ресурсами — Алматы, 2010. 316 с.
9. Жамалбеков, Е. У.; Темирбеков, А. Основы земельного кадастра: учебное пособие. Алматы: Қазақ университеті, 2004. 65 с.
10. Сапаров А. С., Мамышов М. М. Экологические проблемы почвенного покрова Республики Казахстан //Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – №. 3. – С. 23-26.
11. Сапаров А. С., Шарыпова Т. М., Сапаров Г. А. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ КАЗАХСТАНА, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ //ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ. – 2017. – С. 11-17.
12. Lal R., Delgado, J. A., Groffman, P. M., Millar, N., Dell, C., & Rotz, A. Management to mitigate and adapt to climate change //Journal of Soil and Water Conservation. – 2011. – Т. 66. – №. 4. – С. 276-285.
13. Lal R., Bruce J. P. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect //Environmental Science & Policy. – 1999. – Т. 2. – №. 2. – С. 177-185. [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(99\)00012-X](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(99)00012-X)
14. Turner, K. G., Anderson, S., Gonzales-Chang, M., Costanza, R., Courville, S., Dalgaard, T., ... & Wratten, S. A review of methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration //Ecological Modelling. – 2016. – Т. 319. – С. 190-207. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.07.017>

15. Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., & Mastura, S. S. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model //Environmental management. – 2002. – Т. 30. – С. 391-405. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2630-x>
16. Geist H. J., Lambin E. F. Dynamic causal patterns of desertification //Bioscience. – 2004. – Т. 54. – №. 9. – С. 817-829. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0817:DCPOD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0817:DCPOD]2.0.CO;2)
17. FAO. 2020. Restoring the Earth - The next decade. Unasylva No. 252 - Vol. 71 2020/1. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1600en>
18. ФАО и КБОООН. 2023. Техническое руководство по включению Добровольных руководящих принципов ответственного регулирования вопросов владения и пользования земельными, рыбными и лесными ресурсами в контексте национальной продовольственной безопасности в процесс осуществления Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием и деградацией земель. ФАО, Рим и КБОООН, Бонн. <https://doi.org/10.4060/cb9656ru>
19. IPBES. 2018. Land Degradation and Restoration. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Accessed 21 October 2020.
20. Земельные ресурсы: Всемирный обзор //Первое издание© Секретариат Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием Platz der Vereinten Nationen 1 53113 Bonn, Germany. КБОООН. – 2017. www.unccd.int
21. Розанов Б.Г. Основы учения об окружающей среде. М.: Издательство Московского университета, 1984, 376 с.
22. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., ... & Blair, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits //Science. – 1995. – Т. 267. – №. 5201. – С. 1117-1123. <https://doi.org/10.1126/science.267.5201.1117>
23. Pacheco, F. A. L., Fernandes, L. F. S., Junior, R. F. V., Valera, C. A., & Pissarra, T. C. T. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality //Current Opinion in Environmental Science & Health. – 2018. – Т. 5. – С. 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.002>
24. Sivakumar M. V. K. Climate and land degradation //Sustaining soil productivity in response to global climate change: Science, policy, and ethics. – 2011. – С. 141-154. <https://doi.org/10.1002/9780470960257.ch10>
25. Rosenzweig C., Hillel D. Soils and global climate change: Challenges and opportunities //Soil science. – 2000. – Т. 165. – №. 1. – С. 47-56. <https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.276>
26. Конвенция О. О. Н. по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке //Сб. док. – 1994. – Т. 2. – С. 171-180.

27. Sklenicka P. Classification of farmland ownership fragmentation as a cause of land degradation: A review on typology, consequences, and remedies //Land use policy. – 2016. – Т. 57. – С. 694-701. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.032>
28. Oldeman L. R. Global extent of soil degradation //Bi-annual report 1991-1992/ISRIC. – ISRIC, 1992. – С. 19-36.
29. Scherr S. J., Yadav S. N. Land degradation in the developing world: Implications for food, agriculture, and the environment to 2020. – 1996. – №. 584-2016-39743. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.42280>
30. Stocking M. A., Murnaghan N. Handbook for the field assessment of land degradation: Earthscan. – 2001.
31. Zuquette L. V., Pejon O. J., dos Santos Collares J. Q. Land degradation assessment based on environmental geoindicators in the Fortaleza metropolitan region, state of Ceará, Brazil //Environmental geology. – 2004. – Т. 45. – №. 3. – С. 408-425.
32. Al-Awadhi J. M., Omar S. A., Misak R. F. Land degradation indicators in Kuwait //Land Degradation & Development. – 2005. – Т. 16. – №. 2. – С. 163-176. <https://doi.org/10.1002/ldr.666>
33. Bai Z.G., Dent D.L., Olsson L., & Schaepman, M.E. Proxy global assessment of land degradation //Soil use and management. – 2008. – Т. 24. – №. 3. – С. 223-234. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00169.x>
34. Omuto C. T., Balint Z., Alim M. S. A framework for national assessment of land degradation in the drylands: a case study of Somalia //Land degradation & development. – 2014. – Т. 25. – №. 2. – С. 105-119. <https://doi.org/10.1002/ldr.1151>
35. Snakin V.V., Krechetov P. P., Kuzovnikova T.A., Alyabina I.O., Gurov A.F., & Stepichev A.V. The system of assessment of soil degradation //Soil technology. – 1996. – Т. 8. – №. 4. – С. 331-343. [https://doi.org/10.1016/0933-3630\(95\)00028-3](https://doi.org/10.1016/0933-3630(95)00028-3)
36. Ковалев Н.Г., Ольгаренко Г.В., Митрофанов Ю.И., Зинковский В.Н., Петрова Л.И., & Пантелеева Т.Н. Методы оценки степени деградации сельскохозяйственных земель. – научн. издание / ФГБНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 32 с.
37. Зайдельман Ф.Р. Гидрологический фактор антропогенной деградации почв и меры ее предупреждения //Почвоведение. – 2000. – №. 10. – С. 1272-1284.
38. Молчанов Э.Н., Савин И.Ю., Яковлев А.С., Булгаков Д.С., & Макаров О.А.. Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель //Почвоведение. – 2015. – №. 11. – С. 1394-1394.
39. РЕСУРСЫ З. ВСЕМИРНЫЙ ОБЗОР //Первое издание© КБОООН. – 2017.
40. Lal R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation //Sustainability. – 2015. – Т. 7. – №. 5. – С. 5875-5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
41. Ковалев, Н. Г., Ольгаренко, Г. В., Митрофанов, Ю. И., Зинковский, В. Н., Петрова, Л. И., & Пантелеева, Т. Н. (2015). Методы оценки степени деградации сельскохозяйственных земель.
42. FAO 1994a. Land Degradation in South Asia: Its Severity, Causes and Effects Upon the People. World Soil Resources Reports 78. FAO Rome.

43. Johnson D. L., Lewis L. A. Land degradation: creation and destruction. – Published by Williston, Vermont, U.S.A.: Blackwell Pub, ISBN 10: 0631192441 / ISBN 13: 9780631192442. 1994
44. Lewis L. A., Johnson D. L. Land degradation: creation and destruction. – Published by Rowman & Littlefield Publishers, Incorporated, ISBN 10: 0742519481 / ISBN 13: 9780742519480, Second edition. 2007.
45. Lynden G.W.J. European Soil Resources. Current Status of Soil Degradation, Causes, Impacts and Need for Action. French edition: La Ressource Sol en Europe //Nature and environment. – 1995. – №. 71.
46. Kapalanga T.S. A review of land degradation assessment methods //Land restoration training programme. – 2008. – Т. 2011.
47. Nachtergaele F., Biancalani R., Bunning S., McDonagh J., Rioux J., & Woodfine, A. Assessment in drylands/ Part 1 Planning and methodological approach, analysis and reporting. Food and agriculture organization of the United Nations Rome, 2011, 165 p
48. Джи К.Й. Деградация земельных ресурсов в Центральной Азии// Пересмотренный и исправленный вариант Финального отчета. – 2008. – 153 pp.
49. Dumanski J., Pieri C. Land quality indicators: research plan //Agriculture, ecosystems & environment. – 2000. – Т. 81. – №. 2. – С. 93-102. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00183-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00183-3)
50. Haberl H., Wackernagel M., Wrbka T. Land use and sustainability indicators. An introduction //Land use policy. – 2004. – Т. 21. – №. 3. – С. 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.004>
51. Lane A., Bunning S. Stocktaking of Dryland Biodiversity Issues in the Context of the Land Degradation Assessment of Drylands (LADA): Selection and Use of Indicators and Methods for Assessing Biodiversity and Land Condition //LADA, Rome. – 2003.
52. Ghani A., Dexter M., Perrott K.W. Hot-water carbon is an integrated indicator of soil quality //confronting new realities in the 21st century. 17th world conference of soil science, Bangkok, Thailand. – 2002.
53. Syers, K., W. Sheldrick, and J. Lingard, 2002, Nutrient balance changes as an indicator of sustainable agriculture. 17th world conference of soil science, Bangkok, Thailand. – 2002.
54. Kirkby, M.J., Le Bissonais, Y., Coulthard, T.J., Daroussin, J., & McMahon, M.D. The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion //Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2000. – Т. 81. – №. 2. – С. 125-135. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00186-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00186-9)
55. Van Lynden G. W. J., Oldeman L. R. The assessment of the status of human-induced soil degradation in South and Southeast Asia. – ISRIC, 1997. – С. -41.
56. North-South N. Centre for Development and Environment (CDE). – 2007.
57. Snakin, V. V., Krechetov, P. P., Kuzovnikova, T. A., Alyabina, I. O., Gurov, A. F., & Stepichev, A. V. The system of assessment of soil degradation //Soil technology. – 1996. – Т. 8. – №. 4. – С. 331-343. [https://doi.org/10.1016/0933-3630\(95\)00028-3](https://doi.org/10.1016/0933-3630(95)00028-3)

58. FAO/UNEP (1978) Methodology for assessing soil degradation Rome, 2527 January 1978 Italy
59. Ковалев Н.Г., Ольгаренко Г.В., Митрофанов Ю.И., Зинковский В.Н., Петрова, Л. И., & Пантелеева, Т. Н. (2015). Методы оценки степени деградации сельскохозяйственных земель.
60. Миннихметов И.С., Мурзабулатов Б.С., Сагитов Я.С. Оценочные показатели степени деградации почвы //Актуальные проблемы рационального использования земельных ресурсов. – 2017. – С. 73-77.
61. Thornthwaite C. W. The climates of North America: according to a new classification //Geographical review. – 1931. – Т. 21. – №. 4. – С. 633-655. <https://doi.org/10.2307/209372>
62. Wischmeier W.H. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains, Guide for selection of practices for soil and water conservation //United States Government Printing Office. – 1965.
63. Suleimenov M., Saparov A., Akshalov K., & Kaskarbayev Z. Land degradation issues in Kazakhstan and measures to address them: research and adoption //Pedologist. – 2012. – Т. 55. – №. 3. – С. 373-381.
64. Bekbayev R.K. Factors influencing on the degradation of water and land resources of Mahtaaral irrigation Massif. – 2016.
65. Умбетаев И., Батьяев Ж.Я. Система возделывания хлопчатника на юге Респу0блики Казахстан //Умбетаев, ЖЯ Батьяев–Алматы, Кус жолы. – 2000. – Т. 204.
66. Сулейменов Б., Сапаров А., Танирбергенов С. Состояние и перспективы использования орошаемых сероземов Южного Казахстана //Почвоведение и агрохимия. – 2013. – №. 1. – С. 19-27.
67. Laiskhanov, S. U., Otarov, A., Savin, I. Y., Tanirbergenov, S. I., Mamutov, Z. U., Duisekov, S. N., & Zhogolev, A. Dynamics of Soil Salinity in Irrigation Areas in South Kazakhstan //Polish Journal of Environmental Studies. – 2016. – Т. 25. – №. 6.
68. Tokbergenova A.A., Zulpykharov K.B., Kaliyeva D.M., Esanbekov 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. – 2023. – Т. 32. – №. 1. <https://doi.org/10.15244/pjoes/155087>
69. Tokbergenova A.A., Zulpykharov K. B., Taukebayev O.Z., Essanbekov M.Y., Alsherieva D.Y., & Duanbekova A.Y. Анализ проблем засоления почвы на орошаемых землях Туркестанской области (на примере Мырзашольского орошаемого массива) //herald of science of s Seifullin Kazakh Agro technical research university. – 2023. – №. 1 (116). – С. 120-137.
70. Қазақстан Республикасында суармалы жерлердің мелиорациялық жай-күйінің мониторингін және оны бағалауды және ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің мелиорациялық жай-күйі туралы ақпараттық деректер банкін мемлекеттік жүргізу қағидаларын бекіту туралы бұйрығы. ҚР АШМ 2016 жылдың 25 шілдедегі № 330 бұйрығы. <https://law.gov.kz/client/#!/doc/106992/kaz/25.07.2016/750>

71. Metternicht G. I., Zinck J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints //Remote sensing of environment. – 2003. – Т. 85. – №. 1. – С. 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8)
72. Allbed A., Kumar L. Soil salinity mapping and monitoring in arid and semi-arid regions using remote sensing technology: a review //Advances in remote sensing. – 2013. – Т. 2013. <https://doi.org/10.4236/ars.2013.24040>
73. Abbas A., Khan S., Hussain N., Hanjra M.A., & Akbar, S. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach //Physics and chemistry of the Earth, Parts A/B/C. – 2013. – Т. 55. – С. 43-52.
74. Zhang J., Ding J., Zhang Z., Wang J., Zeng X., & Ge, X. Study on the inversion and spatiotemporal variation mechanism of soil salinization at multiple depths in typical oases in arid areas: A case study of Wei-Ku Oasis //Agricultural Water Management. – 2025. – Т. 315. – С. 109542.
75. Курбанов Э.А., Воробьев О. Н. Дистанционные методы в лесном хозяйстве. – 2020. – 266 с.
76. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений //Логос. – 2001. – Т. 264.
77. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии / П. Кронберг. – М. : Мир, 1988. – 343 с.
78. Савиных В.П., Соломатин В.А. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования. Учебник для вузов. — М.: Недра, 1995. – 315 с
79. Савиных В.П., Соломатин В.А.. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования. Учебник. – М.: Машиностроение, 2014. – 432 с.
80. Wójtowicz M., Wójtowicz A., & Piekarczyk J. Application of remote sensing methods in agriculture //Communications in biometry and crop science. – 2016. – Т. 11. – №. 1. – С. 31-50.
81. Vinciková H., Hais M., Brom J., Procházka J., & Pecharová E. Use of remote sensing methods in studying agricultural landscapes– //Journal of Landscape Studies. – 2010. – Т. 3. – С. 53-63.
82. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы //М.: Техносфера. – 2008. – Т. 312. – С. 10.
83. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Методы и модели и методы обработки изображений. Техносфера, 2013. – 560 с
84. Rogan J., Chen D. M. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change //Progress in planning. – 2004. – Т. 61. – №. 4. – С. 301-325. [https://doi.org/10.1016/S0305-9006\(03\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0305-9006(03)00066-7)
85. Книжников Ю.Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. – 2004. – 416
86. Корчуганова Н.И., Корсаков А.К. Дистанционные методы геологического картирования. – 2009.
87. Vinciková H., Hais, M. Brom, J. Procházka J., & Pecharová E. Use of remote sensing methods in studying agricultural landscapes– //Journal of Landscape Studies. – 2010. – Т. 3. – С. 53-63.

88. Teillet P.M., Staenz K., William D.J. Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions //Remote Sensing of Environment. – 1997. – Т. 61. – №. 1. – С. 139-149. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00248-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00248-9)
89. Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J. Remote sensing and image interpretation. – John Wiley & Sons, 2015.
90. Дарменбеков А.Е., Асқарбек М.А., Астанкевич А.В. Использование спутников дистанционного зондирования в военной отрасли. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Военная подготовка в гражданских вузах на современном этапе: история, тенденции и перспективы развития» – 2023.
91. Лаврова О.Ю., Лупян Е.А., Барталев С.А. Итоги Семнадцатой Всероссийской открытой конференции с международным участием «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16. – №. 6. – С. 305-310.
92. Лаврова О.Ю., Лупян Е.А., Барталев С.А., & Кобец Д.А. Итоги и особенности Восемнадцатой Всероссийской открытой конференции с международным участием «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2020. – Т. 17. – №. 7. – С. 292.
93. Якушев В. П., Захарян Ю. Г., Блохина С. Ю. Состояние и перспективы использования дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19. – №. 1. – С. 287-294.
94. Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
95. Huang Y., Chen Z. X., Tao Y. U., Huang X. Z., & Gu X. F. Agricultural remote sensing big data: Management and applications //Journal of Integrative Agriculture. – 2018. – Т. 17. – №. 9. – С. 1915-1931. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61859-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61859-8)
96. Camacho A., Arguello H. Smartphone-based application for agricultural remote technical assistance and estimation of visible vegetation index to farmer in Colombia: AgroTIC //Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX. – SPIE, 2018. – Т. 10783. – С. 137-148. <https://doi.org/10.1117/12.2502125>
97. Ok A.O., Akar O., Gungor O. Evaluation of random forest method for agricultural crop classification //European Journal of Remote Sensing. – 2012. – Т. 45. – №. 1. – С. 421-432. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20124535>
98. Foerster S., Kaden K., Foerster M., & Itzerott S. Crop type mapping using spectral-temporal profiles and phenological information //Computers and Electronics in Agriculture. – 2012. – Т. 89. – С. 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.07.015>

99. Ali I., Cawkwell F., Dwyer E., Barrett B., & Green S. Satellite remote sensing of grasslands: from observation to management //Journal of Plant Ecology. – 2016. – Т. 9. – №. 6. – С. 649-671. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw005>
100. Reinermann S., Asam S., Kuenzer C. Remote sensing of grassland production and management - A review //Remote Sensing. – 2020. – Т. 12. – №. 12. – С. 1949. <https://doi.org/10.3390/rs12121949>
101. Mulder V. L., De Bruin S., Schaepman M. E., & Mayr T. R. The use of remote sensing in soil and terrain mapping—A review //Geoderma. – 2011. – Т. 162. – №. 1-2. – С. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.12.018>
102. Vinciková H., Hais M., Brom J., Procházka J., & Pecharová E. Use of remote sensing methods in studying agricultural landscapes— //Journal of Landscape Studies. – 2010. – Т. 3. – С. 53-63.
103. Valenzuela A., Reinke K., Jones S. A new metric for the assessment of spatial resolution in satellite imagers //International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2022. – Т. 114. – С. 103051. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103051>
104. Toth C., Józków G. Remote sensing platforms and sensors: A survey //ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2016. – Т. 115. – С. 22-36. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.004>
105. Suwanprasit C., Srichai N. Impacts of spatial resolution on land cover classification //Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network. – 2012. – Т. 33. – №. 0. – С. 39. <http://dx.doi.org/10.7125/APAN.33.4>
106. Ozdogan M., Yang Y., Allez G., & Cervantes C. Remote sensing of irrigated agriculture: Opportunities and challenges //Remote sensing. – 2010. – Т. 2. – №. 9. – С. 2274-2304. <https://doi.org/10.3390/rs2092274>
107. EOS Data Analytics (EOSDA) ресми сайты. <https://eos.com/ru/>, <https://eos.com/ru/blog/prostranstvennoe-razreshenie-sputnikovykh-snimkov/#ref-anchor-3>
108. Ozdogan M., Yang Y., Allez G., & Cervantes C. Remote sensing of irrigated agriculture: Opportunities and challenges //Remote sensing. – 2010. – Т. 2. – №. 9. – С. 2274-2304. <https://doi.org/10.3390/rs2092274>
109. Khanal S., Kc K., Fulton J.P., Shearer S., & Ozkan E. Remote sensing in agriculture—accomplishments, limitations, and opportunities //Remote Sensing. – 2020. – Т. 12. – №. 22. – С. 3783. <https://doi.org/10.3390/rs12223783>
110. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., & Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone //Remote sensing of Environment. – 2017. – Т. 202. – С. 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
111. ҚР Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі, «Қазақстан Ғарыш Сапары» Ұлттық компаниясы» АҚ ресми сайты. <https://www.gharysh.kz/>
112. ҚР Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігінің ресми сайты. <https://www.gov.kz/>, <https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/activities/799?lang=kk>

113. ҚР ұлттық Атласы II Том Халқы, Әкімшілік-аумақтық бөлінісі (1:2 500 000), 2010 ж. -Алматы 146-147 беттер
114. ҚР ұлттық Атласы I Том Ландшафттар. Физикалық-географиялық аудандастыру (1:2 500 000), 2010 ж. -Алматы 146-147 беттер
115. Бабушкин Л.Н. Агроклиматическое описание Средней Азии. — Ташкент: Вопросы агроклиматического районирования Средней Азии, Том 36, 1964 г.
116. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті Қазақстан Республикасының 2022 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі, Астана, 2022 жыл. 321 бет
117. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті Қазақстан Республикасының 2020 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі, Астана, 2020 жыл. 265 бет
118. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті Қазақстан Республикасының 2017 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі, Астана, 2018 жыл. 273 бет
119. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті Қазақстан Республикасының 2014 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі, Астана, 2015 жыл. 305 бет
120. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті Қазақстан Республикасының 2011 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі, Астана, 2012 жыл. 250 бет
121. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті Қазақстан Республикасының 2004 жылғы жер жағдайы және оның пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалы есебі, Астана, 2005 жыл. 175 бет
122. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Жер Ресурстарын басқару комитеті «Оңтүстік Қазақстан гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ Түркістан облысы суармалы жерлерінің 2013-2023 жж мелиоративтік жағдайы туралы ақпараттық есептері, Шымкент
123. Xu H. Image-Based Normalization Technique Used for Landsat TM/ETM~+ Imagery // Geomatics and Information Science of Wuhan University. — 2007. — Т. 32, № 1. — С. 62-66.
124. Wulder M. A., Loveland T. R., Roy D. P., Crawford C. J., Masek J. G., Woodcock C. E., Allen R. G., Anderson M. C., Belward A. S., Cohen W. B. Current status of Landsat program, science, and applications // Remote sensing of environment. — 2019. — Т. 225. — С. 127-147. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>.

125. Metternicht, G., & Zinck, J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints //Remote sensing of environment. – 2003. – T. 85. – №. 1. – C. 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8)
126. Gojiya K. M., Patel H. R., & Modi H. A. Remote sensing and GIS applications in soil salinity analysis: A comprehensive review //International Journal of Environment and Climate Change. – 2023. – T. 13. – №. 11. – C. 2149-2161. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100322>
127. Sarkar S.K., Rudra R.R., Sohan A.R., Das P.C., Ekram K.M.M., Talukdar S., ... & Islam A.R.M. T.Coupling of machine learning and remote sensing for soil salinity mapping in coastal area of Bangladesh //Scientific Reports. – 2023. – T. 13. – №. 1. – C. 17056. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115984>
128. Abuelgasim A., Ammad R. Mapping soil salinity in arid and semi-arid regions using Landsat 8 OLI satellite data //Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2019. – T. 13. – C. 415-425. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.010>
129. El-Rawy M., Abd-Elaty I., El-Fiky M., El-Shirbeny M. A. Mapping and monitoring of soil salinity using geospatial techniques: A case study of arid land in Egypt // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2024. – T. 33. – C. 101040. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101040>
130. Bandak A., Elhag M., Al-Ghamdi A. Assessment of soil salinity impact on agricultural productivity using remote sensing and field data // Geocarto International. – 2024. – T. 39. – №. 2. – C. 326–345. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2106799>
131. Akram W., Nazeer M., Ahmad S. R. Advancements in soil salinity mapping using remote sensing and machine learning: A review // Environmental Monitoring and Assessment. – 2022. – T. 194. – №. 12. – C. 936. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10606-1>
132. Xu G., Chen X., Yu L., Gong P. Artificial intelligence in global change studies: A review // Earth-Science Reviews. – 2022. – T. 226. – C. 103952. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.103952>
133. Nguyen T. H., Nguyen H. D., Huynh D. AI security in Earth observation: Challenges and perspectives // ArXiv Preprint. – 2023. – arXiv:2302.12345. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.12345>
134. Li Y., Zhang B., Yang C., Zhao Y. Machine learning-based soil salinity mapping using Sentinel-2 imagery and field data: A case study in arid farmland // Frontiers in Environmental Science. – 2024. – T. 12. – C. 1198723. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1198723>
135. Canty M. J. Image analysis, classification and change detection in remote sensing: With algorithms for ENVI/IDL and Python (3rd ed.). – CRC Press, 2014. <https://doi.org/10.1201/b17074>
136. Jia K., Liang S., Wei X., Yao Y., Su Y., Jiang B. Land cover classification of Landsat data with phenological features extracted from time series MODIS NDVI data // Remote Sensing. – 2014. – T. 6. – №. 11. – C. 11518–11532. <https://doi.org/10.3390/rs6111518>

137. Zhang C., Xie Z. Integration of Landsat data and machine learning algorithms for automatic land cover classification in ENVI/IDL environment // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2020. – T. 19. – C. 100343. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100343>
138. McFeeters S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. – 1996. – T. 17. – №. 7. – C. 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
139. Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // NASA Special Publication. – 1973. – №. 351. – C. 309–317.
140. Rondeaux G., Steven M., Baret F. Optimization of soil-adjusted vegetation indices // Remote Sensing of Environment. – 1996. – T. 55. – №. 2. – C. 95–107. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(96\)00052-1](https://doi.org/10.1016/0034-4257(96)00052-1)
141. Liu X., Huete A. R. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 1995. – T. 33. – №. 2. – C. 457–465. <https://doi.org/10.1109/36.377948>
142. Debnath R., Pal D. K. Normalized Difference Salinity Index (NDSI) based thematic mapping of salt-affected soils in the Sundarbans // Environmental Monitoring and Assessment. – 2021. – T. 193. – №. 3. – C. 152. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08961-3>
143. Singh A., Harrison A. Standardized principal components // International Journal of Remote Sensing. – 1985. – T. 6. – №. 6. – C. 883–896. <https://doi.org/10.1080/01431168508948511>
144. Foody G. M. Status of land cover classification accuracy assessment // Remote Sensing of Environment. – 2002. – T. 80. – №. 1. – C. 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
145. Jensen J. R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (4th ed.). – Pearson, 2016.
146. Abbas A., Khan S., Hussain N., Hameed S. Comparative evaluation of salinity indices for soil salinity mapping in arid zones // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2023. – T. 29. – C. 100920. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100920>
147. Zhao K., Wu X., Li Q. Optimization of salinity-sensitive indices for arid land monitoring // Remote Sensing. – 2022. – T. 14. – №. 10. – C. 2351. <https://doi.org/10.3390/rs14102351>
148. Yang F., Liu G., Chen X. UAV-based inversion of soil salinity using spectral indices in oasis regions // Sensors. – 2023. – T. 23. – №. 6. – C. 3144. <https://doi.org/10.3390/s23063144>
149. Sowmya S. V., Jayaraju N. Development of spectral indices for soil salinity detection under residual vegetation // Environmental Monitoring and Assessment. – 2021. – T. 193. – C. 577. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09268-z>

150. Yuan Z., Li H., Zhang Y. Remote sensing-based modeling of soil salinity using vegetation and reflectance synergy // *Catena*. – 2022. – Т. 212. – С. 106087. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106087>
151. Chen Y., Ma X. Multi-index brightness synthesis for mapping soil salinity in drylands // *Journal of Arid Environments*. – 2023. – Т. 205. – С. 104878. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104878>
152. Singh A., Harrison A. Standardized principal components // *International Journal of Remote Sensing*. – 1985. – Т. 6. – №. 6. – С. 883–896. <https://doi.org/10.1080/01431168508948511>
153. Ghorbani A., Hashim M. Evaluation of supervised classifiers for soil salinity mapping in arid environments // *Catena*. – 2016. – Т. 139. – С. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.12.007>
154. Ahmad M., Qayyum A., Ubaid A. Comparative analysis of unsupervised ISODATA clustering and supervised classification for land cover mapping // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. – 2019. – Т. 82. – С. 101930. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101930>
155. Landis J. R., Koch G. G. The measurement of observer agreement for categorical data // *Biometrics*. – 1977. – Т. 33. – №. 1. – С. 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
156. Benesty J., Chen J., Huang Y., Cohen I. Pearson correlation coefficient // In: *Noise Reduction in Speech Processing*. – Springer, 2009. – С. 1–4. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00296-0_5
157. Умбетаев И., Батъкаев Ж. Я. Система возделывания хлопчатника на юге Респу0блики Казахстан // Умбетаев, ЖЯ Батъкаев–Алматы, Кус жолы. – 2000. – Т. 204.
158. Сулейменов Б., Сапаров А., Танирбергенов С. Состояние и перспективы использования орошаемых сероземов Южного Казахстана // *Почвоведение и агрохимия*. – 2013. – №. 1. – С. 19-27.
159. Tokbergenova A.A., Zulpykharov K.B., Kaliyeva D.M., Esanbekov 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*. – 2023. – Т. 32. – №. 1. <https://doi.org/10.15244/pjoes/155087>
160. Tokbergenova A.A., Zulpykharov K. B., Taukebayev O.Z., Essanbekov M.Y., Alsherieva D.Y., & Duanbekova A.Y. Анализ проблем засоления почвы на орошаемых землях Туркестанской области (на примере Мырзашольского орошаемого массива) // *herald of science of s Seifullin Kazakh Agro technical research university*. – 2023. – №. 1 (116). – С. 120-137.
161. Duanbekova A., Tokbergenova A., Sultanbekova P., Essanbekov M., Zulpykharov K., Sarkynov Y., ... & Kozhabekova Z. Collector-drainage water reuse for crop irrigation: Experiment on saline lands of southern Kazakhstan // *Soil Science Annual*. – 2024. – Т. 75. – №. 2.
162. Nkonya E., Mirzabaev A., Von Braun J. Economics of land degradation and improvement—a global assessment for sustainable development. – Springer Nature, 2016. – С. 686.

163. von Braun, Joachim; Gerber, Nicolas; Mirzabaev, Alisher; Nkonya, Ephraim (2013) : The economics of land degradation, ZEF Working Paper Series, No. 109, University of Bonn, Center for Development Research (ZEF), Bonn
164. ELD Initiative (2013). The rewards of investing in sustainable land management. Interim Report for the Economics of Land Degradation Initiative: A global strategy for sustainable land management. Available from: www.eld-initiative.org/
165. Croitoru L., & Sarraf M. (Eds.). (2010). The cost of environmental degradation: case studies from the Middle East and North Africa. World Bank Publications.
166. Qadir M., Quill  rou E., Nangia V., Murtaza G., Singh M., Thomas R. J., ... & Noble A. D. (2014, November). Economics of salt-induced land degradation and restoration. In Natural resources forum (Vol. 38, No. 4, pp. 282-295).
167. Singh J., & Singh J.P. (1995). Land degradation and economic sustainability. *Ecological Economics*, 15(1), 77-86.
168. Kirui O. K. (2016). Economics of land degradation and improvement in Tanzania and Malawi. *Economics of land degradation and improvement–a global assessment for sustainable development*, 609-649.
169. Sorokin A., Bryzzhev A., Stokov A., Mirzabaev A., Johnson T., & Kiselev S.V. (2016). The economics of land degradation in Russia. *Economics of land degradation and improvement–a global assessment for sustainable development*, 541-576.
170. Deng X., & Li Z. (2016). Economics of land degradation in China. *Economics of land degradation and improvement–A global assessment for sustainable development*, 385-399.
171. von Braun J., Gerber N. The economics of land and soil degradation-toward an assessment of the costs of inaction //Recarbonization of the Biosphere: Ecosystems and the Global Carbon Cycle. – 2012. – C. 493-516.
172. Nkonya E., Mirzabaev A., Von Braun J. Economics of land degradation and improvement–a global assessment for sustainable development. – Springer Nature, 2016. – C. 686.
173. Nkonya E., Mirzabaev A., von Braun J. Economics of land degradation and improvement: an introduction and overview //Economics of land degradation and improvement–a global assessment for sustainable development. – 2016. – C. 1-14.

ҚОСЫМША А

Кесте А. 1 – Мырзашөл суармалы массивінің топырақ жамылғысының тұздануы, жер асты суының деңгейі және жер асты суының тұздылығы карталарына алынған авторлық куәліктер



ҚОСЫМША Ә

Кесте Ә. 1 – Жер деградациясына байланысты әртүрлі ғылыми зерттеулерде көсетілген жер деградациясының түрлеріне шолу

Компоненттер	Жер деградациясының түрлері	Зерттеулерінде қолданылды						
		Oldeman (1994)	Scherr және Yadav (1996)	Stocking және Murnaghan (2001)	Zuquette және басқалар (2004)	Al-Awadhi және басқалар (2005)	Bai және басқалар. (2008)	Omuto және басқалар (2014)
Топырақ физикасы	Су эрозиясы	+	+	+	+	+	+	+
	Жел эрозиясы	+	+	+	+	+	+	+
	Тығыздалу	+	+	+	+	+		
	Жер бетінде қыртыстардың пайда болуы	+	+		+	+		+
	Температураның жоғарылауы			+				
Топырақ химиясы	Қышқылдану	+	+					
	Сілтілену	+	+					
	Органикалық заттардың азаюы	+	+	+	+			
	Қоректік заттардың шайылуы /сарқылуы	+	+		+		+	+
	Топырақтың ластануы	+	+		+	+	+	
Су режимі	Су деңгейінің төмендеуі	+	+					
	Батпақтану		+	+				
	Тұздану		+	+	+	+	+	+
	Судың ластануы	+			+			
Өсімдік жамылғысы	Өсімдік жамылғысының жоғалуы	+	+	+	+			+
	Түрлердің әралуандығының төмендеуі	+		+				+
Ауа / климат	Ауаның ластануы		+	+				
	Шөлейттену		+	+				

Қосымша Б

Кесте Б. 1 – М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университетінің ландшафт геохимиясы және топырақ географиясы кафедрасы ұсынған ауыл шаруашылығында пайдалану кезінде топырақ деградациясы процестерінің топтарға жіктелуі.

№	Деградация процестері	Деградацияның әсері	Әсерді жеңу немесе барынша азайту тәсілі
1	2	3	4
Химиялық деградация			
1	Гумустың жылдам ыдырауы және оның қайта синтезделу процесінен басым болуы	Гумустық деградация, дегумификация	Көң енгізу, өсімдік қалдықтарын пайдалану, қатардағы дақылдардың үлесін азайту, шөп егу, топырақты ұқыпты өңдеу
2	Азоттың ауа арқылы жоғалуы мен өсімдіктердің коректенуіне жұмсалудың оның биологиялық жинақталуынан басым болуы	Азоттық деградация, денитрификация. $N-NO_3$ шығымы	№1 қосымша: азоттық тыңайтқыштар (N) жетіспеушілігі бар 0-60 см қабатқа енгізу, бұршақ тұқымдас дақылдардың (жоңышқа және басқа) егу көлемін арттыру
3	Фосфордың өсімдіктердің коректенуіне жұмсалуды, оның компенсациялық енгізілмеуі жағдайында жоғалуы	Фосфорлық деградация, дефосфатизация	№1 қосымша: Р жетіспеушілігі бар 0-60 см қабатқа фосфорлы тыңайтқыштарды енгізу
4	Калийдің өсімдіктердің коректенуіне жұмсалуды, оның компенсациялық енгізілмеуі жағдайында жоғалуы	Калийлік деградация, депоташизация	№1 қосымша: Калийді талап ететін дақылдарға калийлік тыңайтқыштарды енгізу. Негізінен топырақ резервтерін пайдалану
5	Кальцийдің жеке формаларын шығаруы, гидролитикалық қышқылдықтың өсуі, рН мәнінің төмендеуі	Кальцийлік деградация, топырақтың қышқылдануы, декальцинация	Физиологиялық сілтілі тыңайтқыштар, әктілеу немесе қант өнеркәсібінің қалдықтарын енгізу
6	Топырақта кейбір микроэлементтердің, мысалы, йодтың, фтордың, цинктің жетіспеушілігі	Микроэлементті жетіспеушілік	Органикалық тыңайтқыштар, микротыңайтқыштарды енгізу
7	Жер үсті және өзен ағындары арқылы тұздардың көбеюі	Гидрохимиялық деградация	Өзен бассейндеріндегі еніс ағыны мен эрозияны азайту, тыңайтқыштарды ағынмен жууға жол бермеу
8	Минералды суларды суару үшін пайдаланған кезде топырақтың тұздануы	Галургиялық деградация, топырақтың шамадан тыс тұздануы	Кондициялық емес суларды суаруға тыйым салу, тұщы сумен шаю
Физикалық деградация			
9	Топырақтың нашар өңделуінен түйіршікті құрылымның бұзылуы	Құрылымның бұзылуы, дезагрегация	Топырақты жетілген күйінде өңдеу, көпжылдық шөптерді егу, полимерлер
10	Топырақтың 0,5 м тереңдікке дейінгі қабатының тығыздалуы, кеуекті кеңістігінің және судың сүзгілу қасиетінің қысқаруы	Тығыздалу деградациясы, кеуектіліктің төмендеуі	Ауыр доңғалақты тракторларды топырақты өңдеуге жол бермеу (алдын алу), топырақты терең қопсыту
11	№10-11 қосымша: пайдасыз беткі ағын мен судың физикалық булануы	Құрғату деградациясы, атмосфералық құрғақшылықпен байланысу	Күзгі жер жырту, терең өңдеу, орманды және бұталарды қорғау

Кесте Б. 1 – жалғасы			
1	2	3	4
12	Топырақты өңдеу ережелері мен мерзімдерінің бұзылуы себебінен топырақ құрылымының қатайуы (қатты түйірлер)	Агротехникалық деградация, егістік қабаты құрылымының нашарлауы	Өңдеу нормаларын сақтау, тиісті тіркеме құралдарын және жырту техникаларын пайдалану
13	Дегумификацияға байланысты минералды коллоидтардың бөлінуі кезіндегі егістік қабаттың төменгі бөлігінің псевдосолитизациясы	Псевдосолитизациялық тығыздалу, егістік қабаттың деградациясы, гидролитикалық деградация	№ 1,10,11,12 қосымша егістік қабатын өңдеудің арнайы әдістері, оның жай-күйін бақылау
14	Атмосфера мен топырақ арасындағы газ алмасудың нашарлауы, оған O ₂ енуі және шамадан тыс тығыздау салдарынан CO ₂ бөлінуі	Аэрологиялық деградация, газ-атмосфералық функцияның бәсеңдеуі	№10, 11, 13, 14 Әдістерді орындау
15	Артық ылғалдану, жер асты суларының деңгейінің көтерілуі, кейде бұл процестер тұзданумен қатар жүреді	Артық ылғалданудың салдарынан батпақты ошақтарының пайда болуы, батпақты деградация	Артық суарды дренаждық және кашыртқы (сброс) әдістерімен құрғату. Қалдық суларды жабайы флора мен фауна үшін биосфералық-экологиялық оазистерге айналдыру
16	Топырақтың қарашірік мөлшерінің азаюымен олардың сарқылуына байланысты жылу режимінің бұзылуы	Топырақтың деколоризациясы, ашыту деградациясы	Топырақтың гумус мөлшерін арттырудың барлық тәсілдері
Биологиялық деградация			
17	Топырақтың толық немесе жартылай өсімдіктерден ашылуы	Дефолиация, дефольдық деградация	Егістердің сиреуіне, топырақтың ашылуына жол бермеу
18	Жер қазушыларды (кеміргіштердің) жою, кеміргіштер індерінің қалыптасуын азайту	Девертебрация, девертебраттық деградация	Ауыспалы егіс жүйесінің компоненттерін пайдалану, жер қазушыларға (кеміргіштерге) жанашырлықпен қарау
19	№1, 11 себептерінен мезофаунаға әсер ету және оның саны мен түрлік әртүрлілігінің азаюы	Мезофауна белсенділігінің төмендеуі, мезофаунистикалық деградация	№ 1,9,13,15,16 әдістерді орындау, кейде жауын құрттарды енгізу
20	№1,2,11 салдарынан микроорганизмдердің қызметін тежеу, олардың түрлік әртүрлілігін төмендету	Микроорганизмдердің белсенділігінің төмендеуі, микробиологиялық және биохимиялық деградация	№ 1,8,11,13,14 әдістерді орындау, кейде пайдалы микроорганизмдерді енгізу
21	№1, 2, 8, 11, 21 себептерінен ферменттердің санының азаюы	Ферменттердің белсенділігінің төмендеуі, деэнзиматикалық деградация	Микрооргонизмдердің белсенділігін арттыру
22	Топырақты фитопатогенді микроорганизмдер мен заттармен ластану	Топырақтың шаршауы, фитотоксикалық деградация	Токсикозға сезімтал өсімдіктердің монокультурасына жол бермеу
23	Топырақ профилінің төменгі бөлігінің батпақтануы, жер асты суларының деңгейінің көтерілуі немесе үстіңгі қабат суының түзілуі	Анаэробты режимнің орнауы, қалпына келтіру деградациясы (редукциялық деградация)	Аумақтың гидрологиялық режимін дұрыс басқару
24	Кеміргіштер мен жауын құрттардың жұмысына кедергі жасау кезінде төменгі және жоғарғы горизонттардың зат алмасуының (турбация) төмендеуі (№18,19)	Антитурбациялық, зоантитурбациялық деградация	№18, 19 әдістерді орындау
Профильдік деградация			
25	А қабатының жартысының гидромеханикалық шайылуы	Әлсіз эрозиялық деградация	Топырақты беткейге көлденең бағытта өңдеу және қарапайым топырақ қорғау тәсілдерін қолдану

Кесте Б. 1 – жалғасы			
1	2	3	4
26	А қабатының толықтай және В қабатының бір бөлігінің гидромеханикалық шайылуы	Орташа эрозиялық деградация	№25-ға қосымша: қатарлап егілетін дақылдардың үлесін шектеу, фитомелиорация әдістерін қолдану
27	А қабатының толықтай және В қабатының жартысының гидромеханикалық шайылуы	Күшті эрозиялық деградация	Қатарлап егілетін дақылдарды алып тастау, жергілікті мелиоранттарды пайдалана отырып жер өңдеу
28	Бүкіл топырақ профилін жуу, топырақ түзетін жыныстың бетіне шығу	Топырақ жамылғысының геологизациясы, топырақтың контрреволюциясы	№27-дегідей, алайда нәтиже өте аз
29	Жарамсыз (кондиционерленбеген) сулармен суару кезінде топырақтың тұздануы және сорлануы	Галосолонеттік деградациясы, сортаң горизонттың қалыптасуы	Гипс пайдалану
30	Үлкен мөлшердегі жарамсыз сумен суару кезінде тұздану мен батпақтану процестері, минералогиялық құрамның трансформациясы	Ирригациялық-минералогиялық деградация, минералогиялық құрамның нашарлауы және жаңа зиянды топырақ типінің қалыптасуы	Белсенді суару режимінен шығу, топырақтарды пайдалану және мелиорациялау үшін жаңа тәсілдерді әзірлеу
Географиялық және жалпы биосфералық деградациялар			
31	Өңдеуден кейін тыңайтқыштардың біркелкі берілмегендігінен танап (егістік алқабы) әртүрлі құнарлылық пен өнімділікке ие болуы	Танапшілік деградация, (внутрипольная) құнарлылықтың әртүрлі таралуы	Тыңайтқыштарды егістік жерлердің әртүрлі бөліктеріндегі құрамын есептей отырып енгізуді реттеу, дәлме-дәл егіншілік
32	Деградацияның көптеген түрлерінің біркелкі емес дамуы әсерінен топырақ профилінің күрделенуі	Географиялық, кеңістіктік деградация	Топырақ жамылғысының гомогенизациясы, шайылған топырақтарды пайдалану, шатқалдарды толтыру және жерлерді консолидациялау
33	Бірнеше деградациялық процестердің әсерінен топырақтардың экологиялық функцияларының айтарлықтай әлсіреуі	Биосфералық-экологиялық және жалпыфункционалдық деградация	Деградацияны жөну әдістерінің кешендері (№1-32)
34	Топырақтардың биоөнімділігі мен бонитетінің төмендеуі, ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігі мен топырақтың пурификациялық функциясының әлсіреуі	Контрпродуктивті деградация, топырақтың құнарлылығын айтарлықтай төмендеуі және олардың адам мен жануарлар денсаулығына қорғаныштық функцияларының әлсіреуі	Ландшафттық немесе геобиоценодикалық негіздерде егіншілікті экологияландыру, өңделетін аумақтарды ұлғайту

Қосымша В

Кесте В.1 – Суармалы жерлердің 1000 гектарға жұмыстардың құрамы, көлемі мен бақылау ұңғымаларындағы ыза суларының деңгейін өлшеудің кезеңділігі

Суармалы жерлердің санаттары	Бақылау ұңғымаларының саны, дана	Ыза сулары деңгейлерін өлшеудің кезеңділігі	Ұңғымалардағы су деңгейін өлшеулердің саны жылына, өлшеу
Ia	1	2 айда бір рет	6
Iб	5		30
Iв	7		42
II	10	айына бір рет	120
IV	1		12
IIIa	12	Вегетациялық кезеңде он күн сайын және вегетацияаралық кезеңде ай сайын	180+84=264
IIIб	20		300+140=440

Кесте В. 2 – Суармалы жерлердің 1000 гектарға ыза суларының минералдануы мен химиялық құрамын зерттеуге арналған жұмыстардың құрамы, көлемі мен кезеңділігі

Суармалы жерлердің санаттары	Бақылау ұңғымаларының саны, дана	Су сынамаларын алудың кезеңділігі	Химиялық талдауға арналған су сынамаларының саны жылына, дана
Ia	1	Вегетациялық кезеңге дейін жылына бір рет	1
Iб	5		5
Iв	7		7
II	10		10
IV	1		1
IIIa	10	Жылына екі рет: вегетациялық кезеңге дейін және вегетациялық кезеңнің соңында	20
IIIб	20		40

Кесте В. 3 – Суармалы жерлердің 1000 гектарға топырақ-тұздық түсірілімі кезіндегі жұмыстардың құрамы мен көлемі

Жұмыстардың түрлері	Суармалы жерлердің санаттары	Сортаңданған жерлерді барлап тексеру, түсірілімге мұқтаж жерлердің алаңдарының, %	Қол ұңғымаларын бұрғылау, метр ³	Топырақ шурфтарын ұңғылау, метр ³	Су сүзіндісінің стандартты талдауына сынамалардың саны, дана
Суармалы жерлердегі топырақ-тұздық түсірілім	Ia,	20	3,0	0,75	8
	Iб,		9,0	2,25	24
	Iв		21	5,25	56
	II,				
	IIIa				
	IIIб				

Кесте В. 4 – Топырақ-тұздық түсірілімдердің 1 шаршы шақырымға ұсынылатын топырақ қазбаларының саны

Түсірілім масштабы	Күрделілік санаты		
	1	2	3
	1 шаршы шақырымға қазбалардың саны		
1:200000	0,08	0,11	0,15
1:100000	0,20	0,25	0,33
1:50000	0,75	0,9	1,2
1:25000	1,5	2,0	2,5
1:10000	3,0	5,6	6,7
1:5000	8,0	12,0	15,0
1:2000	20,0	25,0	35,0

Кесте В. 5 – 1 шаршы шақырым бойынша топырақ-тұздық түсірілімдер кезіндегі топырақ кескіндерінің саны

Түсірілім масштабы	Кескіндер саны	Үлгілер саны
1:50000	1	7-8
1:25000	3	20-25
1:10000	7	50-60
1:5000	15	100-120
1:2000	35	250-300

Кесте В. 6 – Суармалы жерлердің 1000 гектарға гидрологиялық байқаудың құрамы мен көлемдері

Суармалы жерлердің санаттары	Бір бекетте жылына су деңгейін бақылаулардың саны, өлшеу	Бір бекетте жылына су шығынын өлшеудің саны, өлшеу	Коллекторлық-дренаждық су сынамаларының саны, сынама
Ша ШБ	5x3=15+ 3=18	5x3=15+ 3=18	5
	18	18	5

Кесте В. 7 – Жалпы минералдану бойынша суармалы судың сапасын бағалау

Минералдану, грамм/текше дециметр	Судың түрлері	Сапасы
0 – 1,0	Тұщы	Жақсы
1,0 – 3,0	Аздап ащы	Қанағаттанарлық. Ирригациялық-шаруашылық шарттарды ескергендегі шектеулі пайдалану
3,0 – 5,0	Қатты ащы	Қанағаттанарлықсыз. Тек ерекше жағдайларда пайдалану
5,0-тен астам	Тұзды	Қанағаттанарлықсыз. Суаруға қауіпті

Кесте В. 8 – Ирригациялық коэффициенттің есебі

Судың химиялық құрамы	Ирригациялық коэффициентті есептеуге арналған формула
$r_{Na} < r_{Cl}$	$K = 288 / 5 r_{Cl}$
$r_{Cl} + r_{SO_4} > r_{Na} > r_{Cl}$	$K = 288 / r_{Na} + 4 r_{Cl}$
$r_{Na} > r_{Cl} + r_{SO_4}$	$K = 288 / 10 r_{Na} - 5 r_{Cl} - 9 r_{SO_4}$

Қосымша В. 9 – SAR шамасы бойынша су сапасын бағалау

Судың жалпы минералдануы, грамм/текше дециметр ³	Топырақтардың сортаңдану қауіпі	SAR шамасы бойынша топырақтардың сортаңдану қауіпі			
		Төмен	Орташа	Жоғары	Өте жоғары
< 1	Төмен	8-10	15-18	22-26	> 26
1-2	Орташа	6-8	12-15	18-22	> 22
2-3	Жоғары	4-6	9-12	14-18	> 18
> 3	Өте жоғары	2-4	6-9	11-14	> 14

Кесте В. 10 – Топырақтардың химиялық құрамын анықтау кезінде қолданылатын стандарттар

Атауы	Талдаулардың түрлері	Қолданыстағы МЕМСТ
Топырақтар	Сутек көрсеткіш рН Карбонат және бикарбонат иондары су сүзіндісінде Хлор иондары су сүзіндісінде Сульфат иондары су сүзіндісінде Калий және натрий иондары су сүзіндісінде Кальций және магний иондары су сүзіндісінде	МЕМСТ 26423-85, 4-т. МЕМСТ 26424-85, 4-т. МЕМСТ 26425-85, 1-т. МЕМСТ 26426-85, 1-т. МЕМСТ 26427-85, 4-т. МЕМСТ 26428-85, 14-т.

Кесте В. 10 – Суармалы жерлердің 0-100 сантиметр қабатындағы топырақ жамылғысының тұздану дәрежесі бойынша жіктелуі

Тұздану дәрежесі	Тұздардың құралуы, %		
	Тұздану химизмінің типтері		
	С, Х - С	Х, С - Х	Сд, Х - Сд, С - Сд, Сд - С, Сд - Х
Тұзданбаған	< 0,3	< 0,2	< 0,1
Аздап	0,3 – 0,6	0,2 – 0,5	0,1 – 0,4
Орташа	0,6 – 1,0	0,5 – 0,7	0,4 – 0,6
Күшті	1,0 – 2,0	0,7 – 1,0	0,6 – 0,8
Өте күшті	> 2,0	> 1,0	> 0,8

* Ескертпе: С – Сульфатты, Х – Хлоридті, Сд - Содалы. Күшті және өте күшті тұзды жерлерге жедел жақсартылуға мұқтаж жерлер жатады.

Қосымша Г

Кесте Г.1 – Түркістан облысы суармалы жерлеріндегі топырақ жамылғысының құрылымы бойынша 2011-2023 жж динамикасы

№	Топырақтың түрлері мен түршелері	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2020	2023
1	Сұр, типтік және ашық сұр топырақтар	<u>132911</u> 25	<u>138375</u> 26	<u>162100</u> 31	<u>177293</u> 32	<u>184613</u> 33	<u>189664</u> 33	<u>188191</u> 33	<u>189209</u> 33	<u>192894</u> 34
2	Шалғынды-сұр және шалғынды-шөлді топырақтар	<u>184022</u> 35	<u>149207</u> 28	<u>147042</u> 28	<u>140397</u> 26	<u>172267</u> 30	<u>161584</u> 29	<u>163771</u> 28	<u>189185</u> 33	<u>168568</u> 29
3	Сұр -шалғынды және аллювийлі-шалғынды топырақтар	<u>102735</u> 20	<u>155764</u> 30	<u>118437</u> 22	<u>133912</u> 24	<u>130210</u> 23	<u>139979</u> 25	<u>146173</u> 26	<u>139235</u> 24	<u>148954</u> 26
4	Типтік шалғынды	<u>58085</u> 11	<u>40951</u> 8	<u>54761</u> 10	<u>54458</u> 10	<u>60702</u> 11	<u>66536</u> 12	<u>65443</u> 12	<u>43038</u> 8	<u>63529</u> 11
5	Сұр-қоңыр және тақыр тәрізді	<u>47200</u> 9	<u>43000</u> 8	<u>42660</u> 8	<u>42040</u> 8	<u>18762</u> 3	<u>8104</u> 1	<u>6858</u> 1	<u>11575</u> 2	-
	Барлығы	<u>524953</u> 100	<u>527297</u> 100	<u>525000</u> 100	<u>548100</u> 100	<u>566554</u> 100	<u>565867</u> 100	<u>570436</u> 100	<u>572242</u> 100	<u>573945</u> 100

* Ескерту алымындағы – га, бөліміндегі - %

Кесте Г.2 – Түркістан облысының суармалы егіншілік дамыған негізгі аудандары бойынша топырақтағы гумус мөлшері (топырақ массасының % есебімен)

№ п/ п	Административ ный район	Сынама алу мерзімі	0–50 см қабаттағы гумус мөлшері, топырақ массасының %-ымен (стационарлар бойынша орташа мән)								
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2020	2023
1	Мақтаарал	Суғаруға дейінгі	0,61	0,72	1,04	0,97	0,81	0,66	1,02	0,75	0,72
		Суғарудан кейінгі	0,58	0,87	0,60	0,49	0,56	0,95	1,61	0,92	0,80
2	Жетісай	Суғаруға дейінгі	0,92	0,72	1,28	1,11	-	-	-	0,65	0,55
		Суғарудан кейінгі	0,65	0,64	1,24	1,17	-	-	-	0,84	0,43
3	Отырар	Суғаруға дейінгі	0,91	0,62	0,97	0,70	1,45	1,71	1,4	1,08	2,45
		Суғарудан кейінгі	0,72	0,74	0,84	0,62	0,90	1,59	0,95	1,41	1,90
4	Кентау	Суғаруға дейінгі	0,89	0,79	0,74	0,67	0,98	0,88	1,37	0,85	3,03
		Суғарудан кейінгі	0,67	0,74	0,81	0,78	0,74	1,42	0,95	0,76	0,91
5	Арыс	Суғаруға дейінгі	0,75	0,72	2,65	1,02	0,76	0,74	1,23	0,94	2,10
		Суғарудан кейінгі	0,70	0,52	0,74	0,99	0,99	1,54	1,81	0,50	0,88
6	Ордабасы	Суғаруға дейінгі	1,01	0,87	0,95	1,00	1,09	0,42	1,06	1,12	1,22
		Суғарудан кейінгі	0,62	0,88	1,10	0,83	0,95	0,86	0,95	0,50	0,67
7	Шардара	Суғаруға дейінгі	1,31	0,81	1,06	0,40	1,36	0,81	1,06	0,40	1,36
		Суғарудан кейінгі	1,13	1,88	1,62	0,81	2,93	1,88	1,62	0,81	2,93

Кесте Г.3 - Түркістан облысының аудандары бөлінісіндегі бойынша бақылау құдықтарының саны

№	Аудандардың атаулары	Жер көлемі, га	2023 жылы құдықтардың саны, дана	2023 жылы қайта қалпына келтірілген саны, дана	2023 жылғы құдықтардың саны, дана								Нақты бір бақылау құдығы мен бақыланатын жер көлемі, га	Жерлердің санаты	1000 га жерге нормати в бойынш а қажет- ті құдық саны, дана	Норма бойынша қажетті құдықтар- дың жалпы саны, дана	Қажетті құдықтар- дың норма бойынша саны мен нақты санының айырмасы, дана
					барлығы	іске жарамдысы	істемей тұрғаны	оның ішінде				жойылғаны					
								майыстырылғаны	бітелгені, лайланған	оның ішінде							
										бітелгені	сүзгі бөлігі батпақтанған						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Түркістан облысы бойынша																	
1	Арыс	28892	29	2	29	28	1	-	-	-	-	1	995	I-а, I-в, II	4	116	87
2	Бәйдібек	15566	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I-а	1	15	15
3	Казығұрт	14739	59	8	59	41	18	-	11	-	-	7	320	I-а, I-в,	6	90	31
4	Мақтаарал, Жетісай	146747	655	40	655	527	128	-	-	110	-	18	278	III-а , III-б	9	1323	796
5	Ордабасы	39870	103	10	103	99	4	-	-	-	-	4	402	I-в, III-а, III-б	4	159	56
6	Отырар	49319	130	12	130	125	5	-		2	-	3	394	I-в, II	6	288	158
7	Сайрам	20950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I-а	3	63	63
8	Сарыағаш	27773	73	7	73	46	27	-	17	-	-	10	591	I-а, I-б, I-в,	4	210	138
9	Келес	24691	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Сөзақ	8136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I-а	3	21	21
11	Төлеби	16527	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I-а	3	48	48
12	Түлкібас	21804	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I-а	3	66	66
13	Сауран, Кентау к., Түркістан к.	60042	183	15	183	158	25	2	8	-	-	15	382	I-а, I-б, Iв, II,III-а, III-б	5	411	182
14	Шардара	68002	128	15	128	126	2	1	1	-	-	-	539	II, III-б	6	408	280
15	Шымкент к.	25239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I-а	3	75	75
Түркістан облысы		568297	1360	109	1360	1150	210	3	37	112	-	58	494	-	-	3293	2016

Кесте В.3 15 бағанынындағы жер санаттарының анықтамасы:

Ia - жақсы табиғи дренаждалған жерлер, ыза сулары қалыптасқан (жыл айналымында өтелген) деңгейлік режимге ие, топырағы тұзданбаған және сортаңданбаған;

Iб - нашар табиғи дренаждалған жерлер, олардың шекараларындағы ыза суларының деңгейі 10 метрден астам тереңдікте жатады және әрі қарай көтерілу үрдісіне ие;

Iв - нашар табиғи дренаждалған жерлер, олардың шекараларындағы ыза суларының деңгейі 3-тен 10 метрге дейінгі тереңдікте жатады, тұзданған топырақтар кескінінің жиынтық алаңы суармалы алқаптардың жалпы алаңының 10%-ын құрайды;

II - нашар табиғи дренаждалған суармалы жерлер, олардағы жақын жататын ыза сулары немесе тұзданған не сортаңданған топырақтар кескіндерінің жиынтық алаңы 10%-дан асады, дренажсыз;

III - күріш ауыспалы егістерін қоса алғандағы суармалы жерлер, олардың шекараларында тұзданған, сортаңданған немесе аса ылғалданған топырақты алаңдар бар;

IIIa - көлденең дренажды суармалы жерлер; IIIб - тік дренажды суармалы жерлер.

Қосымша Ғ

Кесте Ғ.1 – Түркістан облысы бойынша 2023 жылғы барлық су жүйелерінің техникалық сипаттамасы

№	Аудандар	Канал саны	Жалпы ұзындығы, км	Іргелес жатқан жер көлемі, га	Гидротехникалық құрылыстар	Каналдың түрі			
						ашық жер	лоток	бетондалған	құбыр-лы
Республикалық меншіктегі каналдар									
1	Қазығұрт	4	133,35	4142	1749	2,65	4,52	0	113,4
2	Ордабасы	2	21	2425	0	4	17	0	0
3	Созақ	11	140,2	4149	41	6,72	75,73	19,15	38,6
4	Отырар	112	688	41943	0	606,3	7,7	74	0
5	Сарыағаш	5	138,1	3872	0	126	7,2	2,3	2,6
6	Жетісай	605	1143	47511	5744	798,8	208,1	136,1	0
7	Мақтарал	477	940,8	53374	4547	806,7	95,1	38,9	0
8	Шардара	258	964,4	58814	10319	845,4	0	14,6	0
9	Келес	5	39,4	2258	21	24,5	0	0	14,9
10	Төлеби	36	262,9	6395	84	255,9	0	24,1	0
11	Түлкібас	111	572	14800	33	485,2	39,9	25,6	14
12	Кентау қ.	19	218,9	11767	0	140,5	78,4		
Барлығы:		1645	5262,1	251450	22538	4102,8	533,7	334,8	183,5
Коммуналдық меншіктегі каналдар									
1	Қазығұрт	101	634,2	11529	3578	371	25,43	0	238
2	Ордабасы	72	655,6	53000	165	525,23	83,65	44,8	0
3	Сайрам	47	363,2	18036	515	305,7	0	57,5	0
4	Созақ	8	75	2215	15	0	62	2	12
5	Отырар	6	33,6	1229	0	33,6	0	0	0
6	Сарыағаш	79	558,6	24510	0	254,4	41,1	36,7	235,5
7	Жетісай	162	396,4	2793	2576	284,7	83	28,6	0
8	Шардара	343	1056,7	36594	7881	127,7	0	17,6	0
9	Келес	143	641,3	23516	335	579,1	4,1	41	17,1
10	Төлеби	38	249,4	3359	108	174,3	0	74,9	0
11	Бәйдібек	30	263,4	11767	107	215,4	29,8	18,2	0
12	Кентау қ.	87	1083	34272		698,3	367		
Барлығы:		1116	6010,4	222820	15280	3569,5	696,1	321,3	502,6
Жеке меншіктегі каналдар									
1	Ордабасы	9	136,8	4434	86	56,25	71,58	9	0
2	Сайрам	6	64,26	2950	53	54,9	0	9,4	0
3	Созақ	3	48	893	21	0	35,6	0	12,4
4	Сарыағаш	4	225,2	5730	0	51	0	0	174,2
5	Жетісай	11	23,7	1860,6	165	15,6	4,5	3,6	0
6	Мақтарал	48	122,8	5755,5	1161	65,1	29,4	28,4	0
7	Шардара	9	75,7	15103	144	0	0	75,7	0
8	Түлкібас	1	22	2032					
Жиыны:		91	718,6	38758	1630	242,78	141,1	126,1	186,6
Барлығы:		2852	11991,1	513028	39448	7915	1371	782	873

Кесте F.2 – 2023 жылға алынған және егістікке берілген сулардың мөлшері

№	Аудандар	Жыл-дары	Суармалы жер көлемі, га		Бекіт. шектеулі су көлемі, млн.м³	Көлемі, млн.м³		Үлестік берген су, м³/га
			барлығы	пайдаланылғаны		алын-ған су	егістікке берілген су	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Арыс	2022	28862	11663	72,14	58,7	46,81	4013
		2023	28892	12990	74,12	73,73	51,39	3956
2	Бәйдібек	2022	15429	14629	65,6	32,41	26,51	1812
		2023	15566	14766	81,85	9,8	8,8	596
3	Қазығұрт	2022	14738	14738	145,0	109,71	93,67	6355
		2023	14739	14739	113,4	103,5	103,5	7022
4	Мақтаарал	2022	63033	63011	453,0	377,2	291,2	4621
		2023	62925	62672	453,0	344,5	278,8	4448
5	Жетісай	2022	83281	82978	663,0	576,5	405,6	4888
		2023	83822	83576	663,0	528,5	364,7	4363
6	Ордабасы	2022	39845	35777	220,0	203,4	170,6	4768
		2023	39870	36118	174,67	197,79	162,31	4493
7	Отырар	2022	48019	36195	201	143,5	105,8	2923
		2023	49319	33430	206,35	141,59	99,35	2971
8	Сайрам	2022	20796	20796	165,6	29,38	20,07	966
		2023	20950	20950	177,8	24,4	20,9	998
9	Сарыағаш	2022	27778	27229	458,20	433,99	353,61	1298
		2023	27773	27703	366,9	305,6	305,6	1103
10	Келес	2022	24817	24745	236,43	212,0	205,13	8289
		2023	24691	24664	221,5	211,9	211,9	8591
11	Созақ	2022	7452	6287	51,1	9,34	9,34	1486
		2023	8136	7038	20,7	9,4	9,4	1336
12	Төлеби	2022	16439	16439	52,56	21,06	15,64	951
		2023	16527	16527	64,4	27,0	21,8	1319
13	Сауран	2022	71069	49973	576	169,11	132,41	2649
		2023	60042	46165	369,38	201,53	250,84	5433
14	Түлкібас	2022	21804	21804	51,86	25,92	16,4	752
		2023	21804	21804	45,7	25,2	15,6	715
15	Шардара	2022	68003	60945	749,09	508,37	329,21	5401
		2023	68002	60818	798,5	527,8	298,9	4914
Барлығы:		2022	551365	489545	4088,44	2910,91	2221,99	4538
		2023	543058	483960	3831,27	2732,24	2203,79	4553

Кесте Ғ.3 – Облыс көлеміндегі негізгі суармалы су көздерінің тұздылығы

№	Су көздері	Үлгі алынған уақыт	Үлгі алынған орын	Тұздылығы, мг/дм ³
1	2	3	4	5
1	Шардара су қоймасы	14.09.22ж. 14.09.23ж.	Шардара қ.	1338,9 1121,1
2	Қызылқұм магистралды каналы	11.09.22ж. 11.09.23ж.	Қоссеит ауылы	1156,2 1087,3
3	Қызылқұм магистралды каналы	12.09.22ж. 12.09.23ж.	Егізқұм ауылы	1305,7 844,6
4	Сырдария өзені	14.09.22ж. 16.09.23ж.	Сүткент ауылы	1207 1275,7
5	Достық каналы	30.09.22ж. 14.09.23ж.	Мақтаарал ауданы	880 910,0
6	Малек арнасы	08.06.22ж. 14.09.23ж.	Мақтаарал ауданы	870 960,0
7	Д.Алтынбек каналы	23.09.22ж. 16.09.23ж.	Отырар а/о	500 596,14
8	Сырдария өзені	23.09.22ж. 17.09.23ж.	Көксарай а/о	1100 1099,16
9	Арыс өзені	23.09.22ж. 18.09.23ж.	Талапты а/о	710 637
10	Келес-1 өзені	02.09.22ж. 02.09.23ж.	Қазығұрт ауданы	450 660
11	Келес-2 өзені	03.09.22ж. 02.09.23ж.	Сарыағаш ауданы	1120 1392,9
12	Келес-4 өзені	04.09.22ж. 01.09.23ж.	Келес ауданы	1080,3 1163,6
13	Ханым каналы	04.09.22ж. 02.09.23ж.	Сарыағаш ауданы	240 259,5
14	Арыс-Түркістан каналы	04.09.22ж. 06.06.23ж.	Ескі Иқан	461 484
15	Арыс өзені	09.09.22ж. 13.09.23ж.	Ордабасы ауданы	436 485
16	АТК каналы	09.09.22ж. 16.06.23ж.	Ордабасы ауданы	461 484
17	Ақсу өзені	07.10.22ж. 05.10.23ж.	Ақсу ауылы	0,256 0,277
18	Арыс өзені	07.10.22ж. 05.10.23ж.	Жаскешу ауылы	0,371 435,96
19	Машат өзені	07.10.22ж. 05.10.23ж.	Кершетас ауылы	0,445 0,376
20	Құлан өзені	07.10.22ж. 05.10.23ж.	Азаттық ауылы	0,507 0,535
21	Сайрам - су	06.10.22ж. 06.10.23ж.	Көксаяқ ауылы	0,182 0,222
22	Боралдай өзені	07.10.22ж. 07.10.23ж.	Боралдай ауылы	0,429 0,344
23	Қапшағай су қоймасы	07.10.22ж. 07.10.23ж.	Казата ауылы	310 349

Кесте F.4 – Түркістан облысының негізгі су жүйелерінің ирригациялық қасиеттері

№	Су көздері	Үлгі алынған уақыт	Ирригациялық қасиеттері		
			США, мг/экв	Приклонский есебі бойынша, мг/л	
			$SAR = \frac{1,41Na}{\sqrt{Ca + Mg}}$	Су түрі	$K = \frac{6620}{Na + 2,6Cl}$
1	2	3	5	6	8
1	Шардара су қоймасы	$\frac{10.09.22ж.}{19.09.23 ж.}$	$\frac{1,87}{1,92}$	II	$\frac{16,42}{16,38}$
2	Қызылқұм МК	$\frac{11.09.22 ж.}{16.09.23 ж.}$	$\frac{1,59}{1,67}$	II	$\frac{20,61}{19,40}$
4	Сырдария өзені (Шаульдер)	$\frac{23.09.22 ж.}{17.09.23 ж.}$	$\frac{0,5}{1,6}$	II	$\frac{22}{19}$
5	Д.Алтынбек МК	$\frac{28.09.22ж.}{16.09.23 ж.}$	$\frac{0,2}{2,02}$	II	$\frac{48,0}{23,5}$
6	Арыс-Түркістан МК	$\frac{09.09.22ж.}{16.09.23 ж.}$	$\frac{2,74}{2,89}$	II	$\frac{1,32}{1,28}$
7	Арыс өзені	$\frac{09.09.22ж.}{13.09.23 ж.}$	$\frac{0,14}{0,11}$	II	$\frac{124}{110}$
8	Достық МК	$\frac{24.06.22ж.}{14.09.23 ж.}$	$\frac{1,19}{1,3}$	II	$\frac{0}{0}$
9	Малек арнасы	$\frac{30.06.22ж.}{14.09.23 ж.}$	$\frac{1,0}{1,29}$	II	$\frac{18,8}{19,1}$
10	Келес-1 өзені	$\frac{30.08.22ж.}{02.09.23 ж.}$	$\frac{1,53}{2,4}$	II	$\frac{53,17}{48,12}$

**Ескерту: SAR көрсеткіштері: 1-10 аралығында «қауіпсіз» болып есептеледі, 10-18 аралығындағы- «орташа қауіпті», ал 18-ден жоғары «қауіпті» және суаруға ұсынылмайды. Приклондық көрсеткіштері: < 1,2- «өте нашар», 1,2-5,9 аралығында- «қанағ-лықсыз», 6-18 аралығында «қанағ-лық» және 18-ден жоғары «жақсы».*

Кесте F.4 – Түркістан облысының негізгі суармалы судың сапасы

№	Су көздері	Үлгі алынған уақыт	Суармалы судың сапасы		Суармалы судың жарамдылығына жалпы баға
			Американдық	Приклондық	
1	2	3	5	6	7
1	Шардара су қоймасы	<u>10.09.22ж.</u> <u>16.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
2	Кызылқұм МК	<u>10.09.22ж.</u> <u>16.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
3	Сырдария өзені	<u>10.09.22ж.</u> <u>16.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
4	Сырдария өзені (Шәуілдір)	<u>23.09.22ж.</u> <u>27.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
5	Д.Алтынбек су жүйесі	<u>23.09.22ж.</u> <u>16.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
6	Арыс- Түркістан МК	<u>09.09.22ж.</u> <u>16.06.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
7	Арыс өзені	<u>09.09.22ж.</u> <u>13.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
8	Достық МК	<u>30.09.22ж.</u> <u>14.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
9	Ханым -2 МК	<u>03.09.22ж.</u> <u>31.08.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
10	Келес-1 өзені	<u>02.09.22ж.</u> <u>02.09.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
11	Ақсу өзені	<u>07.10.22ж.</u> <u>05.10.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
12	Машат өзені	<u>07.10.22ж.</u> <u>05.10.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
13	Құлан өзені	<u>07.10.22ж.</u> <u>05.10.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
14	Боралдай өзені	<u>07.10.22ж.</u> <u>07.10.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
15	Қапшағай су қоймасы	<u>07.10.22ж.</u> <u>07.10.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды
16	Сайрам-су өзені	<u>06.10.22ж.</u> <u>06.10.23ж.</u>	жақсы	жақсы	жарамды

Қосымша Д

Кесте Д.1 – Түркістан облысы суармалы жерлерінің жер асты суының деңгейі мен тұздылығы бойынша орналасуы

№	Аудандар	Жыл-дар	Жалпы көлемі, га	Жер асты суының деңгейі, м										Жер асты суының тұздылығы, г/л									
				0-1		1-2		2-3		3-5		> 5		0-1		1-3		3-5		5-10			
				га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%		
1	Арыс	2022	28862	114	-	996	3	2981	10	14567	51	10204	36	12888	45	15924	55	50	-	-	-		
		2023	28892	63	-	1074	3,6	3224	11	15008	53	9523	32	13059	45	15820	54	13	-	-	-		
2	Бәйдібек	2022	15429	-	-	-	-	350	2	11984	78	3095	20	13047	85	2382	15	-	-	-	-		
		2023	15566	-	-	-	-	316	2	11628	75	3622	23	13234	85	2332	15	-	-	-	-		
3	Қазығұрт	2022	14738	68	1	179	1	531	4	1810	12	12150	82	1644	11	13094	89	-	-	-	-		
		2023	14739	87	1	212	1	508	4	2070	14	11862	80	1537	10	13135	89	67	1	-	-		
4	Мақтаарал	2022	63033	85	-	5211	8	34090	54	23647	38	-	-	-	-	50023	79	10485	17	2525	4		
		2023	62925	67	1	4688	7	31837	50	26333	42	-	-	1344	2	50059	79	9282	15	2240	4		
5	Жетісай	2022	83281	643	1	8310	10	33576	40	36545	44	4207	5	309	-	62251	75	14862	18	5859	7		
		2023	83822	450	1	7949	9	33787	40	36556	44	5080	6	1030	2	62704	80	14248	17	5840	1		
6	Ордабасы	2022	39845	-	-	89	-	2342	6	30552	77	6862	17	13783	35	26000	65	62	-	-	-		
		2023	39870	-	-	-	-	3457	8,7	30480	76	5933	14,9	15900	40	22949	57	543	1	478	1		
7	Отырар	2022	48019			1427	3	10681	22	20868	44	15043	31	1473	3	40585	85	3769	8	2192	4		
		2023	49319	13	-	2959	6	10117	21	23257	47	12973	26	5254	11	36293	74	3812	7	3960	8		
8	Сайрам	2022	20796	-	-	-	-	-	-	-	-	20796	100	20796	100	-	-	-	-	-	-		
		2023	20950	-	-	-	-	-	-	-	-	20950	100	20950	100	-	-	-	-	-	-		
9	Сарыағаш	2022	27778	45		375	1	1017	4	7804	28	18537	67	681	2	25835	93	1171	4	91	1		
		2023	27773	24	1	320	1	1252	4	7794	28	18383	66	2093	8	23821	86	1720	6	139	-		
10	Келес	2022	24817	-	-	-	-	691	3	9970	40	14156	57	-	-	22726	90	2091	10	-	-		
		2023	24691	-	-	-	-	692	3	9924	40	14075	57	-	-	22637	90	2054	10	-	-		
11	Созақ	2022	7452	-	-	-	-	-	-	3503	47	3949	53	5698	76	1754	24	-	-	-	-		
		2023	8136	-	-	-	-	-	-	3826	47	4310	54	5974	73	2162	27	-	-	-	-		
12	Төлеби	2022	16439	-	-	-	-	-	-	-	-	16439	100	16439	100	-	-	-	-	-	-		
		2023	16527	-	-	-	-	-	-	-	-	16527	100	16527	100	-	-	-	-	-	-		
13	Түркістан	2022	71069			248	-	1569	2	24843	35	44409	63	41105	58	28294	40	317	-	1353	2		
		2023	60042	-	-	250	-	2646	4	21014	34	36132	62	38001	63	21095	35	300	-	646	1		
14	Түлкібас	2022	21804	-	-	-	-	-	-	-	-	21804	100	21804	100	-	-	-	-	-	-		
		2023	21804	-	-	-	-	-	-	-	-	21804	100	21804	100	-	-	-	-	-	-		
15	Шардара	2022	68003	219	-	4257	6	42124	62	18499	27	2904	4	30	-	67966	100	7	-	-	-		
		2023	68002	108	-	3890	6	42884	63	18357	27	2763	4	46	-	67949	100	7	-	-	-		
Облыс бойша барлығы		2022	551365	1174	-	21092	4	129952	22	204592	37	194555	37	149697	28	356834	64	32814	6	12020	2		
		2023	543058	812	1	21342	3,9	130720	24	206247	38	183937	34	156753	28	340956	62	32046	6	13303	3		

Кесте Д.2 – 2023 жылдың 1 қантарына жасалған Түркістан облысы ауылдық округтарындағы тұздану дәрежесі бойынша мелиоративті қолайсыз жерлерінің құрылымы

Ауыл округтер	Көлемі, га	Оның ішінде:									
		тұзданбаған		әлсіз тұзданған		орта тұзданған		күшті тұзданған		өте күшті тұзданған	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ШАРДАРА АУДАНЫ											
Ақшенгелді	11374	3847	34	2737	23	1653	15	1317	12	1820	16
Достық	5461	1193	22	1086	20	1209	22	946	17	1027	19
Қызылқұм	5356	3833	71	689	13	488	13	194	4	152	3
Қоссейіт	6870	5216	76	608	9	513	7	173	3	360	5
Алатау батр	12150	8669	71	1820	15	979	8	336	3	346	3
Көксу	9712	2588	27	3477	36	1494	15	738	8	1415	14
Сүткент	2487	1075	43	238	9	417	17	214	9	543	22
Ұзын-Ата	5726	1506	26	2138	37	1208	22	288	5	586	10
Тұрысбеков	2687	1724	64	195	7	216	8	273	10	279	11
Жаушықұм	1525	871	57	77	5	253	17	324	21	0	0
Басқа жерлер	4654	4654	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Барлығы	68002	35176	45	13065	24	8430	14	4803	7	6528	10
ОРДАБАСЫ АУДАНЫ											
Бөген	4941	4102	83	587	12	118	2	134	3	0	0
Жеңіс	4127	3053	74	739	18	253	6	82	2	0	0
Қарақұм	3183	2815	88	266	9	102	3	0	0	0	0
Төрткүл	12400	10657	86	1335	11	277	2	131	1	0	0
Барлығы	24651	20627	83	2927	12	750	3	347	2	0	0,1

Кесте Д.2 – жалғасы

Ауыл округтер	Көлемі, га	Оның ішінде:									
		тұзданбаған		әлсіз тұзданған		орта тұзданған		күшті тұзданған		өте күшті тұзданған	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
САУРАН АУДАНЫ											
Шаға	5205	4821	93	344	6	40	1	0	0	0	0
Үшқайық	4284	2652	55	852	20	171	4	126	3	483	11
Оранғай	2473	2379	96	80	3	14	1	0	0	0	0
Иассы	2350	2238	95	100	4	12	1	0	0	0	0
Қарашық	4190	4016	96	6	0,1	118	3	6	0,1	44	1
Жүйнек	4303	3681	86	515	12	107	2	0	0	0	0
Шорнақ	4236	3786	89	390	9	60	2	0	0	0	0
Қарнақ	3678	3678	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Иқан	10593	9428	89	530	5	116	1	104	1	415	4
Сауран	1460	1460	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Бабай-Қорған	2325	2325	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Жаңа Иқан	4178	3991	96	71	1	116	3	0	0	0	0
Жібек жолы	1803	1803	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Басқа жер	8964	8706	96	150	2	17	1	91	1	0	0
Барлығы	60042	54964	91,7	3038	5	771	1,3	327	0,5	942	1,5
Басқа жер	3102	1613	52	956	31	533	17	0	0	0	0
Барлығы	49319	25273	51	11168	23	5945	12	2421	5	4512	9

Кесте Д.2 – жалғасы

Ауыл округтер	Көлемі, га	Оның ішінде:									
		тұзданбаған		әлсіз тұзданған		орта тұзданған		күшті тұзданған		өте күшті тұзданған	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
ОТЫРАР АУДАНЫ											
Отырар	2871	1971	69	224	8	182	6	64	2	430	15
Талапты	4408	2590	59	500	11	400	9	250	5	668	15
Қарақоңыр	3577	1335	37	2030	57	102	3	87	2	23	1
Ақтөбе	4404	3524	80	300	6	380	9	120	3	80	2
Шілік	1509	946	63	202	13	175	12	186	12	0	0
Аққұм	7463	4253	57	1374	18	1160	16	452	6	224	3
Көксарай	5383	2621	49	1347	25	629	11	89	2	697	13
Балтакөл	4955	886	18	3162	64	697	14	169	3	41	1
Маяқұм	4700	1564	33	625	13	1110	24	687	15	714	15
Қарғалы	4009	1763	44	335	8	315	8	151	4	1445	36
Қоғам	2938	2207	75	113	4	262	9	166	6	190	6
Басқа жер	3102	1613	52	956	31	533	17	0	0	0	0
Барлығы	49319	25273	51	11168	23	5945	12	2421	5	4512	9

Кесте Д.2 – жалғасы

Ауыл округтер	Көлемі, га	Оның ішінде:									
		тұзданбаған		әлсіз тұзданған		орта тұзданған		күшті тұзданған		өте күшті тұзданған	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АРЫС АУДАНЫ											
Ақдала	10007	10007	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Кожатогай	4702	2674	57	1032	22	600	13	147	3	249	5
Дермене	4187	3613	86	310	8	185	4	79	2	0	0
Жиделі	5031	1984	39	1120	22	833	17	453	9	641	13
Байркүм	4563	1136	25	1424	31	736	16	461	10	806	18
Басқа жер	402	402	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Барлығы	28892	19816	69	3886	13	2354	8	1140	4	1696	6
МАҚТААРАЛ АУДАНЫ											
Бірлік	4574	3047	66	926	20	532	12	35	1	34	1
Енбекші	5343	2549	48	1127	21	837	16	337	6	493	9
Жамбыл	4654	2509	54	850	18	810	17	225	5	260	6
Жаңа жол	7521	3308	44	1551	21	1918	25	523	7	221	3
Иіржар	7256	3396	47	1959	27	1496	21	328	4	77	1
Мақтаарал	11390	4591	40	2794	25	3344	29	441	4	220	2
Нұрлыбаев	6436	1690	26	1409	22	2529	39	686	11	122	2
Достық	11119	3777	34	3383	30	3514	32	419	4	26	0
Қалыбеков	4632	1003	22	1725	37	1415	31	483	10	6	0
Барлығы	62925	25870	41	15724	25	16395	26	3477	6	1459	2

Кесте Д.2 – жалғасы

Ауыл округтер	Көлемі, га	Оның ішінде:									
		тұзданбаған		әлсіз тұзданған		орта тұзданған		күшті тұзданған		өте күшті тұзданған	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЖЕТІСАЙ АУДАНЫ											
Жаңаауыл	7704	2917	38	1966	26	2016	26	557	7	248	3
Жылысу	10463	3453	33	1894	18	3192	31	1247	12	677	6
Қарақай	7049	1147	16	2466	35	2596	37	510	7	330	5
Қазыбекби	8038	2805	35	2008	25	2451	30	634	8	140	2
Абай	2476	1585	64	124	5	524	21	243	10	0	0
Ералиев	8076	4806	60	1219	15	1472	18	518	6	61	1
Атамекен	10581	4556	43	1738	16	2219	21	1014	10	1054	10
Ділдабеков	5777	3218	56	864	15	1073	19	420	7	202	3
Қызылқұм	7429	3470	47	1280	17	1669	23	480	6	530	7
Мақталы	8409	3978	47	1237	15	2473	29	416	5	305	4
Ынтымақ	7820	2414	31	1484	19	1783	23	1022	13	1117	14
Барлығы	83822	34349	41	16280	19	21468	26	7061	8	4664	6
Барлығы ТО бойынша	377653	216075	57	66088	18	56113	15	19576	5	19801	5

Кесте Д.3 – 2023 жылдың 1 қантарына жасалған Түркістан облысы ауылдық округтарындағы тұздану дәрежесі бойынша мелиоративті қолайсыз жерлерінің құрылымы

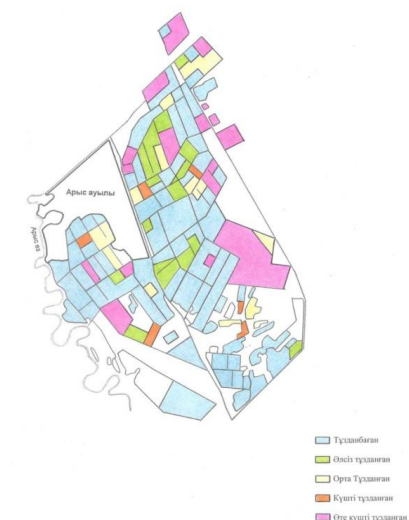
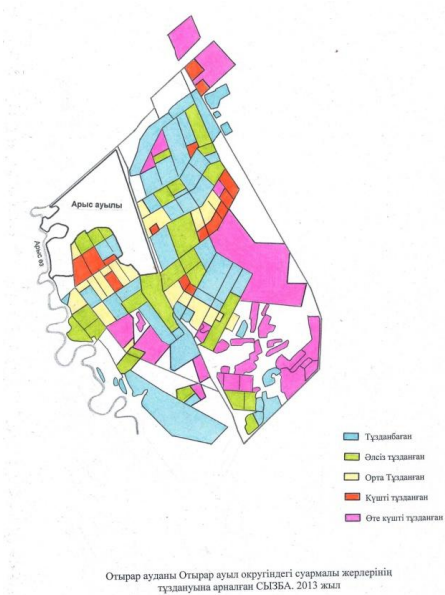
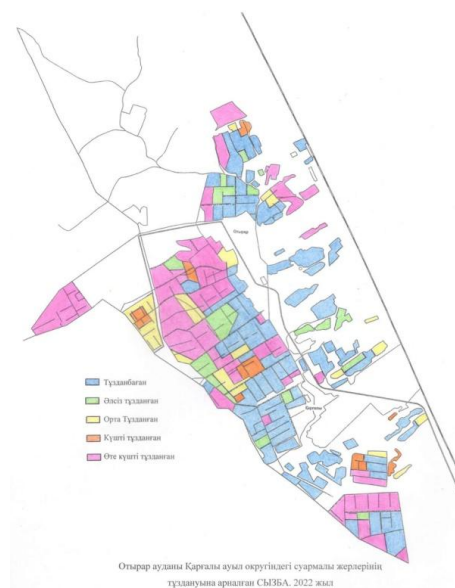
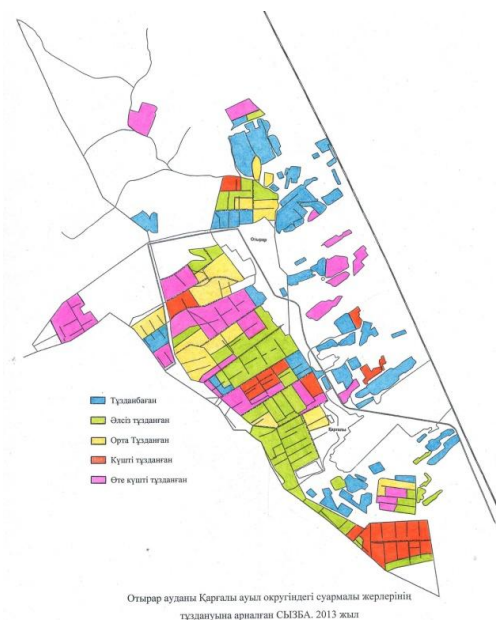
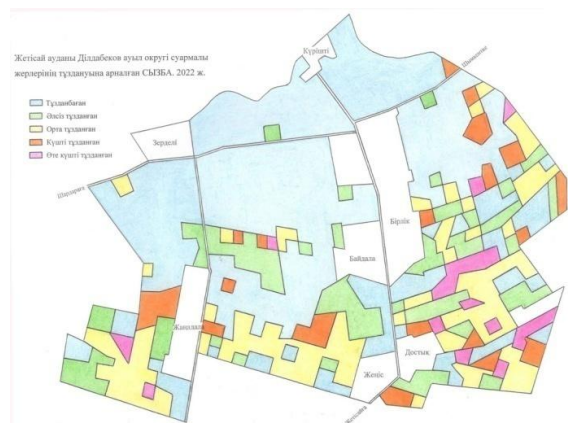
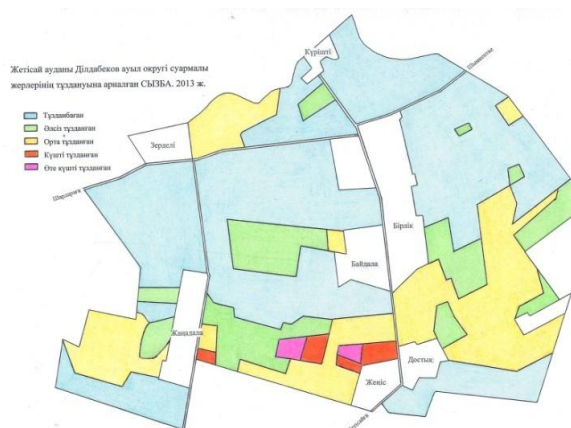
Ауыл округтер	Көлемі , га	Оның ішінде:									
		тұзданбаған		әлсіз тұзданған		орта тұзданған		күшті тұзданған		өте күшті тұзданған	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ШАРДАРА АУДАНЫ											
Ақшеңгелді	11374	3847	34	2737	23	1653	15	1317	12	1820	16
Достық	5461	1193	22	1086	20	1209	22	946	17	1027	19
Қызылқұм	5356	2225	42	1920	36	706	13	135	2	370	7
Қоссейіт	6870	5216	76	608	9	513	7	173	3	360	5
Алатау батыр	12150	5663	47	3844	31	1776	15	317	3	550	4
Көксу	9712	2588	27	3477	36	1494	15	738	8	1415	14
Сүткент	2487	899	36	842	34	296	12	161	6	289	12
Ұзын-Ата	5726	1506	26	2138	37	1208	22	288	5	586	10
Тұрысбеков	2687	1724	64	195	7	216	8	273	10	279	11
Жаушықұм	1525	871	57	77	5	253	17	324	21	0	0
Басқа жерлер	4655	4655	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Барлығы	68003	30387	45	16924	24	9324	14	4672	7	6696	10
ОРДАБАСЫ АУДАНЫ											
Бөген	4568	3729	82	587	13	118	2	134	3	0	0
Жеңіс	4034	2960	74	739	18	253	6	62	1	20	1
Қарақұм	3196	2828	88	266	9	102	3	0	0	0	0
Төрткөл	12382	10639	86	1335	11	277	2	131	1	0	0
Барлығы	24180	20156	83	2927	12	750	3	327	2	20	0,1
КЕНТАУ ҚАЛАСЫ											
Шаға	6627	6225	94	344	5	40	0,8	18	0,2	0	0
Үшқайық	4807	2652	55	852	18	345	7	300	6	658	14
Оранғай	3180	3086	97	80	2	14	1	0	0	0	0
Иассы	2682	2570	96	100	3,5	12	0,5	0	0	0	0
Қарашық	4412	4238	96	6	0,1	118	3	6	0,1	44	1
Жүйнек	4957	4335	87	515	11	107	2	0	0	0	0
Шорнақ	4934	4484	91	390	8	60	1	0	0	0	0
Қарнақ	3801	3801	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Иқан	13055	10929	83	890	7	293	2	49	1	894	7
Сауран	1975	1975	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Бабай-Қорған	3529	3448	98	78	2	3	0,1	0	0	0	0
Жаңа Иқан	7711	7524	97	71	1	116	2	0	0	0	0
Жібек жолы	2197	2197	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Басқа жер	7202	6944	95	150	3	17	1	91	1	0	0
Барлығы	71069	64408	91	3476	5	1125	1	464	1	1596	2

Кесте Д.3 – жалғасы

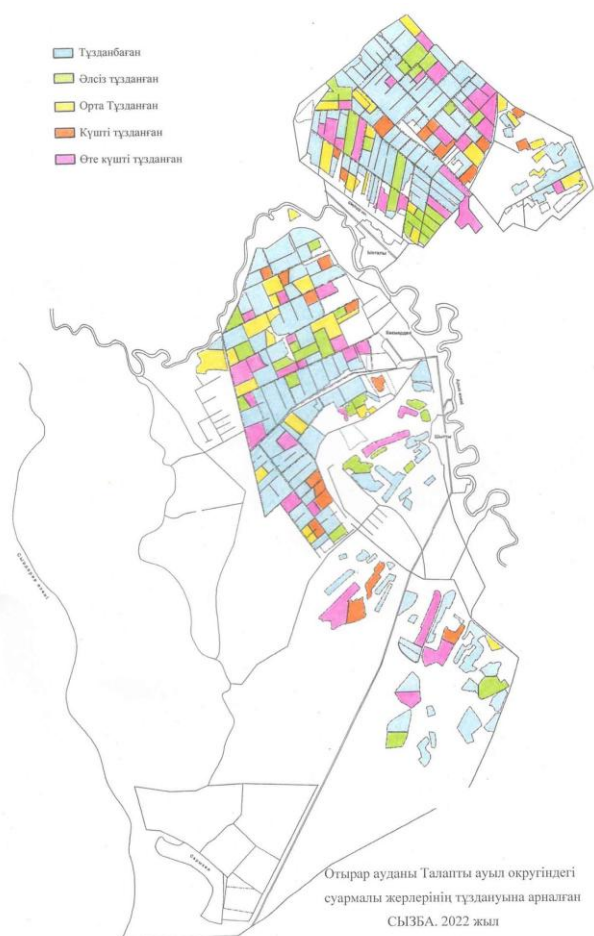
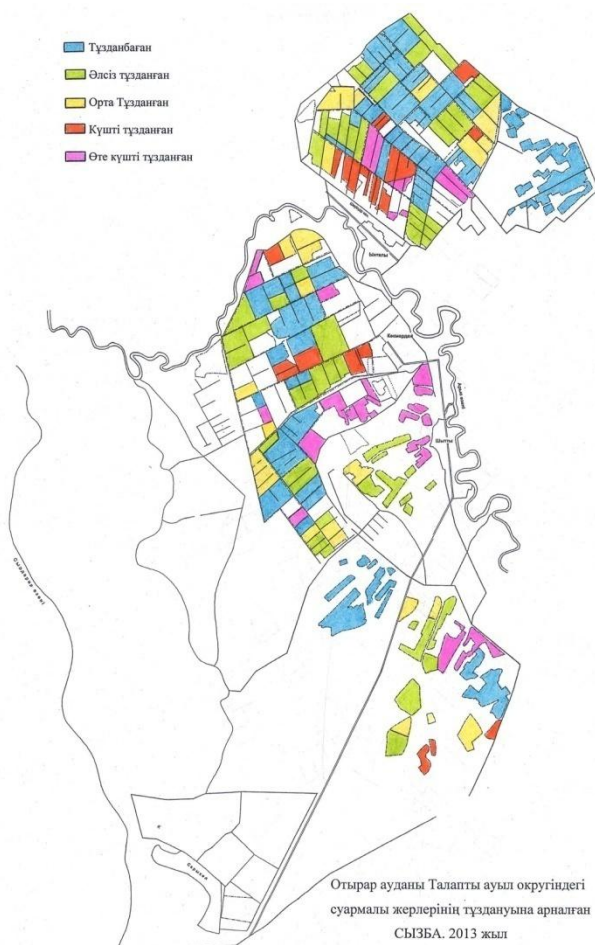
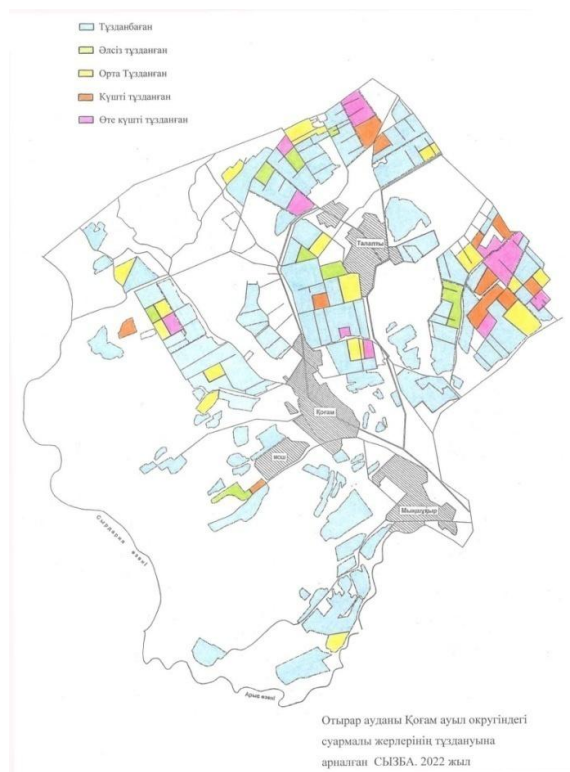
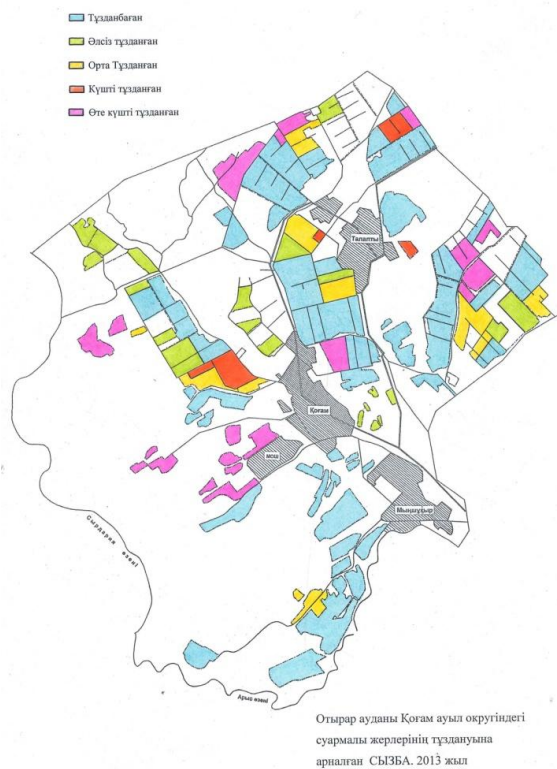
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОТЫРАР АУДАНЫ											
Отырар	2845	1158	41	810	28	190	7	194	7	493	17
Талапты	4386	1820	41	1328	30	477	11	321	8	440	10
Қарақоңыр	3448	1206	34	2030	59	102	3	87	3	23	1
Ақтөбе	3917	3037	77	300	8	380	10	120	3	80	2
Шілік	1506	943	63	202	13	175	12	186	12	0	0
Аққұм	7006	3796	54	1374	20	1160	17	452	6	224	3
Көксарай	4872	2110	43	1347	28	629	13	89	2	697	14
Балтакөл	4955	886	18	3162	64	697	14	169	3	41	1
Маяқұм	4579	1143	25	685	15	1229	27	747	16	775	17
Қарғалы	4252	1004	23	1130	27	593	14	515	12	1010	24
Қоғам	2724	1567	57	522	19	234	9	93	4	308	11
Басқа жер	3575	1628	45	1414	40	533	15	0	0	0	0
Барлығы	48065	20298	42	14304	30	6399	13	2973	6	4091	9
АРЫС АУДАНЫ											
Ақдала	10007	10007	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Кожатоғай	4702	2674	57	1032	22	600	13	147	3	249	5
Дермене	4187	3613	86	310	8	185	4	79	2	0	0
Жиделі	5001	1954	39	1120	22	833	17	453	9	641	13
Байрқұм	4469	1042	23	1424	32	736	17	461	10	806	18
Басқа жер	402	402	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Барлығы	28768	19692	68	3886	14	2354	8	1140	4	1696	6
МАҚТААРАЛ АУДАНЫ											
Бірлік	4549	3022	66	926	20	532	12	35	1	34	1
Енбекші	5736	2549	44	1520	27	837	15	337	6	493	8
Жамбыл	4873	2728	56	850	17	810	17	225	5	260	5
Жаңа жол	7141	1622	23	1551	21	2792	39	1037	15	139	2
Иіржар	7409	3549	48	1959	27	1496	20	328	4	77	1
Мақтарал	11390	4591	40	2794	25	3344	29	441	4	220	2
Нұрлыбаев	6621	1875	28	1409	21	2529	38	686	11	122	2
Достық	11283	3833	34	3491	31	3514	31	419	3,7	26	0,3
Қалыбеков	4209	580	14	1725	41	1415	34	483	11	6	0,1
Барлығы	63211	24349	39	16225	26	17269	27	3991	6	1377	2
ЖЕТІСАЙ АУДАНЫ											
Жаңаауыл	7111	2324	33	1966	28	2016	28	557	8	248	3
Жылысу	11022	4012	37	1894	17	3192	29	1247	11	677	6
Қарақай	7027	1125	16	2466	35	2596	37	510	7	330	5
Қазыбекби	7314	2081	29	2008	27	2451	33	634	9	140	2
Абай	2355	1464	62	124	5	524	22	243	11	0	0
Ералиев	8076	4841	60	669	8	1992	25	574	7	0	0
Атамекен	11140	5115	46	1738	16	2219	20	1014	9	1054	9
Ділдәбеков	5777	3158	55	581	10	1783	31	255	5	0	0
Қызылқұм	7429	3470	47	1280	17	1669	23	480	6	530	7
Мақталы	8210	3853	47	870	11	2561	31	926	11	0	0
Ынтымақ	7820	2414	31	1484	19	1783	23	1022	13	1117	14
Барлығы	83281	33857	41	15080	18	22786	27	7462	9	4096	5
Барлығы ТО бойынша	386577	213147	55	72822	19	60007	16	21029	5	19572	5

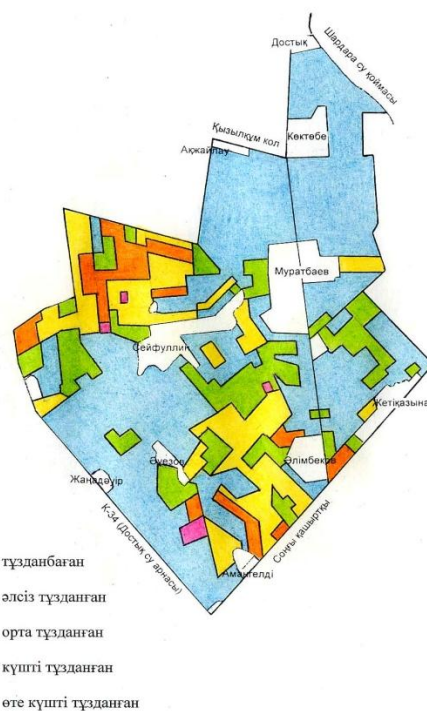
Қосымша Е

Түркістан облысының ауылдық округтері бойынша тұздану үрдістерінің сызбалары



Қосымша Е жалғасы





МАҚТАРАЛ АУДАНЫ ЖАҢА ЖОЛ АУЫЛ ОКРУГІНДЕГІ
СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ ТҮЗДАНУЫНА АРНАЛҒАН СЫЗБА
2011 ЖЫЛ

Қосымша Ж

Кесте Ж. 1- Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2013 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	84.47	80.20	19.80	15.53	354046	419118	441467
Орташа тұздану	80.20	78.08	21.92	19.80	510032	635929	653252
Қатты тұздану	80.21	83.75	16.25	19.79	444374	554026	530605
Өте қатты тұздану	89.73	93.75	6.25	10.27	340044	378960	362709
Жалпы дәлдік	82.92	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7689	-	-	-	-	-	-

Кесте Е. 2 - Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2014 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	85.57	73.64	26.36	14.43	333447	389665	452816
Орташа тұздану	77.24	78.50	21.50	22.76	534259	691671	680579
Қатты тұздану	78.65	82.81	17.19	21.35	467956	594989	565120
Өте қатты тұздану	88.12	93.30	6.70	11.88	352512	400029	377839
Жалпы дәлдік	81.30	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7463	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 3- Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2015 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	84.43	73.63	26.37	15.57	342409	405544	465010
Орташа тұздану	76.43	75.51	24.49	23.57	509341	666445	674525
Қатты тұздану	76.23	81.64	18.36	23.77	460403	603996	563969
Өте қатты тұздану	86.33	92.74	7.26	13.67	343451	397856	370337
Жалпы дәлдік	79.83	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7268	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 4 - Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2016 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	86.97	80.21	19.79	13.03	398230	457899	496498
Орташа тұздану	78.42	75.78	24.22	21.58	524414	668685	692057
Қатты тұздану	76.13	81.38	18.62	23.87	481466	632458	591631
Өте қатты тұздану	84.55	89.95	10.05	15.45	297800	352214	331070
Жалпы дәлдік	80.61	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7362	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 5- Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2017 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	85.58	77.92	22.08	14.42	335509	392050	430565
Орташа тұздану	78.65	77.62	22.38	21.35	568148	722381	731924
Қатты тұздану	76.44	79.35	20.65	23.56	476700	623602	600759
Өте қатты тұздану	83.25	89.33	10.67	16.75	308513	370572	345357
Жалпы дәлдік	80.09	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7273	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 6- Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2019 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	84.41	75.07	24.93	15.59	336170	398236	447798
Орташа тұздану	75.68	73.06	26.94	24.32	474645	627156	649683
Қатты тұздану	74.05	79.74	20.26	25.95	461609	623412	578928
Өте қатты тұздану	84.03	90.40	9.60	15.97	328926	391455	363850
Жалпы дәлдік	78.49	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7086	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 7 - Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2020 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	88.37	79.63	20.37	11.63	403170	456251	506319
Орташа тұздану	78.15	78.49	21.51	21.85	515456	659545	656743
Қатты тұздану	79.51	82.79	17.21	20.49	464503	584174	561060
Өте қатты тұздану	86.93	92.56	7.44	13.07	345234	397120	372968
Жалпы дәлдік	82.42	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7626	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 8 - Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2021 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	83.39	70.89	29.11	16.61	323002	387351	455644
Орташа тұздану	75.63	75.51	24.49	24.37	515228	681251	682286
Қатты тұздану	76.72	82.66	17.34	23.28	482465	628826	583644
Өте қатты тұздану	85.36	91.52	8.48	14.64	306204	358723	334577
Жалпы дәлдік	79.12	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7152	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 9 - Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2022 ж.)

Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	84.75	76.39	23.61	15.25	320688	378392	419789
Орташа тұздану	75.91	75.19	24.81	24.09	433249	570717	576188
Қатты тұздану	75.61	79.11	20.89	24.39	377957	499902	477755
Өте қатты тұздану	83.91	90.67	9.33	16.09	278483	331866	307145
Жалпы дәлдік	-	79.20	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	-	0.7184	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 10 - Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2023 ж.)

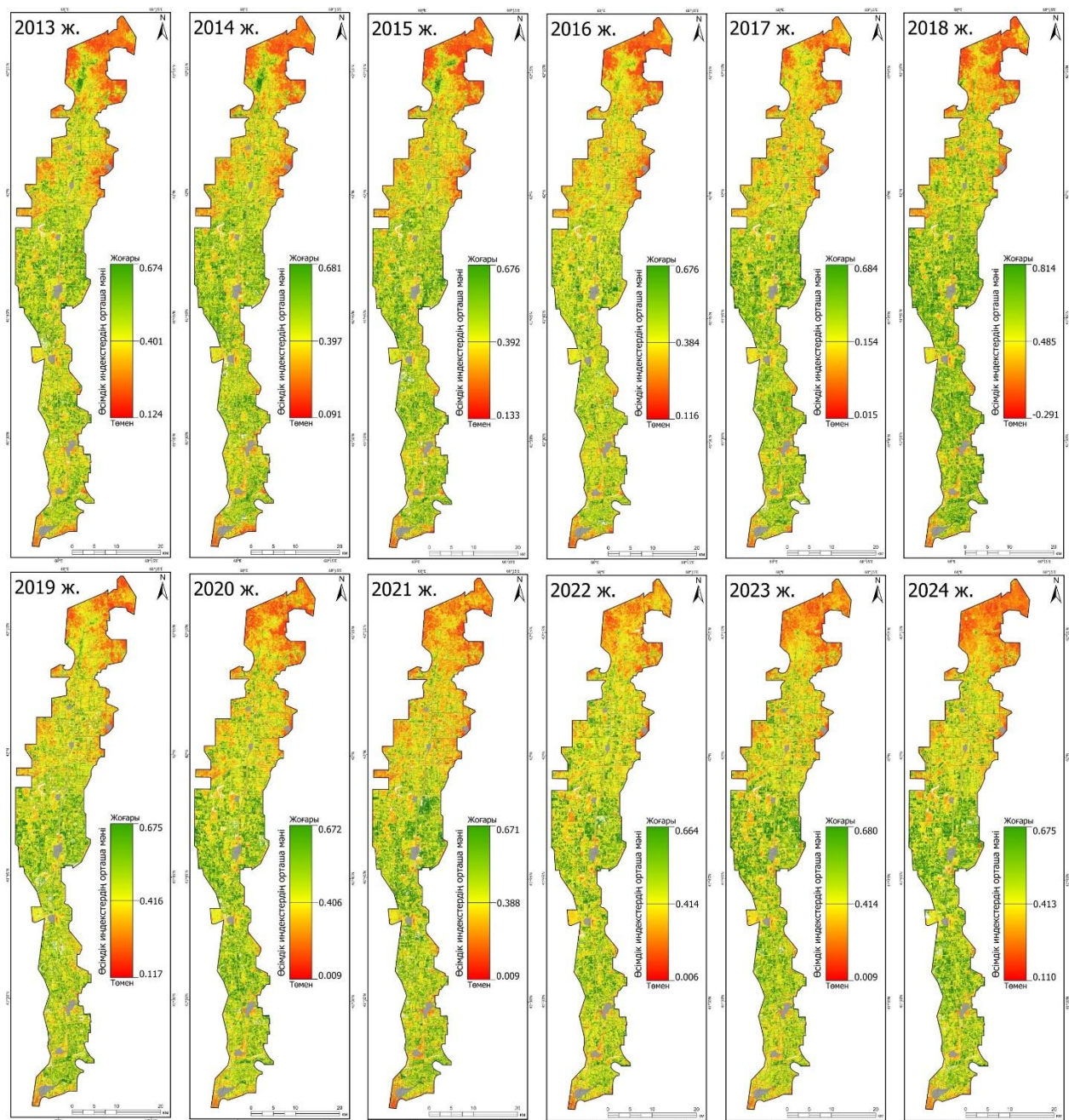
Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	85.77	78.34	21.66	14.23	395234	460808	504511
Орташа тұздану	77.85	77.96	22.04	22.15	531666	682938	681997
Қатты тұздану	78.58	81.67	18.33	21.42	451675	574826	553028
Өте қатты тұздану	87.74	92.62	7.38	12.26	349534	398359	377395
Жалпы дәлдік	81.63	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7517	-	-	-	-	-	-

Кесте Ж. 11 - Топырақтың тұздану дәрежесін жіктеудің дәлдігін бағалау (2024 ж.)

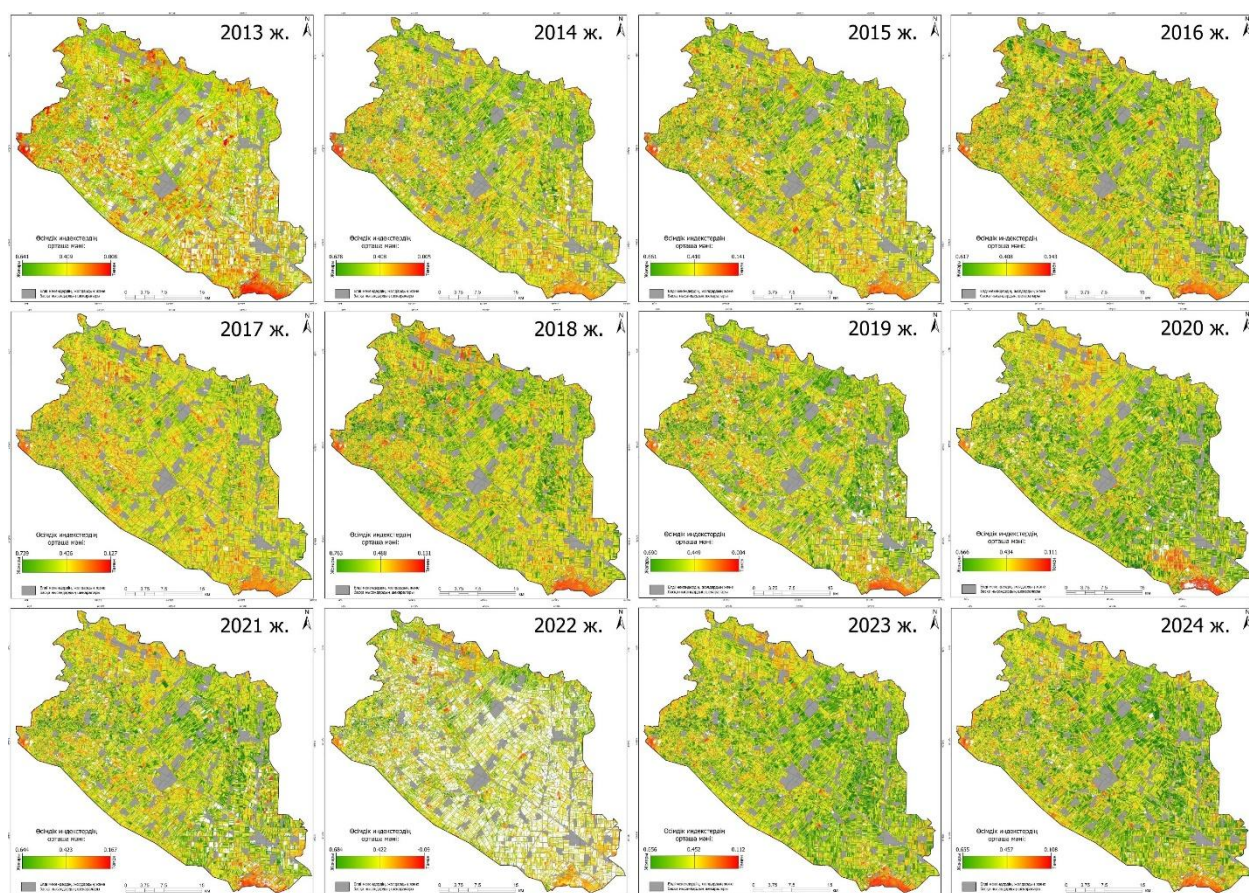
Тұздану дәрежесі	Өндірушінің дәлдігі (%)	Пайдаланушының дәлдігі (%)	Комиссия қателігі (%)	Жіберу қателігі (%)	Дұрыс жіктелген (пикс.)	Нақты пиксель саны	Жіктелгені
Әлсіз тұздану	85.82	78.53	21.47	14.18	407354	474638	518757
Орташа тұздану	77.93	77.93	22.07	22.07	536738	688757	688739
Қатты тұздану	78.50	81.93	18.07	21.50	455640	580416	556111
Өте қатты тұздану	87.32	92.24	7.76	12.68	324364	371450	351654
Жалпы дәлдік	81.51	-	-	-	-	-	-
Каппа коэффициенті	0.7493	-	-	-	-	-	-

Қосымша 3

Сурет 3. 1 - Қызылқұм алқабы аумағындағы вегетациялық индекстердің (NDVI, MSAVI, OSAVI, GSAVI, IPVI) орташаланған мәндерінің кеңістіктік-уақыттық динамикасы, 2013-2024 жж.



Сурет 3. 3 - Мырзашөл суармалы алқабының тұздану дәрежесін жіктеу нәтижелері



Қосымша II

Кесте II. 1 - Қызылқұм алқабы үшін спектрлік индекстердің корреляциялық матрицасы

	NDSI	S2	S3	S4	S5	S6	SI1	SI2	SI3	NDVI	MSAVI	OSAVI	GSAVI	IPVI
NDSI	1.000	0.351	0.559	0.343	0.566	0.029	0.553	0.526	0.557	-0.478	-0.357	-0.569	-0.546	-0.569
S2	0.351	1.000	0.709	0.962	0.661	0.164	0.713	0.720	0.706	-0.548	-0.610	-0.449	-0.409	-0.449
S3	0.559	0.709	1.000	0.702	0.891	0.100	0.981	0.900	0.969	-0.664	-0.605	-0.644	-0.591	-0.644
S4	0.343	0.962	0.702	1.000	0.648	0.179	0.705	0.719	0.698	-0.526	-0.584	-0.430	-0.391	-0.430
S5	0.566	0.661	0.891	0.648	1.000	0.050	0.895	0.790	0.899	-0.724	-0.636	-0.708	-0.649	-0.708
S6	0.029	0.164	0.100	0.179	0.050	1.000	0.104	0.140	0.104	0.142	0.086	0.179	0.221	0.179
SI1	0.553	0.713	0.981	0.705	0.895	0.104	1.000	0.891	0.987	-0.664	-0.608	-0.638	-0.585	-0.638
SI2	0.526	0.720	0.900	0.719	0.790	0.140	0.891	1.000	0.884	-0.593	-0.560	-0.568	-0.521	-0.568
SI3	0.557	0.706	0.969	0.698	0.899	0.104	0.987	0.884	1.000	-0.665	-0.608	-0.640	-0.588	-0.640
NDVI	-0.478	-0.548	-0.664	-0.526	-0.724	0.142	-0.664	-0.593	-0.665	1.000	0.812	0.818	0.796	0.818
MSAVI	-0.357	-0.610	-0.605	-0.584	-0.636	0.086	-0.608	-0.560	-0.608	0.812	1.000	0.630	0.613	0.630
OSAVI	-0.569	-0.449	-0.644	-0.430	-0.708	0.179	-0.638	-0.568	-0.640	0.818	0.630	1.000	0.929	1.000
GSAVI	-0.546	-0.409	-0.591	-0.391	-0.649	0.221	-0.585	-0.521	-0.588	0.796	0.613	0.929	1.000	0.929
IPVI	-0.569	-0.449	-0.644	-0.430	-0.708	0.179	-0.638	-0.568	-0.640	0.818	0.630	1.000	0.929	1.000

Кесте И. 2 - Мырзашөл алқабы үшін спектрлік индекстердің корреляциялық матрицасы

	NDSI	S2	S3	S4	S5	S6	SI1	SI2	SI3	NDVI	MSAVI	OSAVI	GSAVI	IPVI
NDSI	1.000	0.614	0.508	0.967	0.908	0.137	0.976	0.904	0.966	-0.777	-0.778	-0.777	-0.725	-0.777
S2	0.614	1.000	0.769	0.616	0.609	0.141	0.621	0.592	0.617	-0.535	-0.547	-0.535	-0.508	-0.535
S3	0.508	0.769	1.000	0.506	0.508	0.138	0.511	0.483	0.508	-0.450	-0.457	-0.450	-0.427	-0.450
S4	0.967	0.616	0.506	1.000	0.883	0.141	0.965	0.924	0.958	-0.758	-0.760	-0.758	-0.717	-0.758
S5	0.908	0.609	0.508	0.883	1.000	0.104	0.917	0.812	0.920	-0.811	-0.812	-0.811	-0.740	-0.811
S6	0.137	0.141	0.138	0.141	0.104	1.000	0.131	0.163	0.127	0.075	0.075	0.075	0.138	0.075
SI1	0.976	0.621	0.511	0.965	0.917	0.131	1.000	0.890	0.988	-0.780	-0.782	-0.780	-0.730	-0.780
SI2	0.904	0.592	0.483	0.924	0.812	0.163	0.890	1.000	0.883	-0.706	-0.708	-0.707	-0.678	-0.707
SI3	0.966	0.617	0.508	0.958	0.920	0.127	0.988	0.883	1.000	-0.783	-0.785	-0.783	-0.733	-0.783
NDVI	-0.777	-0.535	-0.450	-0.758	-0.811	0.075	-0.780	-0.706	-0.783	1.000	0.982	0.995	0.914	0.992
MSAVI	-0.778	-0.547	-0.457	-0.760	-0.812	0.075	-0.782	-0.708	-0.785	0.982	1.000	0.982	0.914	0.982
OSAVI	-0.777	-0.535	-0.450	-0.758	-0.811	0.075	-0.780	-0.707	-0.783	1.000	0.982	1.000	0.914	0.990
GSAVI	-0.725	-0.508	-0.427	-0.717	-0.740	0.138	-0.730	-0.678	-0.733	0.914	0.914	0.914	1.000	0.914
IPVI	-0.777	-0.535	-0.450	-0.758	-0.811	0.075	-0.780	-0.707	-0.783	1.000	0.982	1.000	0.914	1.000