

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

ӘОЖ: 528.8.04:631.674 (043)

Қолжазба құқығында

ҚЫРҒЫЗБАЙ ҚҰДАЙБЕРГЕН ТАЛҒАТҰЛЫ

**Суармалы егіншілік алқаптарын аудандастыруда ЖАЗ әдістерін
құрастыру (machine learning есептеу әдістері негізінде)**

8D07302 - Геоинформатика

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесші
PhD докт., доц. м.а.
Е.Х. Какимжанов

Шетелдік ғылыми кеңесші
Батыс Мичиган университетінің
адъюнкт проф., PhD докт.
Сағынтаев Жанай (АҚШ)

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2024

МАЗМҰНЫ

АНЫҚТАМАЛАР	3
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	4
КІРІСПЕ	5
1 СУАРМАЛЫ ЕГІНШІЛІК АЛҚАПТАРЫН АУДАНДАСТЫРУДА ЖАЗ ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ- ӘДІСНАМАЛЫҚ НЕГІЗІ	13
1.1 Суармалы егіншілік алқаптарының аудандастырылуы	13
1.2 Суару режимі мен тәсілдері бойынша егіншілік алқаптарының гидромодулдік аудандастырылуы	18
1.3 Суармалы егіншілік алқаптарын аудандастырудағы климаттың өзгерісі және су ресурстарын тиімді пайдалану негіздері	22
1.4 Суармалы егіншілік алқаптарын аудандастырудағы жерді арақашықтан зондылау және машиналық оқыту әдістерін пайдалану ұстанымдары	25
2 АЛМАТЫ ЖӘНЕ ЖЕТІСУ ОБЛЫСТАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ- ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ	30
2.1 Алматы және Жетісу облыстарының геоморфологиялық ерекшеліктері, геологиялық құрылымы	30
2.2 Алматы және Жетісу облыстарының климаттық жағдайлары	35
2.3 Алматы және Жетісу облыстарының гидрографиялық жағдайы	40
2.4 Алматы және Жетісу облыстарының топырақ және өсімдік жамылғылары	50
3 ГИДРОМОДУЛДІК АУДАНДАСТЫРУ: МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ НЕГІЗІНДЕ ЖАЗ ӘДІСТЕРІН ҚҰРАСТЫРУ	56
3.1 Суармалы егіншілік алқаптарын гидромодулдік аудандастыруда суару әдістерінің жіктелімі	56
3.2 Ауылшаруашылық дақылдарының суару нормасы, су шығынын есептеу ұсыныстары	80
3.3 Гидромодулдік аудандастыруда жерді арақашықтан зондылау және машиналық оқыту моделі	97
4 WEB-GIS ТЕХНОЛОГИЯСЫ: СУАРМАЛЫ ЕГІНШІЛІК АЛҚАПТАРЫНЫҢ КЛИМАТ ЖӘНЕ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ БЕЙІМДЕЛУІ	112
4.1 Алматы және Жетісу облыстарының климаттық өзгерістері	112
4.2 Алматы және Жетісу облыстары су ресурстарының өзгеру динамикасы	124
4.3 Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарындағы Web-GIS технологиясының геовизуализациясы	132
ҚОРЫТЫНДЫ	148
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	149
ҚОСЫМШАЛАР	160

АНЫҚТАМАЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі терминдерге сәйкес анықтамалар берілген:

Web-GIS – Ғаламтор арқылы кеңістіктік ақпаратты сақтауды, визуализациялауды, талдауды және таратуды жеңілдету үшін дүниежүзілік желіні қолданатын ГАЖ.

ГАЖ (GIS) – объектілер туралы кеңістіктік деректерді және онымен байланысты ақпаратты жинау, сақтау, талдау және графикалық визуализациялау жүйесі.

Гидромодулдік аудандастыру – аумақтың гидрогеологиялық және басқа да табиғи және ирригациялық-шаруашылық ерекшеліктерімен ұштастыра отырып, климаттық деректер, топырақ сипаттамалары бойынша аумақты таксонометриялық бірліктерге аудандастыру.

Жаңбырлатып суару – топырақ беті мен өсімдіктерге арнайы құрылғылармен су шашу арқылы жасанды жаңбырлату.

Жерді арақашықтан зондылау – қашықтықтан (әдетте спутниктен немесе ұшақтан) шағылысқан және шығарылатын сәулеленуді өлшеу арқылы Жердің физикалық сипаттамаларын анықтау және бақылау процесі.

Жер бетімен суару – гравитациялық немесе капиллярлық сіңіру арқылы топырақты ылғалдандырып, судың жер бетіне таралуы.

Жиынтық су тұтыну (эвапотранспирация/суммарное водопотребление) – есепті кезеңдегі (вегетация, ай, онкүндік, апта, тәулік) өсімдіктердің транспирациясы мен топырақтың булануына жұмсалатын судың мөлшері (m^3 немесе мм).

Машиналық оқыту – компьютерлік жүйелерді тапсырмаларды орындауға үйрету үшін техниканы қолданатын жасанды интеллект бөлімі.

Суару режимі (режим орошения) – суарудың оңтайлы саны, егістік дақылдарының өсуі мен даму кезеңдеріне дұрыс бөлінуі, нақты табиғи жағдайда ең көп өнім алуды қамтамасыз ететін суару және суару нормалары.

Суару қалыбы – топырақтың есептік қабатындағы ылғалдылықты реттеу мақсатында вегетациялық кезеңде суармалы алқаптың 1 гектарына берілетін барлық су мөлшерінің қосындысы ($m^3/га$ немесе мм).

Суару әдісі – суару учаскесінде суды бөлу және су ағынын топырақ пен атмосфералық ылғалға айналдыру шаралары мен әдістерінің жиынтығы, сонымен қатар егістіктер мен топыраққа су берудің жалпы принциптерін анықтайды.

Суару – топырақты және (немесе) атмосфераның беткі қабатын бір реттік жасанды ылғалдандыру.

Суару мөлшері – бір суару үшін 1 га алқапқа берілетін су мөлшері.

Тамшылатып суару – тамшылатып жергілікті суару.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

%	Пайыз
°C	градус Цельсий
ML	машиналық оқыту
га	гектар
БҰҰ	Біріккен Ұлттар Ұйымы
ГАЖ	географиялық ақпараттық жүйелер
ДББЖ	деректер базасын басқару жүйесі
ЖАЗ	Жерді арақашықтан зондылау
км	километр
км ²	шаршы километр
м	метр
м ³	текше метр
млн	миллион
МО	машиналық оқыту
ПӘК	пайдалы әсер коэффициенті

КІРІСПЕ

XXI ғасыр – заманауи технологияның дамыған заманы. Қазіргі таңда заманауи технологиялардың, атап айтқанда Big Data, Machine learning, жерді арақашықтан зондылау (ЖАЗ) және Географиялық ақпараттық жүйе (ГАЗ) мүмкіндіктерінің арқасында көптеген нәтижелерге қол жетуде және заман талабына сай қоғамдағы барлық салаларда, соның ішінде ауылшаруашылығында кең қолданыс табуда. Әлемдік кеңістікте көрініс табатын климаттың өзгерісі, мемлекет әл-ауқатының негізгі факторларының бірі, ауыл шаруашылық саласына айтарлықтай әсерін тигізуде. Ауа температурасы мен эвапотранспирация көрсеткіштерінің өсуі және атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің азаюы суға деген қажеттілікті арттырып, ауылшаруашылық өнімділігін керісінше кемітеді деген болжам жасалуда. Келтірілген ғылыми тұжырымдамалар аридті және су тапшылығы айқын байқалатын Орталық Азия, соның ішінде Қазақстан үшін өзекті. Соған сәйкес ауылшаруашылық алқаптарын суаруда оңтайлы әдіс-тәсілдерін және қоршаған ортаның өзгерістеріне бейімделу жолдарын қарастырған жөн.

Зерттеуге негіз болып отырған ғылыми жұмыста суармалы егіншілік алқаптарының, климаттың өзгеруі мен су ресурстарын оңтайлы қолдануды ескере отырып, аудандастырылуы заманауи технологияларды пайдалану арқылы орындалған. Нәтижесінде Алматы және Жетісу облыстарының әкімшілік-аумақтық бірліктеріндегі, 1:55 000 – 1:180 000 масштаб аралығында, суармалы егіншілік алқаптардың суару режимі мен тәсілдері бойынша гидромодульдік аудандастырылуы жүргізілді. Жерді арақашықтан зондылау және машиналық оқытуды қолдану арқылы суарудың климаттың өзгерісіне бейімделуі үлгіленіп, алқаптардың Web-GIS қосымшасы құрастырылды. Қолданылған машиналық оқытудың алгоритмдері және ғарыштық түсірілімдер суармалы егіншілік алқаптарын аудандастыру кезінде оңтайлы нәтижелер көрсетті. Орындалған ғылыми-зерттеу жұмысы ауылшаруашылық алқаптарын суаруда тиімді қолдану мен бейімделу жолдарын ұсынуға бағытталған.

Зерттеу жұмысының өзектілігі. Диссертацияның өзектілігі мемлекет басшысы Қ.К. Тоқаевтың 2022 жылдың 1-қыркүйегінде Қазақстан халқына жолдауындағы «Нақты секторды дамыту» атты 2 бағдарына [1] толығымен сәйкес келеді. Бағдарда қамтылған ауылшаруашылығына арналған жер, су ресурстары және суару жүйесі туралы ақпаратты толық цифрландыру қажеттілігі ғылыми-зерттеу жұмысының нақты мәселелерін қамтиды. **Біріншіден,** ауылшаруашылық алқаптарының физикалық-географиялық және ауылшаруашылықтық тұрғыдан кешенді цифрландыруымен байланыстырылады. Цифрлық ақпараттың бұл түрі табиғи факторлардың, соның ішінде топырақ жамылғысы, ыза суларының тереңдігі, жер бедерінің және агроклиматтық көрсеткіштердің ерекшеліктерін ескере отырып, суармалы егіншілік алқаптарын оңтайлы аудандастыруына септігін тигізеді. Қоршаған ортаның ерекшеліктерін ғылыми тұрғыда ескеру және назарға алу, ауылшаруашылығының тұрақты дамуының алғышарттарын құрайды. Соған

сәйкес, ауылшаруашылық дақылдарының жоғары өнімділігі мен су ресурстарының ұтымды пайдалануына жол ашады. **Екіншіден**, ауылшаруашылық алқаптарын сумен қамтамасыз етуде климаттың өзгеру динамикасын ескеру, болашақта орын алатын салдарлардың алдын-алу немесе ықпалын бәсеңдетуде орны ерекше. Климаттық көрсеткіштердің өзгеруі суарудың жаңа әдістері мен режиміне көшуді, сонымен қатар кейбір ауылшаруашылық дақылдарын құрғақшылыққа төзімді түрлерімен алмастыруды мәжбүрлейді. **Үшіншіден**, Интернет-технологияларының көмегімен суармалы егіншілік алқаптарының интерактивті картасын құрастыру кешенді, әрі сенімді геокеңістіктік ақпаратты ұсынуда озық технологиялардың үлгісін қалыптастырады. Цифрлық ақпараттың қолжетімділігі шаруа-фермер қожалықтарына егіншілік барысын агроклиматтық, гидрографиялық, геоморфологиялық және топырақ жамылғысы тұсынан басқару мен жоспарлауда көмегін тигізеді. Пайдаланушы қажетті ақпаратты жүктеу, өңдеу және талдау функцияларына қол жеткізіп, өзінің алқаптары жайында деректермен қамтамасыз етіледі. **Төртіншіден**, суармалы егіншілік алқаптары аудандастыруының ақиқаттылығы қолданылатын деректер мен құралдарға тікелей байланысымен түсіндіріледі. Орындалған жұмыстың бұл түрінде машиналық оқыту алгоритмдері ЖАЗ деректерінің үлкен көлемдегі ақпаратын өңдеу мен талдауда сенімді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік берді.

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі, сонымен қатар 2017 жылдың 31 қаңтарындағы «Қазақстан Республикасының 2025 жылға дейінгі Стратегиялық даму жоспарының», «Жасыл» экономика және қоршаған ортаны қорғау саясатына [2] сәйкес келеді. 6-саясаттың 5-міндеті су ресурстарын пайдалану тиімділігін арттыру мен қорғауға арналған. Сонымен қатар, Президенттің тапсырмасына [3] сәйкес, 2030 жылға дейін суармалы жер көлемін 3 млн га-ға арттыру суармалы егіншілік дамыған аймақтардың жер-су ресурстарының толыққанды зерттелуін талап етеді. «Қазақстан-2050» стратегиясының ұзақ мерзімді басымдықтары және «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасының даму бағыттары ғылыми-зерттеу жұмысының мақсаты мен алынған нәтижелеріне толығымен сәйкес келетіндігін айтқымыз келеді.

Зерттеудің нысаны. Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптары.

Зерттеу жұмысының пәні. Машиналық оқытуды пайдалану арқылы жерді арақашықтан зондылау.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері. Алматы және Жетісу облыстарының ауылшаруашылық жерлерін ЖАЗ және машиналық оқыту негізінде суармалы егіншілік алқаптарын гидромодулдік аудандастыру. Аталған мақсатқа қол жеткізу үшін төмендегідей **міндеттердің** шешілуі көзделеді:

– ғылыми әдебиеттер мен ақпарат қорларын жүйелей отырып, гидромодулдік аудандастырудың теориялық-әдіснамалық негізін анықтау;

– Алматы және Жетісу облыстары әкімшілік бірліктерінің 1:55 000-1:180 000 масштаб аралығындағы суармалы егіншілік алқаптарының геодеректер қоры негізінде оңтайлы суару режимі мен әдістері бойынша гидромодулдік аудандарға

жіктеу және карталарын құрастыру;

- Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарының жерді арақашықтан зондылау түсірілімдері және машиналық оқыту негізіндегі гидромодулдік аудандастыруының моделін құрастыру;

- Алматы және Жетісу облыстарының Қазгидрометтің орталығының деректерінің верификациясы мен су ресурстарын ғарыштық түсірілімдер негізінде талдау, аймақтағы климаттық өзгерістері мен суармалы егіншілікке су ресурстарын бейімдеу жолдарын анықтау;

- Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарын жерді арақашықтан зондылау түсірілімдері және машиналық оқыту негізінде 1:55 000 – 1:180 000 масштаб аралығындағы әртүрлі тақырыптық карталардағы ақпараттарды қамтитын серверлік Web-GIS қосымшасын құрастыру.

Диссертациялық зерттеудің материалдық негізі. Зерттеу материалдары ретінде Алматы мен Жетісу облыстарының аумағын, сонымен қатар әкімшілік бірліктерін қамтитын кешенді 27 карта құрастырылды (карталарға авторлық куәлік Ц қосымшасында көрсетілген): 1. Алматы және Жетісу облыстарының физикалық-географиялық картасы; 2. Алматы және Жетісу облыстарының жер бедерінің еңістігі картасы (градус); 3. Алматы және Жетісу облыстарының жер бедерінің экспозициясы картасы (азимут бағыттары); 4. Алматы және Жетісу облыстарының орташа жылдық жауын-шашын картасы (мм); 5. Алматы және Жетісу облыстарының картасы максималды ауа температурасы картасы ($^{\circ}\text{C}$); 6. Алматы және Жетісу облыстарының гидрографиялық картасы (өзендердің су жинау бассейндері); 7. Алматы және Жетісу облыстарының топырақ жамылғысының картасы (топырақ типтері мен механикалық құрылымы); 8. Алматы және Жетісу облыстарының гидромодулдік аудандастыру картасы; 9. Алматы және Жетісу облыстарының агроклиматтық аудандастыру картасы; 10. Алматы және Жетісу облыстарының табиғи зоналар картасы; 11. Балқаш ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 12. Еңбекшіқазақ ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 13. Жамбыл ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 14. Іле ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 15. Қарасай ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 16. Кеген ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 17. Қонаев қалалық әкімдігінің суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 18. Райымбек ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 19. Талғар ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 20. Ұйғыр ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 21. Ақсу ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 22. Алакөл ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 23. Ескелді ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 24. Қаратал ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 25. Көксеу ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік

аудандастыру картасы; 26. Панфилов ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы; 27. Сарқан ауданының суару әдістері негізіндегі гидромодулдік аудандастыру картасы.

Зерттеу жұмысының дереккөздері. Автордың жеке ғылыми ізденістерінің нәтижесінде Алматы қаласындағы әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасының ұлттық кітапханалары, Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптамасынан алынған материалдар, ғылыми әдебиеттер, картографиялық ақпарат, сонымен қатар диссертация залындағы деректерге қол жеткізілді. Ғылыми-зерттеу жұмысында пайдаланылған карталар мен ғарыштық түсірілімдер: 1. Комплексная карта земельных угодий Алматинской области (1: 300 000) [4]; 2. «Карта размещения площадей регулярного и лиманного орошения» (1: 3 00 0000) [5]. 3. Sentinel 2A/2B мультиспектральді түсірілімдері; 4. SRTM 1 Arcsecond Global ұсынған жердің сандық үлгісі; 5. «Қазақстан Республикасының Ұлттық Атласы» (2010) және т.б. басылымдары пайдаланылды.

Диссертациялық зерттеуде қолданылған әдіс-тәсілдер. Ғылыми-зерттеу жұмысының тараулары мен тараушалары қолданылған әдіс-тәсілдер арқылы талданып, баяндалады. Соның ішінде ГАЖ-технологияларын, ЖАЗ және машиналық оқыту әдістерін, бағдарламалаудың қолданбалы тұстарын пайдалану принциптері мен әдіснамалары, карталар, үлгілеудің нәтижелері және Web-GIS қосымшасын құрастыруда толықтай түсіндіріледі. Анықталған қолдану технологияларын жүйелей келе, диссертацияда пайдаланылған әдістерді келесідей топтарға жіктеуге болады:

- далалық зерттеу әдістері;
- камералдық өңдеу кезеңі;
- ғылыми бағытта ГАЖ-технологияларының қолданбалы тұстарын пайдалану;
- ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу мақсатында картографиялық зерттеу;
- математикалық әдістерді пайдалану;
- зерттеу нәтижелерінің ақиқаттылығы мен корреляциялық байланысын анықтауда статистикалық әдістерді қолдану.

Зерттеудің теориялық-әдіснамалық негіздері. Геоақпараттық технологиялар мен ЖАЗ-ды ауылшаруашылық жерлерін зерттеуде пайдаланған жұмыстар ретінде Н.Н. Керімбайдың «Закономерности структурной организации геосистем бассейна р. Шарын и вопросы рационального природопользования» (2000) [6], Б.И. Актымбаеваның «Геоэкологическое состояние природно-сельскохозяйственных систем бассейна р. Иле» (2003) [7], А.А. Асылбекованың «Арақашықтан зерделеу мәліметтерін пайдалану арқылы Іле Алатауының солтүстік беткейіндегі ландшафттарды зерттеу» (2010) [8], Д.К. Шокпарованың «Бейімделмелі егіншілік жүйесін жобалаудағы ландшафттарды дифференциациялаудың әдіснамалық негіздері» (2014) [9], Р. Салмурзаулының «Причины и тенденции трансформации состояния экосистем дельты реки Иле» (2016) [10], Е.Х. Какиимжановтың «Іле

Алатауының солтүстік беткейіндегі агроландшафттардың геоакпараттық-картографиялық негізі» (2018) [11], А.С. Амиргалиеваның «Оценка изменения водных ресурсов и перспективы прогноза водности основных рек Иле-Балкашского бассейна в условиях современного потепления климата» (2021) [12], Э.К. Талипованың «Климаттың заманауи және келешектегі өзгерістерінің Іле өзені алабының су ресурстарына әсері» (2023) [13] атты еңбектері қарастырылды.

Ауылшаруашылық алқаптарының аудандастыруы Э. Цораева [14], Е. Каримов [15], Н. Капитулина [16] еңбегіне жүгінсе, ал гидромодульдік аудандастыру бойынша жұмыстар В.М. Легостаев, Б.С. Коньков және Г.П. Гельцер [17], С.Н. Рыжов, Б.В. Федоров және В.Е. Еременко [18], В. Лев және М. Мырзаахметов, А. Мирзаев, В. Нерозин мен М. Хамидов, Б.С. Мамбетназаров, С. Абдурахмонов [19], Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий және К. Курбанова [20], ал қазақстандық ғалымдар арасында Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы, атап айтқанда К.Б. Балгабеков және А. Капашев [21] сынды ғалымдардың еңбектерінде көрініс тапқан.

Жұмыстың теориялық маңыздылығы. Диссертациялық зерттеуде гидротехника, климатология және ауылшаруашылық тұжырымдары геоакпараттық жүйе, арақашықтан зондылау және бағдарламалау негізінде талданып, соның ішінде суармалы егіншілік алқаптарының гидромодульдік аудандастыруы тұрғысынан қарастырылды.

Жұмыста көрініс тапқан теориялық тұжырымдамалар география ғылымындағы агроландшафттану, геоакпараттық технологиялар, арақашықтан зондылау және Веб-картографиялау ұғымдарымен толықтырылады. Сонымен қатар, қол жеткізген тұжырымдамалар геоинформатика білім беру бағдарламасының дамуына өзіндік үлес қосатындығын атап айтқымыз келеді.

Жұмыстың практикалық құндылығы. Зерттеу нәтижелерінің практикалық құндылығы 3 тұрғыдан сипатталады. Біріншіден, аридті аймақтардағы суармалы егіншілік алқаптарын суаруда оңтайлы әдістер мен техникалар қолдануда, сонымен қатар су ресурстарын пайдалану мен климаттың өзгеруіне сәйкес бейімделуін жүргізуде маңызды материал бола алады. Екіншіден, ГАЖ-технологиялары, Жерді арақашықтан зерделеу мен машиналық оқыту, сонымен қатар Веб бағдарламалаудың ауылшаруашылық алқаптарын талдауда, «Арақашықтықтан зерделеу негіздері», «Ғарыштық суреттерді дешифрлеу», «Геокеңістіктік деректерді талдау және визуализациялау», «Тақырыптық картографиялау», «ГАЖ бағдарламасында карталарды жобалау және құрастыру», «Тақырыптық карталарды құру үшін суреттерді компьютерлік өңдеу әдістері», «ГАЖ үшін мәліметтер базасын құрастыру және дамыту», «Веб–бағдарламалау негіздері», «Геоакпараттық картографиялау», «ГАЖ порталын өңдеу», «Web-GIS қосымшаларын әзірлеу» сияқты арнайы курстарда дәріс және практикалық сабақтарда пайдалануға болады. Үшіншіден, Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарының мамандандырылған атласын құрастыруда негіз ретінде алуға болады.

Диссертациялық жұмыстың нәтижесінде салааралық маңызы бар,

практикалық құнды 27 кешенді карта, модель және Web-GIS қосымшасы құрастырылды.

Зерттеу жұмысының ғылыми-тәжірибелік құндылығы. Алматы және Жетісу облыстарын гидромодулдік аудандастыруының нәтижелері аймақтағы суармалы егіншілік алқаптарын тиімді суару мен климаттың өзгерісіне сәйкес бейімделуінде әдістемелік-нұсқаулық рөлін анықтайды. ГАЖ-технологияларын пайдалану арқылы құрастырылған ірі және орта масштабтағы карталар әкімшілік бірліктер шеңберінде суармалы егіншілік алқаптарын пайдалану мен жоспарлауда негіз бола алады. Құрастырылған гидромодулдік аудандастыру моделі мен суармалы егіншілік алқаптарының Web-GIS қосымшасы пайдаланушыға мамандандырылған ақпаратпен жұмыс істеуге және танысуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Алматы және Жетісу облыстарының физикалық-географиялық, климаттық, топырақ жамылғысының және гидрографиялық карталары BR10764908 «Қазақстан өңірлері үшін өсірудің әртүрлі технологияларын салыстырмалы зерттеу негізінде өңдеу технологиясының элементтерін, сараланған тамақтануды, өсімдіктерді қорғау құралдарын және рентабельді өндіріс» ғылыми-техникалық жобасының шеңберінде орындалған «Методические указания по проведению гидромодульного районирования орошаемых земель юго-востока Казахстана (Рекомендации)» нұсқаулығының графикалық бөліміне кірді.

Зерттеу жұмысының жаңалығы. Алматы және Жетісу облыстары суармалы егіншілік алқаптары, олардың климат және су ресурстарының өзгеру динамикасы, машиналық оқытуда ЖАЗ-ды пайдаланудың жолдары отандық ғылыми ортада алғаш рет зерттеуге алынып, негізгі ғылыми нәтижелері нақтылы нысандарды зерттеу арқылы жүзеге асырылды. Бұған дейін Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарының гидромодулдік аудандастырылуы жете зерттелмегендіктен, зерттеу жұмысының міндеттеріне сәйкес, өзіндік тың, әрі өзекті жаңалық сипаттарына ие болды.

Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы төмендегідей факторлармен анықталады:

– Алматы және Жетісу облыстарының әкімшілік бірліктерінің, 1:55 000-1:180 000 масштаб аралығындағы суармалы егіншілік алқаптары оңтайлы суару әдісі бойынша гидромодулдік аудандарға жіктеліп және карталары ГАЖ-технологияларының негізінде алғаш рет жүзеге асырылды;

– Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптары ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу және машиналық оқыту негізінде гидромодулдік аудандастырудың моделі құрылды;

– Алматы және Жетісу облыстары аумағындағы ашық дерекқорлар мен Қазгидромет орталығының деректерін салыстыра отырып, климаттық мәліметтердің верификациясы, су ресурстарының егіншілікке бейімделуі анықталды;

– Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарының аумағы, климаты, жер беті; жер асты ыза сулары; топырақтың түрі, механикалық құрылымы; жер бедері, еңістігі, экспозициясы және т.б. серверлік Web-GIS

қосымшасы ұсынылды.

Қорғауға ұсынылатын тұжырымдар

1. Қазақстандағы суармалы егіншілік алқаптарын ЖАЗ және машиналық оқыту негізінде екі әдістің біріктіріліп зерттелу алгоритмдерінің теориялық-әдіснамалық аспектілері, мәселенки, суармалы егіншілік алқаптарын анықтауда; суару режимі мен тәсілдері бойынша гидромодульдік аудандастыруда; кешенді тақырыптық карталарды құруда нақты әрі дәлелді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

2. Жерді арақашықтан зондылау деректерін өңдеу мен оларды машиналық оқыту алгоритмін құрастыруда суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульдік аудандастыру, суару әдістерін жіктеудің моделін автоматтандыру ауылшаруашылық ғылымындағы егіншілік саласымен айналысатын зерттеуші ғалымдарға суару жүйесін оңтайландырады.

3. Қазгидромет орталығы және ғаламтордағы ашық климаттық (орта және жиынтық жауын-шашын, максималды және минималды ауа температурасы) деректерді және су ресурстары (GRACE Tellus Monthly Mass Grids, JRC Global Surface Water Mapping) көрсеткіштерінің агроландшафттардағы егіншілік жүйесін құруда суармалы егіншіліктегі бейімделу жолдарының нәтижесін бейнелейді.

4. Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарының физикалық-географиялық жағдайлары, климаты, жер беті және жер асты ыза сулары, топырақтың түрі мен механикалық құрылымы, жер бедері, еңістігі, экспозициясы және т.б. Web-GIS-тегі геовизуализациясын құрастыру мен бейнелеу қазақстандық ауылшаруашылық ғылымы саласының әлемдік технология кеңістігіндегі сандық ортадағы Web өнімдерінің даму қарқындылығы мен икемділігі зерттеуіміздің жаңа іргетасы болып саналады.

Диссертация тақырыбының ғылыми-зерттеу жобаларымен байланысы. Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2021-2023 жылдарға арналған бағдарламалық-нысатты қаржыландыру шегіндегі BR10764908 «Өсіру технологиясы мен сараланған қоректену элементтерін пайдалана отырып, ауыл шаруашылығы дақылдарын (дәндік, бұршақ, майлы және техникалық дақылдар) өсірудің ауыл шаруашылығы жүйесін дамыту» ғылыми-техникалық бағдарламасы мен «Қазақстан Республикасының әкімшілік аудандары жағдайында суару әдістері мен техникасы бойынша қолданыстағы және жаңадан енгізілген суармалы алқаптарды гидромодульдік аудандастыру» атты қосалқы бағдарламасы аясында орындалды (зерттеу нәтижелерін енгізу актісі Х қосымшасында көрсетілген).

Ғылыми нәтиже алудағы автордың жеке қосқан үлесі. Автордың ұсынып отырған докторлық диссертациясының шеңберінде орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстары отандық және шетелдік баспалардағы ғылыми мақалаларға негізделеді. Жарияланған ғылыми мақалалардың мәліметтері мен практикалық нәтижелері жеке ғылыми ізденіс арқылы жинақталып, жүйеге келтіріп, камералдық өңдеуден өткізіп, өзіндік тұжырым жасаған.

Зерттеу жұмысының нәтижелерінің сыннан өтуі. Зерттеу жұмысындағы негізгі мәселелер мен зерттеу нәтижелері отандық Алматы, Тараз, шетелдік Курск (Ресей), Стамбул (Түркия) қалаларында өткен халықаралық және республикалық-практикалық конференцияларда (2021-2024), атап айтқанда «Advancing Institutional Capacity for Sustainable Groundwater in Central Asia», «Тұрақты даму мақсаттары аясында жаратылыстану ғылымдары мен білімінің даму мәселелері», «Өсімдік шаруашылығын климаттың жаһандық өзгеру жағдайларына бейімдеу: проблемалар мен шешу жолдары», «Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов», «The academic months from 1st October 2023 until 30th November 2023 at the Yildiz Technical University at Intenship Staff» және «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияларында (4-7 сәуір 2022 ж.) жарыққа шыққан.

Зерттеу жұмысының талқыланылуы мен мақұлданыуы. Зерттеу жұмысының негізгі ғылыми нәтижелері мен қорытындылары Қазақстандық және шетелдік ғылыми басылымдарда, халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда 10 ғылыми жұмыс жарияланды. Оның ішінде Elsevier, Web of Science, Scopus базаларына енетін 2 мақала, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынатын ғылыми басылымдар тізбесінде 2 мақала. Сонымен қатар ізденушінің Scopus және Web of Science базасы бойынша Хирша индексі - 2.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытынды мен 148 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 10 кестеден, 71 суреттен, 23 қосымшалардан тұрады. Бет саны - 188.

1 СУАРМАЛЫ ЕГІНШІЛІК АЛҚАПТАРЫН АУДАНДАСТЫРУДА ЖАЗ ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ-ӘДІСНАМАЛЫҚ НЕГІЗІ

Берілген диссертациялық жұмыс Қазақстандағы суармалы егіншілік алқаптарын Жерді арақашықтан зондылау мен машиналық оқыту тарапынан аудандастыруы жайындағы алғашқы еңбердің бірі болғандықтан, суармалы егіншілік алқаптары және аудандастыру туралы түсінік, сонымен қатар ЖАЗ деректерін өңдеуде қолданылатын машиналық оқыту алгоритмдерінің теориялық аспектілеріне тоқталу қажеттілігі туындайды. Соған сәйкес тарау келесідей мәселелерді қамтиды:

- суармалы егіншілік алқаптары және аудандастыруы жайында түсінік беру;
- суармалы егіншілік алқаптарын суару режимі мен тәсілдері бойынша гидромодулдік аудандастыруы туралы түсінік;
- климат өзгерісінің суаруда пайдаланатын су қорларына әсерінің теориялық аспектілері;
- алқаптарды аудандастырғанда қолданылатын ЖАЗ және машиналық оқытудың әдіс-тәсілдері.

1.1 Суармалы егіншілік алқаптарының аудандастырылуы

Жер шары халқының саны 2050 жылы шамамен 10 миллиард адамға жетеді деген болжам жасалуда және азық-түлік кешені халық санының өсуіне, тамақтану рационының жақсаруына, климаттың өзгеруіне, сонымен қатар басқа да саяси және әлеуметтік өзгерістерге сай дамуы қажет. Бүгінгі таңда әлемдегі азық-түліктің үштен бірі тиімді суару жүйелерінің негізінде өңделетін жерлердің 21 пайызында өндіріледі. Бұл ирригацияның ауыл шаруашылық өндірісін күшейтуде және бүкіл әлемді азық-түлікпен қамтамасыз етуде атқаратын маңызды рөлін анық көрсетеді. Әлемнің көптеген елдерінде суармалы егіншілік су ресурстарының едәуір бөлігін, атап айтқанда жалпы көлемнің 75%-дан астамын тұтынып, ауылшаруашылығының интенсивті бағыттарының бірі болып саналады. Сол себептен су ресурстарын тиімді пайдалану қазіргі кездегі аса маңызды мәселелердің біріне айналуға [22-24].

Тарихи тұрғыдан қарастырғанда, ирригация - адамзат дамуындағы стратегиялық маңызы бар табиғатты өзгертудің жолы. Кейбір антропологтар мен тарихшылар суарудың дамуын «өркениетке» әкелген инженерлік, ұйымдастырушылық, саяси және сонымен байланысты шығармашылық немесе кәсіпкерлік дағдылар мен іс-әрекеттердің өзара әрекеттесуінің катализаторы ретінде көрсетеді.

Суарудың ауыл шаруашылығында алғаш пайдалануының археологиялық дәлелдері б.з.б. 6000 жылда Таяу Шығыстағы Иордан өзенінің арнасынан табылғандығы мәлім. Сонымен қатар, б.з.б. 3100 жылда Египетте ауыл шаруашылық жерлерін суару жүргізілгендігі графикалық деректемелерде бейнеленген. Соңғы мыңжылдықта ирригация Парсы елі, Таяу Шығыс және Жерорта теңізінің батыс бөлігінде кең таралған. Суару жүйесінің жетілдірілген

әдіс-тәсілдері мен технологиялары Үндістан, Пәкістан, Қытай және басқа мемлекеттерде кең қарқын алған. Америка құрлығындағы ирригация жүйелері алғаш дамыған қауымдастықтарға Майя, Ацтек және Инк өркениеттерін атап айтуға болады.

XIX ғ. ортасындағы ғылымдардың тоғысуынан суару жүйелері табиғи ортаның ерекшеліктерін есепке алу және соған сәйкес бейімделу дағдысы сатысынан өтті. Бейімделу топырақ химиясы және физикасы, өсімдіктер физиологиясы, агрономия және басқа да ғылымдардың пайда болуына негіз салды.

АҚШ, Кеңес Одағы, Австралия және Африкада 1930-1950-ші жылдары аралығында гидроэнергетика, су тасқынына қарсы күрес, суару, сондай-ақ қоныстануды ынталандыру және сирек қоныстанған аумақтарды тұрақтандыру үшін бөгеттер салу бойынша ауқымды мемлекеттік бағдарламалар басталды. Соған сәйкес дүние жүзінде суармалы жерлердің жалпы ауданы 1950 жылы шамамен 94 млн га, 1970 жылға қарай 198 млн га, 1990 жылы шамамен 220 млн га-ға дейін өссе, 1996 жылға қарай 263 млн га-ны құрады.

Қытай, Пәкістан, Бразилия, Канада, Испания және Португалия сияқты елдерде болашақ алпауыт жобалар құрастырылатынымен, көлемі бойынша 1930-1970 жылдардағы деңгейге жету мүмкіншілігі төмен. Соңғы уақыттағы жер үсті және жер асты суларының азаю үрдісі мен агроэкологиялық мәселелерге сай суармалы егіншілік алқаптарының ұлғаюы тежелді. Болжамдарға сәйкес суармалы жерлердің ауданы ылғалды климат көрсеткіштері тән тәлімді егістік алқаптары, сонымен қатар муниципальді, өндірістік және ауыл шаруашылықтық ағын суларды қайта пайдалану негізінде кеңейтілуі мүмкін [25].

Суару – ауыл шаруашылық дақылдарын жасанды түрде сумен қамтамасыз ету, яғни құрғақ аймақтарда өсімдіктердің қажетті өсуін қамтамасыз ету және жартылай құрғақ немесе субгумидті аймақтардағы құрғақшылықтың орнын толтыру. Жауын-шашынның орташа маусымдық көрсеткіші кейбір аудандарда атмосфералық құбылыстың біркелкі бөлінбеуінің немесе топырақ жамылғысының ылғалды сақтау қабілетінің төмендігі дәстүрлі тәлімді егіншілікті жүргізуде жоғары қауіп-қатерді тудырады. Соған сәйкес суару тұрақты азық-түлік өндірісін қамтамасыз етумен қатар, кейбір аймақтардағы вегетациялық кезеңнің ұзақтығына да себепкер. Суару негізінде қамтамасыз етілген азық-түлік қауіпсіздігі өнімділігі жоғары сорттар, қосымша тыңайтқыштар, зиянкестермен тиімді күресу және жақсартылған өңдеу секілді қосымша шығындар экономикалық тұрғыдан тиімділікке ие. Суару қымбат ресурстардың құрғақшылыққа байланысты ысырап болу қаупін азайтады.

Суару ең құрғақ және құнарлы жерлердің көпшілігін дақылдарды өндірудің маңызды аймақтарына айналдырды. Мысалы, Мысыр Нілден немесе жер асты сулы қабаттарынан алынған су қорлары арқылы азық-түлік өсіруге мамандандырылған. Калифорнияның орталық аңғары, Арал теңізі бассейні, Америка Құрама Штаттары мен бұрынғы Кеңес Одағының жеміс-көкөніс аймақтарын тиімді суару жүйелерінсіз елестету қиын. Жауын-шашынды толықтыратын суару болмаса, Солтүстік Қытай, Үндістанның солтүстік-батысы,

АҚШ-тың Ұлы жазықтарының және негізгі әлемдік астық өндіретін аудандардың аумағы үштен біріне дейін қысқарады.

Дегенмен, көптеген аймақтарда қолданылатын суару тәсілдері әлі де өсімдіктердің су қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін сумен жабдықтауды өлшеуге және оңтайландыруға мүмкіндік бермейтін дәстүрлі әдістерге негізделген. Шамадан тыс суару судың, қоректік заттардың және энергияның жоғалуына әкеледі, сонымен қатар батпақтану, эрозия және тұздану нәтижесінде топырақтың деградациясының пайда болу ықтималдығын арттырады. Тиісті жаһандық азық-түлік өндірісін қамтамасыз етудің маңызды міндеті - суару жүйелерін жаңарту және суды басқаруды жақсарту бойынша келісілген күш-жігерді қамтуы. Жетілдірілген технологиялар қоршаған ортаны қорғаумен қатар тұрақты және тиімді өндіріске қол жеткізуге көмектеседі. Жаңа жүйелер суармалы егіншіліктің тұрақтылығына кепілдік бере отырып, негізгі ресурстар мен операцияларға қатысты суаруды оңтайландыруға мүмкіндік беретін сенімді ұстанымдар мен конструкцияларға негізделуі керек.

Соңғы жылдары суару жүйелерін жобалау мен басқаруда революциялық өзгерістер судың тиімді таралуы мен пайдаланылуына қатысты топырақ, өсімдіктер және климат арасындағы байланыстарды тереңірек зерттеуге бағыт алған.

Жоғары өнімді ауыл шаруашылық жүйесінің бірден-бір маңызды, әрі тәуекелдерді азайтатын және тұрақтылықты арттыратын құрамдас бөлігі ретінде фермерлердің суару жүйелеріне қол жетімділігін атап айтуға болады. Келтірілген жүйелердің тиімділігі кеңейтілген фермерлік саланың экономикалық қайтарымдылығы мен тәуелді табиғи ресурстарының қол жетімділігіне байланысты [22,р. 1].

Қазақстандағы суармалы егіншілікті жүргізу. Суармалы егіншілік алқаптары мен жыртылған жер тәлімі бойынша Қазақстан әлемде Үндістан, Ресей, АҚШ, Қытай, Канададан кейінгі 6-орынды алады [11,б. 168]. Мемлекеттегі суармалы егіншіліктің ауданы 2 335 мың га немесе жалпы егістік алқабының 7%-ын құрап, сонымен қатар экономика саласына бөлінетін су ресурстарының 70%-ынан астамын қолданады [26]. Суармалы егіншілік алқаптары республиканың оңтүстік және оңтүстік-шығыс аймақтарында, атап айтқанда Алматы (572,2 мың га), Түркістан (527,2 мың га), Жамбыл (229,6 мың га), Қызылорда (226,8 мың га) облыстарында кең таралған [27].

Қазақстан аумағындағы суармалы егіншіліктің дамуы КСРО кезінен бері, атап айтқанда КОКП Орталық Комитетінің 1966 жылғы мелиорацияның қарқынды дамуына негізделген Пленумынан кейін басталған. Соның нәтижесінде 1981 жылы аумақтағы суармалы егіншіліктің жер көлемі 2,4 млн га құрып, суландыру және коллекторлық-дренажды жүйелердің ұзындығы 80 мың км-ге жеткен [24,б. 159]. Алайда, Жер реформасы жылдарында Қазақстандағы суармалы жерлердің көлемі 285,8 мың га-ға төмендеп, 1991-2012 жылдардағы талдау Алматы, Атырау, Жамбыл, Қызылорда және Ақтөбе облыстарында, колхоз және совхоз жерлерінде пайдаланылған суару жүйелерін шаруашылықіші кәсіпорындарына беру және тиімсіз пайдалануы салдарынан, барынша қысқару

үрдісі болғандығын көрсетті [27,б. 36].

Қазақстанда табиғатты пайдаланудың экономикалық механизмін 1991 жылы қоршаған ортаға зиян келтіргені мен ластағаны үшін төлем енгізу нәтижесінде, табиғи-географиялық және экологиялық жүйелердің оңтайлы пайдалануы іске асырылды. Келтірілген нормативтік актілердің қабылдануы, далалы, құрғақ далалы, жартылай шөлейтті және шөлді аймақтардағы үлесі 88,3%-ды құрайтын ауылшаруашылық алқаптарын тиімді қолданудың алғышарттары орын алды [28].

ФАО деректеріне сүйенсек, 1993 жылы Қазақстандағы суару үшін жабдықталған жалпы аумақ 3 556 400 га құрады, соның ішінде 2 313 100 га толық немесе ішінара бақыланатын суарудан, 138 700 га жабдықталған сулы-батпақты жерлер мен ішкі аңғарлардан және 1 104 600 га суару алаңдарынан тұрды [29]. Алайда, шамамен 680 000 га жер 1994 жылғы ауылшаруашылық маусымында топырақтың тұздану, батпақтануына байланысты, сонымен қатар ақаулы су тарату жүйелеріне немесе басқа да себептерге байланысты пайдаланылмаған деп есептеледі [30]. 2002 жылы суармалы алқаптар 1 220 000 га толық немесе ішінара бақыланатын суарудан және 580 600 га суармалы аймақтарымен жабдықталған сулы-батпақты жерлер мен ішкі аңғарларды білдіретін «инженерлік-лиманды суару алқаптарынан» тұрады [31].

Қазақстандағы ауылшаруашылығына жарамды жерлердің 20%-ы қиыршық тасты және 15,9 %-ы сортаң топырақтарда орналасады, су және жел эрозиясына ұшыраған жер көлемі – сәйкесінше 5 млн га және 25,5 млн, ал батпақтану процесіне ұшыраған жер - 1 млн га, тұзданған жер – 34,1 млн га. Жыртылған жерлердегі қарашірік мөлшерінің азаюы 10-нан 20%-ға дейін азаю үрдісінде [28,б. 105]. Ауыл шаруашылығы айналымынан өнімділігі төмен және тұзды жерлерді шығаруға байланысты 2004 жылы ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер 1991 жылмен салыстырғанда қысқарып, Алматы облысында 596,3 мың га, Жамбыл облысында - 226,3 мың га құрады [32].

Суармалы жерлердің жағдайын анықтау мақсатында 2012 жылғы түгендеу жұмыстарының нәтижесінде, жерлердің едәуір аумағы, атап айтқанда 546,4 мың га жердің 58,2%-ы, қанағаттанарлықсыз жағдайда екендігі анықталды [27,б. 36].

2021 жылғы ауылшаруашылық министрі Е. Қарашөкеев баяндамасына сәйкес, «Каналдар мен су қоймаларын реконструкциялау және қалпына келтіру жобалары» аясында жүзеге асырылған жұмыстар негізінде Қазақстан аумағында 1,5 млн га жер өңделіп, суаруда оның 1,2 млн га (77,4%) жер беті суару, 96,3 мың га (6,3%) су басу (күріш алқаптары) және 248,4 мың га (16,2%) тамшылатып және жаңбырлы суару әдісін пайдаланған.

Экология және ауылшаруашылық министрліктерінің бастамасымен, облыстардағы 600 мың га суармалы егіншілік алқаптарын қалпына келтіру үшін суды үнемді пайдалану технологиялары, каналдар реконструкция мен су қоймаларын салуға бағытталған жол картасын құру ұсынылған [3,б. 2].

Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде соңғы жылдары егіншілік алқаптарын суаруда су тапшылығы байқалатындықтан, «2022-2023 жылдардың вегетацияаралық және вегетациялық кезеңдеріндегі жұмыс жоспары» бекітіліп,

келесідей мәселелерді шешуге бағытталған:

– шаруа қожалықтарын сумен қамтамасыз ету үшін Өзбекстан, Тәжікстан және Қырғызстан мемлекеттерімен су жіберуді реттеу бойынша жұмыстар атқару;

- гидротехникалық құрылыстарды жөндеу және қалпына келтіру;
- суарудың магистральдік және шаруааралық каналдарын тазалау;
- суды тиімді пайдалану технологияларын енгізу [33].

Ауыл шаруашылық алқаптарының аудандастырылуы. Аумақтық дамудың басым мақсаттарына байланысты ғылыми әдебиеттерде аудандастырудың үш түрін бөлу ұсынылады:

- 1) рұқсат беру және шектеу (қала құрылысы, жер-құқықтық);
- 2) шектеу және экологиялық;
- 3) ұйымдастырушылық - басқарушылық (функционалдық, бағалау).

Ауыл шаруашылығы алқаптарын функционалдық аймақтарға бөлудің бірнеше негізгі тәсілдері әзірленді:

– агроэкологиялық аймақтарға бөлу агроэкологиялық тәсіл негізінде жүзеге асырылады, нәтижесінде ауыл шаруашылығы алқаптары ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіруге жарамдылық деңгейлеріне сәйкес бөлінуі;

– экологиялық және ландшафттық аймақтарға бөлу, сондай-ақ экологиялық және ландшафттық тәсілдерді біріктіруге негізделген агроландшафттық аймақтарға бөлінуі;

– экологиялық-экономикалық тәсіл негізінде экологиялық-экономикалық аймақтарға бөлінуі;

– экологиялық-экономикалық және экологиялық-функционалдық, яғни ауыл шаруашылығы табиғи ресурстарын басқарудың табиғи-экологиялық және әлеуметтік-экономикалық факторларын есепке алынуы [14,р. 120].

Ауылшаруашылық алқаптарын аудандастыруда төмендегі ғалымдар өзіндік үлестерін қосқан.

Е. Tsoraeva [14,р. 120] жұмысында ауыл шаруашылық алқаптарын аудандастырудың теориялық аспектілері мен ГАЖ ортасында, атап айтқанда MapInfo бағдарламасында орындалуының қолданбалы тұстары келтірілген.

Е. Karimov [15,р. 15] өзінің зерттеуінде ауыл шаруашылық алқаптарын аудандастырудың табиғи-географиялық зоналарға бөліну әдісін көрсетумен қатар, агроландшафттардың дифференциациясына географиялық орналасу, литогенді сипаты, гидрографиялық, климаттық және биогендік көрсеткіштері сияқты кешенді компоненттердің әсерін қарастырған.

Н. Karitulina [16,р. 102] Омбы облысы Любинский ауданының ауыл шаруашылығы мақсатына арналған жерлерін тиімді пайдалануға бағытталған мамандандырылған аудандастыру жүргізген. Аудандастыру бір-бірімен байланысты 3 кезеңнен тұрады: табиғи және экологиялық жарамдық компоненттері бойынша бөлу (топырақтың грунулометриялық құрамы, гумус мөлшері, топырақ реакциясы, жер асты суларының тереңдігі, эрозия деңгейі, тұздану, батпақтану); жердің сипаттамалық көрсеткіштерін талдау (көрсеткіштердің өнімділік нәтижелеріне әсері) және жеке көрсеткіштердің ауыл

шаруашылық өнімділігіне әсерін анықтау. Атқарылған кешенді қадамдардың негізінде ауыл шаруашылық жерлерінің жарамдылық дәрежелерін геоақпараттық технологиялар арқылы анықтау жүзеге асырылған.

Сонымен, берілген тарауда суарудың әлемдегі және Қазақстандағы даму тарихы мен ерекшеліктері, ауылшаруашылық алқаптарын аудандастыруының теориялық негізі және үлес қосқан авторлары баяндалған.

1.2 Суару режимі мен тәсілдері бойынша егіншілік алқаптарының гидромодулдік аудандастырылуы

XX-XXI ғасырлардағы климаттың жаһандық өзгерісі, халық санының екпінді артуы және экономика салаларының кең қарқын алуы су ресурстарына деген сұранысты арттырды, соған сәйкес су тапшылығы әлемнің көптеген аймақтарында, соның ішінде Орталық Азияда мемлекеттерінде де байқалуда [34]. Суармалы жерлердің су ресурстарына тапшылығын анықтау ауылшаруашылығын жүргізудегі маңызды үдерістердің біріне айналуда. Су үнемдеу режимдері мен технологияларын, экологиялық тараптан ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыруға бағытталған шараларды кең қолданысқа енгізу көптеген аймақтардың агроөнеркәсіптік кешенін оңтайландырады [35].

Климаттың өзгеруі және өңірдегі суды ұтымды пайдалануды ескере отырып, Орталық Азия аумағы үшін ауыл шаруашылығы дақылдары су тұтынуының оңтайлы жүйесін тандау кезінде гидромодулдік аудандастыру жұмыстары қаралды. Бұл бағыт аймақтағы су ресурстары тапшылығымен және жедел аридизацияға ұшырау кезінде қолданудың өзектілігін көрсетті. Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий және К. Курбанова ғалымдарының бастамасымен Лиссабон аграрлық университетімен бірге «Коперникус» ФАО әдістемесі бойынша Гогенхайм университетінің (ГФР) Rivertwin және «ИУВР-Ферғана» жобасында Өзбекстанның Ферғана алқабының төрт облысының аумағын суару үшін су қажеттілігі бойынша практикалық жұмыстар жүргізілді. Ғылыми қызметкерлер А.Н.Костяковтың басшылығымен әзірленген гидромодулдік аудандастыруды жіктеу негізі ретінде алынды. Жоғарыда келтірілген аудандастыру ФАО-24 және ФАО-56 әдістемесі бойынша өзгертіліп, PROGWAT бағдарламалық жасақтамасы құрастырылды. Зерттеу нәтижелері 130 мың гектар көлемінде Ферғана алқабындағы суармалы алқаптардың тәжірибесіне енгізіліп, су қабылдауды орта есеппен 200 млн м³ суға төмендетуге мүмкіндік берді [20,р. 108].

Орталық Азия үшін гидромодулдік аудандастыру топырақтың механикалық құрамы мен жер асты суларының орналасуына негізделген принциптерін 1932-1951 жылдары В.М. Легостаев, Б.С. Коньков және Г.П. Гельцер әзірлеген [17,р. 167]. 1948-1961 жылдары С.Н. Рыжов, Б.В. Федоров және В.Е. Еременко аудандастырудың негізгі принциптерін жетілдіріп, Орталық Азия жерлерін 10 гидромодулдік аймаққа бөлді [18,р. 120]. 1968 жылы бұрынғы «Средазгипроводхлопок» институтының («УЗГИП» ЖШС) бастамасымен әдістемені жетілдіру жүзеге асырылды, атап айтқанда суармалы егіншілік

алқаптарының гидрогеологиялық және мелиорациялық аймақтарын анықтады, және келесідей тұжырымдамаларды дәлелдеді:

– терең жер асты сулары жақсы ағынға ие және топырақ түзілу процесіне қатыспайды (жер асты суларының ену аймағы);

– жер асты сулары жер бетіне жақын, сырттан ағынды қалыпты өткізетін, бірақ ағызу қиын аймақ, олар топырақ түзілу процесіне қатысады (жер асты суларының жер бетіне көтерілу аймағы);

– жер асты суларының тұрақты деңгейі жоқ, бірақ байланысты өзгеретін аймақтар нақты жердің табиғи жағдайлары, сондай-ақ сырттан өтетін қиын ағындар (жер асты суларының таралу аймағы) деп түсіндіріледі [34,р. 5190].

Өзбекстандағы гидромодулдік аудандастыру бойынша атқарылған бірқатар жұмыстарға В. Лев және М. Мырзаахметовтың Ферғана, А. Мирзаевтың Қашқадария (1979), В. Нерозин мен М. Хамидовтың Хорезм (1976), А.Е. Авликуловтың Сұрқандария (1994) облыстарының және Б.С. Мамбетназаровтың Қарақалпақстанға (1991) бағытталған зерттеулерін жатқызуға болады [19,р. 5].

Орталық Азиядағы ауылшаруашылық дақылдарының суға деген жалпы қажеттілігі, 1980 жылдары Н.Ф. Беспаловтың әдістемесі негізінде құрастырылған, 9 гидромодулдік аудан көмегімен қанағаттандырылады. Гидромодулдік аудандар топырақтың құнарлылығы мен механикалық құрылымы, аэрация аймағы, судың физикалық сипаты, жер асты суларының тереңдігі және ауылшаруашылық дақылдарының су тұтыну көрсеткіштеріне байланысты анықталады [35]. Келтірілген тұжырымдамаларға сәйкес, суармалы егіншілік алқаптарының гидромодулдік аудандастырылуы - жер және су ресурстарын тиімді пайдалану және оларға ғылыми негізделген суару режимдерін қолдану, сондай-ақ ауылшаруашылық дақылдарының жоғары өнімділігін алу мақсатында аумақты таксономиялық бірліктерге бөлу [34,р. 5190]. Суару жүйелерін пайдалану, жоспарларын әзірлеу және арналардың су сыйымдылығын есептеу гидромодулдік аудандастыру негізінде жүзеге асырылады [19,р. 2]. КСРО кезінде құрастырылған жіктеу әдістемесі қоршаған ортаның өзгерісіне бейімделмеген. Сол себептен қазіргі суармалы егіншілік алқаптарын гидромодулдік аудандастыру климат және су ресурстарының кешенді зерттелуі мен антропогендік әсерін ескере отырып жүргізілуі абзал [36].

М. Хамидов және бірқатар ғалымдар [35,р. 3] Өзбекстанның Бұхара облысындағы суармалы егіншілік алқаптарының, топырақтың механикалық құрылымы мен жер асты суларының деңгейін есепке ала отырып, электрондық гидромодулдік аудандастыру карталарын құрастырған. Ғылыми-зерттеу жұмыстары барысында топырақтың механикалық құрылымы жеке санаттарға (жеңіл, орта және ауыр) бөлініп, геодеректер базасына импортталды, сонымен қатар жыл сайынғы жер асты суларының тереңдігі бақыланатын ұңғыма арқылы тіркеліп, кеңістіктік таралуы IDW интерполяциясы арқылы орындалды. ArcGIS бағдарламасындағы Raster Calculator құралы арқылы гидромодулдік аудандардың таралуы анықталды.

С. Абдурахмонов [19,р. 2] мақаласында Қарақалпақстандағы Шымбай

ауданының аумағындағы суармалы егіншілік алқаптарын гидромодулдік аудандастыру Арал теңізінің жағымсыз экологиялық әсері мен ауылшаруашылық алқаптарының тиімді пайдалану негіздерінде қарастырылған. Ғылыми-зерттеу жұмысы ГАЖ жүйелерін қолдану арқылы ауылшаруашылық дақылдарының тиімді орналасуын жүзеге асырады. Нәтижесінде, топырақтың механикалық құрылымы мен жер асты суларының деңгейін есепке ала отырып, электрондық гидромодулдік аудандастыру карталары құрастырылған.

Оңтүстік Қарақалпақстан, Бөрүни ауданында жүргізілген зерттеу жұмыстары [36-38] мақтаның оңтайлы суару режимі мен нормасын гидромодулдік аудандар шеңберінде анықтауға бағытталған. Мақтаның вегетациялық кезеңіндегі қалыпты су тұтынуын реттеумен қатар, топырақтың механикалық құрылымының түрін есепке алу және жер асты сулары деңгейінің өзгеріс мониторингі де жүргізілген.

Өзбекстандағы климаттың өзгерісі мен суды үнемді пайдалану парадигмасына бағытталған жұмыста [34,р. 5190] ГАЖ-технологиялары мен «ақылды ауылшаруашылығына» өту жүйелері суармалы егіншілік алқаптарын, суару режимі мен нормасы бойынша гидромодулдік аудандастырумен байланыстырған. Ғылыми бағыты ArcGIS бағдарламасын пайдалану арқылы QuickBird жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық түсірістерін өңдеумен анықталады.

Жер бетімен суарудың дәстүрлі әдісі А.Н. Костяков, С.Ф. Аверьянова, Я.В. Бочкарев, С.М. Кривовяз, В.Ф. Носенко, И.Т. Лактаев, И.А. Шаров, Г.Ю. Шейкин, Б.Б. Шумаков, В.А. Духовный және т.б. зерттеушілердің жұмыстарында дамып, жетілдірілген [39].

Қазақстан аумағында суармалы жерлерді гидромодулдік аудандастыруға байланысты зерттеулермен Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институтының ғалымдары айналысқан. К.Б. Балгабеков және А.Қапашев Қазақстанның оңтүстік-шығысында гидромодулдік аудандастыруды қолданып, Алматы, Талдықорған және Жамбыл облыстарының суармалы егіншілік аудандарында суды оңтайлы пайдалану үшін карта-схемалар әзірледі [40].

Суарудың келешекті және қарқынды дамып келе жатқан, ауыл шаруашылығы саласының экономикалық және технологиялық тиімділікпен сипатталатын әдістерінің бірі-тамшылатып суару. Тамшылатып суару басқа суару әдістерімен салыстырғанда судың 50%-ын үнемдейді. Соңғы 20 жылда тамшылатып суарумен айналысатын аймақтардың көлемі 6,5 еседен асып, қазіргі уақытта әлемде шамамен 10,3 млн га жерді құрайды. Тамшылатып суаруды ылғалды және құрғақ климатты аймақтарда қолдану экономикалық тараптан үлкен артықшылықтарға ие [41].

Тамшылатып суару құрғақ және ыстық климатты Аустралия, АҚШ, Мексика, Израиль, Испания, Францияның оңтүстігі, Аргентина, Венгрия, Молдова, Украинаның оңтүстігі, Тәжікстан, Өзбекстан сияқты аймақтарда кеңінен таралған [42].

Тамшылатып суарудың қазіргі замандағы түрі Ұлыбританияда, 1948 жылы жылыжайларда ауылшаруашылық дақылдарын суару мақсатында алғаш рет

пайда болған. 1960 жылдардың аяғынан бастап Израильдің шөлді аймақтарында суару үшін тамшылатып суаруды қолданудың сәтті тәжірибесінен кейін бұл әдіс әлемнің көптеген елдерінде айтарлықтай таралды. 1973 жылдың аяғында Израильде тамшылатып суару алаңы 6 мың гектарды құрап, жылына 500-1000 гектарға өседі. Бұл елде бақ, жүзімдік, цитрус жемістері, банан, жидектер және көкөністер осы әдіспен суарылады.

Еуропа елдерінде (соның ішінде Швеция, Голландия) тамшылатып суару алаңы 15 мың га құрайды, сонымен қатар таяу болашақта жылына 25%-ға өсу күтілуде. Оңтүстік Африкада тамшылатып суару 1969 жылы пайда болып, суару алаңы 3,5 мың га жерді құрайды. АҚШ-та тамшылатып суарудың алғашқы өндірістік жүйелері 1970-1971 жылдары пайда болды (600 га), ал 1972 жылдың соңында тамшылатып суару алаңы 8 мың га, 1973 жылы - 16 мың га, 1974 жылы - 28 мың га құрады. Тамшылатып суарудың негізгі алаңдары Калифорнияда орналасқан. Австралияда 10 мың га, Мексикада - 6,4 мың га ауылшаруашылық жері тамшылатып суарылады.

ТМД елдерінде тамшылатып суару бойынша зерттеулер 1970 жылдан бастап жүргізіле бастады. Әр жылдары тамшылатып суаруды зерттеуге және практикалық қолдануға ТМД мемлекеттерінің келесідей көрнекті ғалымдары үлкен үлес қосқан: Б.Г. Степа, Г.Ю. Шейнкин, Д.П. Семаш, Н.Ф. Носенко, Е.С. Акопов, В.С. Красночечков, М.К. Гаджиев, М.И. Ромащенко, Н.В. Баширов, Л.В. Скарипчинская, Э.В. Гершунов және басқалары, сондай-ақ шетелдік мамандар: Дж. Келлер, Д. Кармелли, Р. Челестре, Д. Голдберг, Е.Д. Ромер, Е.Р. Хоара, С. Мазе және т.б [39, с. 124].

Республикадағы тамшылатып суару әдісін қолданатын алқаптардың ауданы 2012 жылы 7,5 мың га-ны құрады [27, б. 36]. Қазақстандық ғалымдар тамшылатып суару технологиясының жаңартылатын энергия көздерін пайдалану және жылына екі рет өнім алу негізінде суармалы жерлердің өнімділігін арттырудың инновациялық технологияларын әзірлеуде. Суармалы судың тапшылығы жағдайында ресурс үнемдеуші технологияларды кеңінен енгізу, өңірде ауыл шаруашылығы өндірісін тиімді жүргізуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл Қазақстан Республикасының ауыл шаруашылығы саласындағы «жасыл экономикаға» көшуінің алғышарты болып табылады [41, с. 152].

Суармалы егіншілік алқаптарын суару барысында суды дұрыс пайдаланбау ирригациялық эрозияның пайда болуына әкелуі мүмкін. Ирригациялық эрозия суару суларының әсерінен пайда болады, соның ішінде канал арналарының шайылуы мен гидротехникалық құрылыстардың бұзылуы (желілік ирригациялық эрозия) және егістіктен тікелей суару кезінде топырақты шаю (суару ирригациялық эрозиясы) түрінде көрініс табады.

Қазақстан аумағында ирригациялық эрозия оңтүстік және оңтүстік-шығыстағы суармалы алқаптарда кездеседі. Ирригациялық эрозиясының дамуы топырақ құнарлылығы мен ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігінің төмендеуіне, каналдардың шайылуы және су қоймаларының батпақтануына, сонымен қатар эрозияға ұшыраған топырақ профиліндегі гумус қабатының

құнарлылығының, өсімдіктердің минералды қоректенуінің, өнімді ылғалдың азаюына, топырақтың су-физикалық, агрохимиялық және биологиялық қасиеттерінің нашарлауына себеп болады.

Э.К. Мирзакеев деректеріне сәйкес Қазақстанның суармалы егіншілік алқаптары таралған аймақтарындағы эрозиялық (ирригациялық эрозияға ұшыраған жер көлемі – 1896,6 мың га) көрсеткіш өте аз шайылған (52,8% немесе 1001,4 мың га), аз шайылған (22,6% немесе 429,1 мың га), орта шайылған (19,2% немесе 364,5 мың га), қатты шайылған (4% немесе 76,1%) және өте қатты шайылған (1,3% немесе 25,3 мың га) санаттарына жіктеледі [32,с. 230].

Қорытындылай келе, тарауда суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульдік аудандастыру бойынша өзбекстандық және қазақстандық ғалымдардың еңбектері, тамшылатып суарудың ауылшаруашылығына енгізу мысалдары және суаруды тиімсіз пайдалану негізінде пайда болатын ирригациялық эрозия салдарлары қарастырылды.

1.3 Суармалы егіншілік алқаптарын аудандастырудағы климаттың өзгерісі және су ресурстарын тиімді пайдалану негіздері

Соңғы бірнеше онжылдықтағы климат пен климаттық факторлардың аймақтық және жаһандық ауқымдағы өзгеруі агроөнеркәсіптік кешенді, экологиялық ортаны және әлеуметтік-экономикалық қауіпсіздік пен тұрақтылықты қалпына келтіруде өзіндік әсерін келтіруде [43-48].

Глазгода өткен БҰҰ-ның 2021 жылғы климаттың өзгеруі жөніндегі конференциясы жаһандық жылынудың себептері болып табылатын негізгі бағыттарды анықтады. Осы мәселелерді шешу үшін келесі шаралар ұсынылды: электр энергиясын өндіруде көмірді пайдаланудан бас тарту; ормандарды кесуді тоқтату; атмосфераға метан шығаруды шектеу [49,50]. Қоршаған ортаға антропогендік әсер климаттық факторлардың өзгеруіне бейім, сонымен қатар парниктік газдардың концентрациясына әсер етеді. Табиғи пайдалы қазбаларды жағу атмосфераға парниктік газдардың айтарлықтай шығарындыларын көбейтеді. Бұл шығарындылар ұзақ мерзімді перспективада орын алып, парниктік газдар концентрациясының жоғарылауы атмосфераның төменгі қабаттарында жылуды сақтайды [51].

Алғаш рет «жаһандық жылыну» терминін 1975 жылы У. Брокер температураның жоғарылауы мен көмірқышқыл газының деңгейін салыстыра отырып сипаттаған. Брокердің зерттеулері болашақта көмірқышқыл газы планета масштабындағы температураның өсуінің негізгі факторларының бірі болады деп болжады [52,53].

Егер келесі ғасырда парниктік газдар шығарындыларының азаюы қамтамасыз етілмесе, шығарындылар сценарийіне байланысты жаһандық температура 2°C-тан 4°C-қа дейін көтеріледі деп күтілуде [51,р. 10]. IPCC мәліметтері бойынша, 2013 жылы 1850-2012 жылдар аралығында планета бетіндегі жер атмосферасы орташа деңгейден 0,85°C-қа жоғарылады [54].

Климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық топтың (IPCC) бесінші бағалау есебі (AR5) парниктік газдардың концентрациясы 2100 жылға қарай 421 ppm

(RCP2.6), 538 ppm (RCP4.5), 670 ppm (RCP6.0) және 936 ppm (RCP 8.5) жететін төрт даму сценарийін қарастырады. RCP2.6 сценарийі парниктік газдар шығарындыларының ең жоғарғы мәні 2010-2020 жылдарға созылатынын білдіреді, содан кейін құлдырау күтіледі. RCP4.5 сценарийінде шығарындылардың жоғарғы мәні шамамен 2040 жылы, ал RCP6.0 - 2080 болады деп есептеледі. RCP8.5 сценарийі шығарындылар ғасыр бойы өсе береді деп болжайды [55, 56].

Жылыну соңғы үш онжылдықта жеделдеді, олардың әрқайсысы 1850 жылдан бергі кез келген онжылдыққа қарағанда дәйекті түрде жылы болды: соңғы бес жыл (2015-2019) рекордтық ең жылы бес жыл және 2019 жылғы орташа жаһандық температура индустрияға дейінгі деңгейден $1,1 \pm 0,1^\circ\text{C}$ жоғары болды [57-59].

Гидромодулдік аудандардың шеңберінде суару режимі мен тәсілдерін анықтау ауылшаруашылық алқаптарының қалыпты, әрі оңтайлы дамуына қажетті алғышарттардың негізін құрайды.

Суару үшін қажетті су мөлшерін анықтау, ең алдымен, өсімдіктердің транспирацияға, жасыл массаның пайда болуына, сондай-ақ топырақтағы судың булануына жұмсалатын су шығын есептеуімен байланысты.

Ғылыми ортада жалпы су тұтынуды анықтау ресейлік А.Н. Костяков, И.А. Шаров және Н.Н. Иванов, украиндық А.М. және С.М. Альпатьяевтар, амеркандық Х.Ф. Блейн және В.Д. Кридлл, ұлыбританиялық Х.Л. Пенман, франциялық Л. Тюрк еңбектеріне жүгінеді [42, с. 816].

Қазақстандағы су мелиорациясының дамуы Кеңес Одағының кезінде, атап айтқанда 1960-1965 жылдары еліміздің оңтүстік өңірлеріндегі суармалы егіншілік алқаптарының күрт ұлғаюы есебінен қарқынды дами бастаған. Алғашында атқарылған қызметтер қоршаған ортаның ерекшеліктерін ескермей жүргізілген. Орталық Азия мемлекеттерінің Сырдария өзенін ауылшаруашылығында кеңінен, әрі артық пайдалану салдарынан, өзен суының экологиялық жағдайы күрт нашарлап, суының мөлшері азайған [60].

Қазақстандағы, соның ішінде Алматы облысының суармалы егіншілік алқаптарын сумен қамтамасыз ететін Іле өзенінің 1970 жылдан бері Қазақстан және Қытай тарапынан су тұтынуының артуы мен қоймалардың жаппай салынуынан, сағасындағы ағыстың азайғандығы көрініс табады. Орын алған өзгерістер өзен сулануының күрт нашарлауына, гидроморфты ландшафттардың аридизациясына және аймақтағы шөлденудің кеңеюіне себеп болды. Сонымен қатар, өзеннің экожүйесіне әсер еткен антропогендік факторлар аймақты Арал теңізінде орын алған табиғи апатқа душар ету қаупін арттырды.

Іле өзенінің сағасы мен Балқаш көлін физикалық-географиялық тұрғыдан қарастыратын еңбектерге: А.И. Ионенің Балқаш маңы ойпаты шөлді аумағының жергілікті өсімдік жамылғысы мен геологиясы жайындағы есебі (1841 ж.), М.П. Русаковтың аумақтың батыс бөлігінде құм үйінділердің кездесуі Балқаш, Алакөл және Сасықкөл көлдерінің бір теңіз болғандығын қарастыратын жорамалы (1851 ж.), Т.Ф. Нифантьевтің Балқаш көлінің географиялық орналасуы, жағалау сызығы мен тереңдігін зерттегендігі, сонымен қатар Іле

өзенінің көл мен Іле ойпатына кеме жүзуге жарамдылығы (1851 ж.), В. Филлердің 1856 жылы Гравицкий көпесінің Балқаш көлінің батыстан шығысқа қарай тұздылығының артатындығын анықтайтын саяхаты мен көл аралдарының топырағын сипаттау, П.А. Казанский Іле өзені сағасының геологиялық рекогносцировкалық зерттеуі нәтижесіндегі 1 дюймдағы 10 верстты маршруттық картасын құрастыру (1911 ж.) И.В. Мушкетовтың «Түркістан» атты аумақтың бастапқы зерттеуі (1915 ж.), Б.К. Терлецкийдің Балқаш-Алакөл ойпатының гидрологиялық зерттеуі мен Сарыесік-Атырау шөлінің геологиялық сипаты (1915 ж.), М.М. Крыков Іле өзені сағасының гидрологиялық тараптан 3 террасасын (төбешік, қырқа, бархан) анықтауы (1928 ж.) бағытындағы жұмыстарын атап көрсетуге болады [10, с. 147].

Іле өзенінің суын пайдалануды шартты түрде 2-ге бөліп қарастыруға болады: табиғи жағдайда орын алған кезең (1938-1969 жж.) және Қапшағай су қоймасының салынуынан кейінгі кезең (1970-қазіргі уақыт). Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде, 1938-1969 жылдар аралығында (32 жыл) Қапшағай шатқалы тұстамасындағы орташа су өтінімі - 462 м³/сек, ал 1970-2002 жылдарда (33 жыл) – 404 м³/сек көрсеткіштеріне тең болды. Соған сәйкес, су қоймасының салынуы мен судың СЭС қажеттіліктеріне пайдалануы негізінде Іле өзені сулылығының біршама кемігендігі байқалады. Сонымен қатар, Іле өзенінің суын қалыпты деңгейден (341 м) төмен түспеуіне бағытталған Қытаймен келіссөз жүргізу қажеттілігі туындайды [61].

Іле өзенінің атырауындағы, Қапшағай гидроторабының суды реттеуіне байланысты, ағынның өзгеруі 1970-1995 жылдар аралығында орта есеппен жылына 14,7 км³-тан 12,2 км³-қа дейінгі көрсеткіштерге азайған. Сол себептен, аймақта 1974 жылдан бастап шөлейттену үдерісі кең қарқын алуда. Өзен сағасында орналасқан суармалы жерлердің ауданы 1974-1985 жылдар аралығында 1209 км²-тан 354 км²-қа дейін (3,4 есе) қысқарғандығы мәлім [62].

Орталық Азия және Қазақстан аумақтарындағы агроклиматтық зерттеулерге С. Кенжебаевтың [63] Ферғана алқабындағы тәуліктік және мақта, күздік бидай, жүгерінің өсу деңгейіне негізделетін өнімділік коэффициенті мен эвапотранспирация көрсеткіштерін анықтау бойынша жұмыстар атқарылған. Ғылыми-зерттеу әдістемесі FAO-56 топырақ-су балансының интеграцияланған қос егін жинау рәсімі негізінде жүргізілген.

Қазақстанның оңтүстік аумағындағы агроклиматтық көрсеткіштердің өзгеріс динамикасын зерттеуге байланысты, С.С. Байшоланов [64] метеорологиялық станциялардағы ақпарат негізінде белсенді температуралар мен жауын-шашын жиынтығын, ауа ылғалдылығының дефицитті жиынтығын, Селяниновтің гидротермиялық коэффициентін, Шашконың атмосфералық ылғалдандыру көрсеткішін есептеп, ылғал мен жылы қамтамасыздығын 1964-2003 жылдар аралығында анықтаған. Нәтижесінде, қарастырылған мерзім үшін, агрометеорологиялық көрсеткіштердің қалыпты өсу тенденциясы тіркелген.

1.4 Суармалы егіншілік алқаптарын аудандастырудағы жерді арақашықтан зондылау және машиналық оқыту әдістерін пайдалану ұстанымдары

Машиналық оқыту (machine learning) - биологиялық оқыту процесіне негізделген жасанды интеллект бөлімі. Машиналық оқыту тәсілі машинада оқылатын мәліметтерге негізделген оқыту алгоритмдерін әзірлеумен байланысты деректерді өңдеу, қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз ету сияқты негізгі салаларды қамтиды. Машиналық оқыту көп өлшемді, сызықтық және параметрлік емес регрессияны немесе жіктеуді қамтамасыз ете алатын әртүрлі алгоритмдердің жиынтығы (мысалы, нейрондық желілер, тірек векторлық машиналар, өзін-өзі ұйымдастыратын карта, шешім ағаштары, кездейсоқ ормандар, нақты жағдайларға негізделген пайымдау, генетикалық бағдарламалау және т.б.). Машиналық оқытуға негізделген әдістерді үлгілеу мүмкіндіктері олардың ғылым мен техникада, соның ішінде жер туралы ғылымдар мен қашықтықтан зондылауда, кеңінен қолданылуына әкелді. Жер туралы ғылымдар мен қашықтықтан зондылау мәселелерін шешу үшін машиналық оқытудың тиімділігін көрсететін параметрлік емес регрессия және жіктеудің көрнекі мысалдары бар [65].

Қашықтықтан зондылау деректерін талдауға арналған статистикалық машиналық оқыту (SML - Statistical Machine Learning) әдістері мен есептеу алгоритмдерінің дамуы жарты ғасырдан астам уақыт бойы жалғасып келеді. Бағыт бойынша жұмыс атқарған алғашқы ғылыми мекемелердің біріне, 1960 жылы құрылған, Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS) зертханасын атап көрсетуге болады. Зертхана 1969 жылы Apollo жер серігінің спектрлік деректері мен автоматтандырылған талдау арқылы ауылшаруашылық дақылдарын анықтап, 1970 жылы машиналы мультиспектрлік талдауды енгізуі, ғылыми-зерттеу жұмыстардың машиналық оқыту алгоритмдеріне бағыт алғандығына себеп болды. Қазіргі уақытта статистикалық зерттеулердегі қашықтықтан зондылау деректерін талдаудың негізгі бағыты экологиялық және ауылшаруашылық статистикасын (жерді пайдалану, өсімдік жамылғысының өзгеруі, дақылдарды анықтау, ормансыздану және судың сапасын бақылау) өңдеуге бағытталады. Статистикалық көрсеткіштердің қашықтықтан зондылау деректері негізінде өңделуі халықаралық деңгейде, атап айтқанда Біріккен Ұлттар Ұйымының 2030 жылға дейінгі Тұрақты даму бағытына сәйкес келеді.

Табиғи ресурстарды зерттеудегі ашық деректер қашықтан зондылау жұмыстарын оңтайландырып, кешенді талдау жасауға мүмкіндік тудырды. Committee on Earth Observation Satellites (CEOS) комитетінің 2018 жылғы нұсқаулығы, тұрақты даму мақсаттарын қолдау үшін Жерді серіктік бақылау және Біріккен Ұлттар Ұйымының 2017 жылғы серіктік түсірістер жөніндегі жұмыс тобының ресми статистикасының Жерді бақылау жөніндегі нұсқаулығы қоршаған ортаны зерттеуде өзіндік автоматтандырылған тұстарын жария еткен. Дүниежүзілік Банктің, «Earth Observation for Water Resources Management» және БҰҰ-ның ауылшаруашылық статистикасы үшін қашықтықтан зондылау жөніндегі азық-түлік және ауылшаруашылық ұйымының нұсқаулықтары

қашықтан зондылаудың мамандандырылған нәтижелерін жариялаған. БҰҰ-ның жаһандық геокеңістіктік ақпаратты басқару жөніндегі сарапшылар комитеті (UN GGIM - The UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management) жаһандық геокеңістіктік ақпаратты әзірлеуді басқарып, қоршаған ортаны бақылау мақсатында пайдалануды ынталандырады.

Су объектілері, дақылдар мен ормандар сияқты табиғи және басқарылатын ресурстардағы өзгерістерді өлшеу үшін қашықтықтан зондылау деректерінің статистикалық талдауы уақыт өте келе ондаған жылдар бойы қолданылып келеді. Қашықтықтан зондылау деректерінен алуға болатын экологиялық статистиканың кең таралған мысалына орман жамылғысының өзгеруі және ормансыздану процессін анықтауды айтуға болады. Ормандағы өзгерістерді анықтау Landsat жерсеріктік жүйесінің түсірістері негізінде, атап айтқанда жер жамылғысының (land cover) деректерін пайдалану негізінде жүргізіледі. Hansen [66] және басқа ғалымдардың Google Earth Engine жүйесінің және ғарыштық түсірістер негізінде құрастырған жаһандық ормандардың өзгеру картасы (<https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>) Landsat түсірістерінің уақыт қатарын талдау арқылы құрастырылды.

Қашықтықтан зондылау деректерінен алуға болатын ауылшаруашылық статистикасының мысалдарына дақылдарды және өнімділігін анықтауды айтуға болады. Мысалы, Корея Республикасындағы күріш алқабының дамуын бақылау, соның ішінде дақылдарды және жалпы өнімділікті анықтау, мұхиттың жоғары ажыратымдылықтағы геостационарлық кескіндері (GOCI) негізінде жүзеге асырылған.

Tripathy және басқа ғалымдардың бастамасымен [68] бидайдың өнімділігін бағалау үшін физиологиялық, спектрлік көрсеткіштерді және кеңістіктік ерекшеліктерді қамтитын жартылай эмпирикалық әдісті қолдананып, өсімдік индекстеріне негізделген спектрлік (эмпирикалық) және физикалық (механикалық) модельдер қолданған [68].

Машиналық оқыту Жер туралы ғылымдар (кұрлық, мұхит, атмосфера) және басқа да салаларда, соның ішінде мамандандырылған салаларда (дақылдардың ауруларын анықтау, жаңа өнім түрлерін жасап шығару, қателерді түзету және кодты жеделдету алгоритмдері, т.б) енгізіліп, оңтайлылығы тәжірибеде дәлелденген [69-77].

Машиналық оқыту алгоритмдерінің жиі қолданылатын түрлері жасанды нейрондық желілер (ANN - artificial neural networks), тірек векторлық машиналар (SVM - support vector machines), өзін-өзі ұйымдастыратын карта (SOM - self-organizing map), шешім ағаштары (DT - decision trees), кездейсоқ ормандар сияқты ансамбльдік әдістер, прецедентке негізделген пайымдау, нейро-бұлыңғыр (NF- neuro-fuzzy), генетикалық алгоритм (GA - genetic algorithm), көп өлшемді адаптивті регрессиялық сплайндар (MARS - multivariate adaptive regression splines) және т.б [78-89].

Машиналық оқытуға негізделген әдістер жиырма жылға жуық ғылыми және инженерлік міндеттерде кеңінен қолданылады, алайда Жер туралы ғылымдар мен қашықтықтан зондылау саласында жаңадан енгізілуде, соған сәйкес

машиналық оқытудың бірқатар өзекті және құжатталған қолданылуы қысқаша көрсетілген. Жер туралы ғылымдар мен қашықтықтан зондылау мәселелерін шешу үшін кейбір Машиналық оқыту әдістерінің бірегей ерекшеліктері қарастырылады. Сонымен қатар, екі түрлі, бірақ бірін-бірі толықтыратын иллюстрациялық мысалдар келтірілген: біреуі көп өлшемді сызықтық емес параметрлік емес регрессияны, екіншісі көп өлшемді сызықтық емес бақыланбайтын классификацияны қолданады [65,р. 3-10].

Қашықтықтан зондылау деректерінің нысанға бағытталған кескінді талдауы пикселдерді біртекті сегменттерге немесе жеке пикселдерді талдаудың орнына объектілерді топтастыруды қамтиды, яғни сегменттерде әр жолақ үшін орташа, дисперсия және орташа мән қатынасы сияқты жеке пикселдер туралы қосымша ақпаратты қамтиды. Пикселдерді сегменттерге біріктіру сонымен қатар сенсорлардың сапасы жоғарылаған сайын қол жетімді болатын жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық түсірістермен жұмыс істеу кезінде есептеу шығындарын азайтады. Кескінді сегменттеудің баяндалған түрін жүзеге асыратын алгоритмдер 4 санатқа бөлінеді: нүктелік, шеттік, аймақтық және аралас.

Географиялық объектілерге негізделген кескінді талдау (GEOBIA - Geographic Object Based Image Analysis) - қашықтықтан зондылау саласында спектрлік ақпараттың негізінде қосымша географиялық ақпарат, топология, салыстырмалы және абсолютті орналасу көрсеткіштерін қамтитын пиксель сегменттерін жіктеуді қамтиды [67,р. 1365].

Қашықтықтан зондылаудың далалық бақылаулардан немесе аймақты зондылаудан негізгі айырмашылығы - физикалық байланыссыз нысан немесе құбылыс туралы ақпаратты алуымен түсіндіріледі. Соңғы зерттеулердің нәтижелеріне сәйкес, жасанды интеллектке негізделген терең және машиналық оқыту технологиялары қашықтықтан зондылау кезінде кездесетін кескіндер мен бейне сигналдарды өңдеуде үлкен автоматтандырылған функционалдық мүмкіншіліктерді көрсетеді. Технологиялар GPU сияқты жоғары жылдамдықты кескін өңдеу және есептеу құрылғыларының қолданылуын қажет етеді. Берілген құрылғылардың дамуы, қашықтықтан зондылау технологиясы және аэрофототүсірілім технологиясы арқылы ғылыми қауымдастыққа жоғары ажыратымдылықты кескіндер көмегімен Жерді бақылауды жүзеге асыруға және Жерді бақылау деректерінің үлкен көлемін алуға жол ашады [90].

Машиналық оқыту алгоритмдері болашақ оқиғаларды болжау үшін белгіленген деректерді пайдалана отырып, әдетте бұрын зерттелген нысандар арқылы бақыланатын режимде жұмыс істеуге бағытталған. Болашақ сценарийлерді болжау режимінде белгісіз деректерді анықтау мәлім ақпаратты өңдеу арқылы деректер жиынтығымен жұмыс жасайды. Сонымен қатар, машиналық оқыту алгоритмдері күтілетін нәтижені нақты нәтижемен салыстыра отырып, үлгіге тиісті өзгерістер енгізу мақсатында ауытқу қателерін таба алады. Екінші жағынан, бақыланбайтын машиналық оқыту алгоритмдері таңбаланған оқыту үлгілері болмаған кезде қолданылады. Бақыланбайтын оқытуды зерттеу деректерді белгілерді әртүрлі кластерлерге бөлуге тырысады. Қашықтықтан

зондылау деректерін өңдеу кезінде бақыланбайтын кластерлік оқытуды қолдану, әдетте, берілген қашықтықтан зондылау кескіндерінен қанша максималды класс алуға болатынын көрсетеді. Оқыту алгоритмдері жағдайында ол таңбаланбаған таңдамалы деректерден жасырын құрылымдарды сипаттау үшін деректер жиынтығын пайдаланып қорытынды жасауға тырысады.

Жартылай басқарылатын машиналық оқыту алгоритмдері бақыланатын және бақыланбайтын оқытудың ортақ мінездемелерін қамтып, таңбаланған деректер нүктелерінің аз санын және таңбаланбаған нүктелердің көп санын пайдаланады. Оқыту әдістерінің осы түрлерін пайдалана отырып, жүйенің оқу дәлдігін айтарлықтай жақсартуға болады. Оқу деректерінің үлкен көлемін алу қымбатқа түсуі және уақытты қажет етуі мүмкін, бірақ толық емес бақылау тәсілдері шығындар мен уақытты азайтуға септігін тигізеді. Күшейтілген машиналық оқыту алгоритмдері әрекеттерді тудырып, қоршаған ортамен өзара әрекеттесу кезінде қателерді анықтап, талдаудың өнімділігін оңтайландыру үшін деректерден функцияларды автоматты түрде алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар машиналық оқыту әдістері үлкен көлемдегі деректерді өңдеу және жоғары дәлдікпен нәтиже беруде де қолданылады. Дегенмен, оқыту кезінде нақты нәтижелерге қол жеткізу үшін, қосымша уақыт және оқу деректерінің үлкен ресурсы қажет.

Үлгіні тану ретінде жұмыс істейтін машиналық оқыту белгісіз кіріс мәніне белгі тағайындап, әр кіріс мәнін белгілі бір сыныпқа жатқызуға бағытталған кешенді жіктеуді қамтиды. Ғылым және технологиялық салада статистикалық, анық емес, оқытуға негізделген және статистикалық атты машиналық оқыту алгоритмдерінің әртүрлі санаттары әзірленді. Соңғы онжылдықта тақырыптық карталарды жасау үшін статистикалық алгоритмдер кеңінен әзірленіп, бақыланатын және бақыланбайтын режимдерде қашықтықтан зондылау деректерін өңдеуде кеңінен қолданылады. Кейінірек растрдың мінездемелеріне негізделген алгоритмдер пиксельде өсімдік жамылғысының екі немесе одан да көп кластары болған кезде пайда болатын аралас пиксель мәселесін шешу үшін құрастырылды. Аралас пикселдер өсімдік жамылғысының класс, пиксель өлшемі немесе екі және одан да көп әртүрлі түрлері арасындағы шекараны білдіретін сәйкессіздіктен туындауы мүмкін [91].

Машиналық оқыту және жерді арақашықтан зондылауды ауылшаруашылығында, соның ішіндегі суармалы егіншілік алқаптарын аудандастыруда қолданған ғалымдар [92-97] зерттеу нысанын агроклиматтық, гидрографиялық және биологиялық тұрғыдан қарастырған. Төменде осы бағыттағы ғылыми-зерттеу жұмыстары баяндалады.

S. Wei жұмысында [92,р. 3004] алқаптарды суаруға арналған судың көлемі машиналық оқыту, жерді арақашықтан зондылау және климаттық деректері негізінде бағаланады. Зерттеуде судың жылдық шығыны ЖАЗ арқылы анықталатын өсімдік индекстары, эвапотранспирация, жер жамылғысы, метеорологиялық көрсеткіштері және ғарыштық түсірістерін тікелей машиналық оқытудың Random Forest регрессиясымен бірге анықталады. Эвапотранспирация көрсеткіштері MODIS (MOD16) өнімінен, тәуліктіктік метеорологиялық

деректер GRIDMET жүйесінен алынған.

D. Ketchum және бірқатар ғалымдар АҚШ-тың 11 батыс штаты үшін 1986-2018 жылдар аралығында, Google Earth Engine көмегімен 30 метрлік ажыратымдылықтағы жылдық суару карталарын құрастырған. Зерттеуде Landsat ғарыштық түсірістерін, сондай-ақ Random Forest классификаторын оқыту үшін климат, метеорология және жер бедері деректерінің 28 жыл ішіндегі 60 000 нүктелік үлгісі қолданылған. Нәтижесінде IrrMapper әдісі арқылы суармалы және суармалы емес (тәлімді, сулы-батпақты және тың алқаптар) жерлерге бинарлы классификация бойынша жіктелген. Random Forest (RF) алгоритмі негізіндегі IrrMapper тәсілі параметрлік емес ансамбльдік жіктеу алгоритмін және шешім ағашының регрессиясын қолдана отырып оқытылады. RF көптеген шешім ағаштарын оқыту үшін кездейсоқ оқу үлгілерінің ішкі жиындарын таңдап, ағаштарды теру режиміне негізделген жіктеуді орындайды. IrrMapper RF үлгісінің гиперпараметрлері оқу деректер жиынтығында Python Scikit-Learn кітапханасының RF-алгоритмін енгізу арқылы тексерілді [93,р. 2328].

L. Hassan-Esfahani және басқа ғалымдардың мақаласында [95,р. 42] суарудың біркелкілігін барынша арттыру және өнімділіктің төмендеуін азайту үшін судың оңтайлы таралуы үлгіленеді, сонымен қатар Landsat ғарыштық түсірісі, жергілікті метеорологиялық деректері және топырақтың су балансы тәсілін пайдалануға негізделеді. Үлгі 2 негізгі модульді қамтиды: судың таралуын оңтайландыру (дақыл түрі, өсу сатысы, дақылдардың су тапшылығына сезімталдығын пайдаланатын генетикалық алгоритмдері) және топырақ-су балансы үлгісінің құрамдас бөліктерін болжау.

G. Paolini ғылыми мақаласында [96,р. 10055] әртүрлі ирригациялық жүйелерді далалық жағдайда жерді арақашықтан зондылау және бақыланатын машиналық оқыту (supervised machine learning) негізінде мезгілдік қатарды жіктеудің жаңа тәсілі ұсынылған. Машиналық оқыту үлгілері 2020 жылы Каталонияның (Испания) егіншілік қарқынды дамыған аймағында өткен далалық экспедиция кезінде жиналған 300-ден астам өрістің сенімді деректерін пайдалана отырып оқытылды. Ғарыштық түсірістерден алынған 2 гидрологиялық айнымалылар (нақты булану және топырақтың ылғалдылығы) үлгілеуді жіктеу және біріктіру кезінде оңтайлы нәтижелер көрсетті. Зерттеудегі үлгілеудің 3 түрі де әртүрлі ирригациялық жүйелерді ажыратуда оңтайлы нәтижелер көрсетті, алайда ResNET терең оқыту нейрон желісі аз бұрмаланушылыққа ие болды.

Y. Wen зерттеуі [97,р. 242] Қытайдың Хэтао суару аймағында 2012-2016 жылдар аралығындағы жүгері, күнбағыс және бидай дақылдарының көп жылдық кеңістіктік таралу карталарын, машиналық оқытудың алдын ала шектеу әдісі негізінде құрастыруға бағытталған. Алдын ала шектеу әдісі фенологияға негізделген параметрленген өсімдік индексінің жіктеуішін және екі параметрлік емес машиналық оқыту алгоритмін - support vector machine (SVM) және random forest (RF) біріктіреді, сонымен қатар зерттелетін дақылдардың картаға түсіруде оңтайлы нәтижелерін көрсеткен. Сонымен, тарауда Жерді арақашықтан зондылауда қолданатын машиналық оқыту алгоритмдері мен ауылшаруашылығында пайдаланудың ғылыми негізі көрсетілген.

2 АЛМАТЫ ЖӘНЕ ЖЕТІСУ ОБЛЫСТАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ

«Қазақстан Республикасының әкімшілік-аумақтық құрылысы туралы» Қазақстан Республикасы Заңының 9-бабына сәйкес Қазақстан Республикасының Президентінің «Қазақстан Республикасының әкімшілік-аумақтық құрылысының кейбір мәселелері туралы» жарлығында Алматы облысының құрамынан Ақсу, Алакөл, Ескелді, Қаратал, Кербұлақ, Көксу, Панфилов, Сарқан аудандарын, Талдықорған және Текелі қалаларын бөлу жолымен әкімшілік орталығы Талдықорған қаласында орналасатын Жетісу облысын құру қаулы етілген [98, 99].

Алматы және Жетісу облыстары республиканың оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан әкімшілік бірліктері. Алматы облысының жер аумағы 105 263 км², ал Жетісу облысының аумағы 118 500 км²-ді құрайды, яғни облыстар Қазақстан Республикасы территориясының 9%-дан аса бөлігін алып жатыр.

73⁰51' және 83⁰30' шығыс бойлық пен 42⁰15' және 47⁰20' солтүстік ендікте жатқан облыстар батысында - Жамбыл, солтүстігінде Балқаш көлі арқылы - Қарағанды, солтүстік-шығысында - Абай облыстарымен, шығысында - ҚХР-мен, оңтүстігінде Қырғыз Республикасымен шектеседі. Батыстан шығысқа қарай - 700 км-ге, оңтүстіктен солтүстікке қарай 500 км-ге созылып жатыр. Орталықтары: Қонаев қаласы (Алматы облысы) және Талдықорған қаласы (Жетісу облысы).

Алматы облысының әкімшілік-аумақтық бөлінісі: Балқаш, Еңбекшіқазақ, Жамбыл, Іле, Қарасай, Кеген, Райымбек, Талғар, Ұйғыр аудандары және облыстық маңызы бар Қонаев қаласы (9 аудан және 1 қала). Жетісу облысы 8 аудан және 2 облыстық маңызы бар қалалардан құралған: Ақсу, Алакөл, Ескелді, Қаратал, Кербұлақ, Көксу, Панфилов, Сарқан аудандары, Талдықорған және Текелі қалалары [100-102].

Алматы және Жетісу облыстары солтүстікте Балқаш көлімен Сарыарқаның Қоскеліншек, Шолақ, Қызылсаяқ, Табақкентатар, Қызылтас, Қараүңгір оңтүстік сілемдерімен, солтүстік-батыста Бетпақдала шөлімен, солтүстік-шығыста Тарбағатай тауларымен, Алакөл қазаншұңқырында орналасқан Барлық Майлы тауларымен, шығыста Жетісу қақпасы, Борохоро, Боротола таужоталары арқылы Қытай Халық Республикасымен, оңтүстік-шығыста солтүстік Тянь Шанның Кетпен және Күнгей Алатауымен, оңтүстікте Іле, Теріскей Алатауларының жоталарымен және оңтүстік-батыста Шу-Іле тауларының Жетіжол және Кіндіктас тауларымен, батыста Жусан дала үстірті арқылы Шу-Іле тауының Айтау т.б. аласа таулар мен тауаралық аңғарларымен шектеседі (сурет 1) [100,б. 712].

2.1 Алматы және Жетісу облыстарының геоморфологиялық ерекшеліктері, геологиялық құрылымы

Жер бедері және орографиялық ерекшеліктері. Алматы және Жетісу облыстарының жер бедері алуантүрлілігімен, атап айтқанда солтүстік бөлігіндегі Тауқұм, Сарыесік-Атырау, Қорғанқұм шөлдері көлбеулігімен және

антропогендік аллювийлі және эолды шөгінді жыныстардың құрылымдығымен, Балқаш маңы жазығындағы Іле өзенінің атырауы көне, құрғақ арналардың кездесуімен ерекшеленеді [100,б. 712]. Оңтүстік Балқаш шөлдеріне тән географиялық орналасудағы ерекшеліктері – құрлықшілік жағдайы мен аумақтың ағынсыздығы, сонымен қатар континенттік климат, су ресурстарының тапшылығы, құрғақ ландшафттардың басым болуы [103].

Облыстардың оңтүстік, оңтүстік-шығыс бөлігінде Жетісу Алатауы және Барлық таулары таралған. Шығыста Жетісу Алатауының тау сілемдері тауаралық ойпаңдар мен қазаншұңқырларға бөлінген, сонымен қатар тау жүйесінің ең биік шоқысы Бесбақан орналасқан. Жетісу Алатауының тау сілемдерінде 1300-ден астам мұздық кездеседі (ауданы – 1,3 мың км²). Тау жүйесінің Алтынемел, Қолдытау, Сайқын, Тышқантау, Малайсары, Текелі секілді сілемдері жазық аймақтарға ене орналасқан.



Сурет 1 – Алматы және Жетісу облыстарының физикалық-географиялық картасы

Алматы облысының оңтүстік, оңтүстік-шығыс бөлігі Солтүстік Тянь-Шаньның Іле, Күнгей, Теріскей Алатаулары және Кетпен жотасын қамтиды. Жетісу Алатауы мен Іле, Күнгей Алатауларының арасында Іле ойпаты орналасқан. Зерттеу аймағының оңтүстік және оңтүстік-батысында салыстырмалы түрде төмен жер бедерінің формалары, атап айтқанда Шу және

Іле таулары, сонымен қатар Қопа, Бозой, Жусандала және Қараой үстірттері таралған. Тарбағатай және Жетісу Алатауының аралығында көлемді Алакөл ойысы орналасқан [100,б. 712].

Іле Алатау жотасы - Солтүстік Тянь-Шаньның ең ірі жоталарының бірі, ендік бойынша 43° бойымен 360 км-ге созылып жатыр. Жотаның орталық бөлігіндегі негізгі су алабы 140-150 км ұзындықта, 4000 м және одан да көп абсолюттік биіктік көрсеткіштеріне ие. Іле Алатауы жотасының солтүстік беткейінде, Кіші Алматы өзенінің жоғарғы ағысында, аттас тау-мұздық бассейнінде, ең ірі Тұйықсу мұздығы орналасқан. Тұйықсу мұздығындағы масса балансын өлшеу 1956 жылдан бері жүргізіліп келеді, яғни зерттеулер әлемдегі ең ұзақ мерзімді өлшемдердің біріне жатқызылады [104, 105].

Ұзындығы 450 км-ге, ал ені 100-200 км шамасындағы, шығыстағы ірі тау массивтерінің бірі – Жетісу Алатауының батыс бөлігі Қазақстан, ал шығысы Қытай аумағында орналасады. Тау жүйесін екі жотаға бөлетін Бұратала және Көксу өзендері Солтүстік Жетісу және сыртын оңтүстікке қарай бағыттарды белгілейді. Жетісу Алатауының шығысында мұздықтар кездесе, батысы аласа таулы жоталарға бөлініп, Балқаш маңы жазығына енеді. Тау жотасының сатылы, солтүстік бөлігінде Суықтау, Шыбынды, Тастау, Күнгеі шағын тау массивтері орналасып, тауаралық ойпаттармен тарамдалады. Жетісу жотасының оңтүстік бөлігі Мұзтау, Тоқсанбай, Тышқантау, Бежінтау жоталарынан тұрып, ең биік шоқысы - Бесбақан 4464 м құрайды. Солтүстік Жетісу Алатауында Көкжота тауы орналасып, Лепсі, Тентек, Ақсу және Басқан өзендері бастау алады. Оңтүстік жотасында суы тұщы, әрі ағу қарқыны әдәуір көп Бұратала, Көксу, Өсек, Қора өзендері басталады. Жетісу Алатауының оңтүстігі Іле ойпатымен, батысы Итжон және Қараой үстірттерімен, сонымен қатар Іле аңғарындағы Қапшағай шатқалымен шектеседі. Қазақстандағы Іле аңғарының ұзындығы – 250 км-ге тең болса, ал енді жері 50-55 км-ді құрайды. Аңғар шөгінді тау жыныстарынан құралып, солтүстігіндегі жер бедеріне құм және құм төбешікті формаларын жатқызуға болады. Іле аңғарының көптеген бөлігі Қапшағай бөгенінің салынуына байланысты су астында қалған.

Аймақтың оңтүстік-шығыс бөлігінде Тянь-Шань тау жүйесіне жататын, Қазақстандағы ең биік Хан Тәңірі шыңы орналасқан. Тау аңғарлары күрделі, әрі тілімденген сипатта, сонымен қатар аймақ мұзданудың негізгі торабы.

Тянь-Шань тау жүйесінің Теріскей және Күнгеі Алатау жоталары Алматы облысына солтүстік-шығыс және шығыс сілемдері кіреді. Тау жоталырынан солтүстікке қарай Кеген және Текес тауаралық ойпаттары, Кетпен жотасы (биік жері – 3652 м) орналасады. Кетпен тау жотасында мұздану процесстері кездеспейді, сонымен қатар тау басы жатық, оңтүстік беткейі тік, ал солтүстігі көлбеу. Солтүстік Тянь-Шань тау жүйесіндегі биік тау жотасы – Іле Алатауы, ең биік жері – 4591 м (Талғар шыңы), батыстан шығысқа қарай 350 км-ге созылады. Шығыс бөлігінде тау жоталары орографиялық тұтастығын жоғалтып, Сөгеті және Жаланаңаш тауаралық ойыстарымен жалғасады. Іле Алатауы солтүстік бөлігінде Түрген өзені арқылы Бақай, Қараш және Сөгеті, ары қарай Бұғыты тауларымен, орта бөлігінде Торайғыр, Сарытау, ал оңтүстігінде терең шатқалды,

тілімденген Далашық таулы үстіртімен (аймақта 393 мұздық кездесіп, ірі мұздану торабы болып табылады), батысында Кіндіктас және Жетіжол тауларымен, солтүстік-батысы аласа таулы, төбешікті Шу-Іле жоталарымен жалғасады. Іле Алатауының оңтүстігіндегі мұздану ауданы – 469,7 мың га, мұз көлемі – 27,7 км³ [100,б. 712].

Қазақстандық Тянь-Шань жер бедері кешені топырақ жамылғысының құрылымы мен эрозиялық процестердің басым кешені бойынша бір-бірінен айқын ерекшеленетін биік, орта және төмен тауларды, қыратты-таулы тау етегін, тау алды көлбеу жазықтар мен аңғарларды құрайды. Биік таулы аймақтар борпылдақ материалды қалыптастыру алаңы болып табылады. Ландшафттық құрылым жоталар, көлдер және мұздық цирктерінің, сондай-ақ жалаңаш жартастардың, заманауи мореналық үйінділердің және мореналық көлдердің тік жақтарымен ұсынылған.

Орта таулар биік тау жоталарының аз бөлігін құрап, Солтүстік Тянь-Шань және Жетісу Алатауында 800-1800 м-ден 2200-2800 м-ге дейінгі аралықтағы абсолютті биіктіктерде орналасқан. Ортаңғы белдеу рельефі тік көлбеу және үлкен дәрежедегі бөлшектенумен (0-350 және одан да тік беткейлер басым) сипатталады. Жергілікті эрозия негіздерінің тереңдігі 800-1000 м-ге жетеді. Орта белдеудегі тауларда субальпілік биік шөптер мен ормандар кең таралып, өзендердің жер асты сулармен қоректенуін қамтамасыз етумен қатар, жайылымдық және орман шаруашылығын жүргізудегі маңызы зор.

Эрозиялық аридті-денудациялық аласа таулар 1000-1500 м-ге дейінгі абсолютті биіктіктерде орналасып, бөлшектеу тереңдігі 100-400 м-ге жетеді. Оларға Шу-Іле таулары жатады. Аласа таулардың ландшафттық негізі дала және құмды беткейлі жартастармен сипатталады.

Тянь-Шань тау жүйелеріндегі тау алды көлбеу жазықтары 1000 м-ге дейінгі абсолютті биіктіктерде орналасып, таулы шекараның геологиялық дамуына байланысты күрделі жиектеу негізін құрайды. Қазіргі заманғы жер бедері бөліну тереңдігі 1-2 м-ден 20-50 м-ге дейінгі аралықты қамтып, неоген және төрттік кезеңдерде қалыптасқан.

Жетісу Алатауына 750-1400 м биіктіктегі, тау бөктеріндегі көлбеу жазыққа күрт ауысатын, тік көлбеу жер бедері белдеуінің кездесуі тән. Ортаңғы және солтүстік бөліктері лесс пен лесс тәрізді саздақтардан, батыс және оңтүстік беткейлерге тасты және қиыршық тасты шөгінділерден тұрады. Солтүстік Тянь-Шань тау бөктерінің жолағы кең, етегінде 600-1000 м биіктікте лесс тәрізді жыныстардың көлбеу тау бөктерлі жазықтары кездеседі [32,с. 230].

Зерттеу аймағындағы жер бедерінің еңістігі мен экспозиция көрсеткіштері А және Б қосымшаларында көрсетілген.

Геоморфологиялық аудандастыру. Геоморфологиялық тұрғыдан зерттеу аймағы аккумулятивті Балқаш маңы ойпаты мен оңтүстік-шығыстағы таулар, тауаралық қазаншұңқырлар мен ойпатты ауданға бөлінеді. Балқаш маңы ойпаты Сарыесік-Атырау, Таукұм, Балқаш және Сасықкөл көлдерінің аралығында тауалды платформасында, өсімдіктермен бекітілмеген формаларында орналасып, Балқаш, Қаратал, Ақсу, Жамбыл, Алакөл аудандарының көптеген

бөлігін қамтиды, сонымен қатар аймақта көлді, аллювийлі-көлді, эолды, аллювийлі-пролювийлі жазықтар кең таралған. Іле, Қаратал, Лепсі, Ақсу өзендері ойпаттағы ірі транзитті өзендерге жатады. Ойпаттағы палеозой жынысы орта есеппен солтүстік-шығыста 200 м, ал оңтүстікте 1700 м тереңдікте орналасады. Сонымен қатар, Балқаш маңы ойпаты мезозой мен палеозойдың қалың шөгінділері және негізгі юра кезеңінің көмірлі қабатынан да тұрады. Палеоген – 185-700 м, неоген – 2000 м, төрттік кезеңнің шөгінділері – 185-760 м тереңдікте анықталған.

Аймақтағы тектоникалық таулар таралған Қазақстанның оңтүстік-шығысы геоморфологиялық тұрғыдан күрделі, Тянь-Шань тау жүйесінің соңғы көтерілуінің қарқынды таралған ауданына сәйкес келеді. Биік таулар таралған аймақ шартты түрде Солтүстік Тянь-Шаньдағы Іле Алатауы (Еңбекшіқазақ, Талғар, Қарасай, Жамбыл аудандары) және Жетісу Алатауына (Сарқан, Ақсу, Көксу, Кербұлақ аудандары) бөлінеді. Күрделі формалы және жарылу процесстері жүріп жатқан Кетпен, Күнгей Алатау аралығында Кеген жазығы Панфилов ауданындағы Іле ойпатының бөлігіне кіреді. Іле өзенінің Қапшағай бөгені мен Балқаш ойпатына дейінгі аралықта денудациялы жазықтарды құрайды.

Геологиясы. Облыстардың аумағы геологиялық тұрғыдан каледон және герцин қатпарлықтарынан құралады. Каледон қатпарлығын Іле, Теріскей, Жетісу Алатаулары, Кетпен тауларының көтерілген. Таулардың жаңару мерзімі және Балқаш маңы, Іле және Алакөл ойпаттарының пайда болуы альпі қатпарлығында жүрген. Іле, Күнгей және Жетісу Алатаулары және Бозой, Қараой үстірттерінде интрузивті жыныстар кездеседі.

Жетісу Алатауында стратиформдық полиметалл кендері кездеседі, сонымен қатар Силур кезеңінің 3 топ геосинклиналі бар. Соның бірі Жетісу-Балқаш геосинклинорийінде таяз сулы теңіз шөгінділері, қызыл молассалары, рифті әктастар кездеседі. Балқаш маңы ойпаты мен Шу-Іле тауларында андезит және базальт лавалары, туфтар таралған. Жетісу-Балқаш белдемі және Іле ойысында жоғары палеозойдан төменгі тирасқа дейінгі уақытша андезит-базальттық, дацитлапириттік, трахилапириттік лавалар мен олардың туфтарынан тұратын жанартауетектік қалың моласса жиналған, сонымен қатар Жоңғар-Алакөл ойпатында төменгі және ортаңғы карбонның теңіздік шөгінділері кездеседі. Солтүстік Тянь-Шань, Іле, Шу және Балқаш-Алакөл ойпаттарының өзгеруі бор және палеоген кезеңдеріне сәйкес келеді, ал тектоникалық жағдайда жұқа, құмды-сазды, шұбар континенттік шөгінділер негізінде материктік үгілу қыртысы әлі жалғасуда. Биік таулы аймақтардағы (3000-4000 м) тектоникалық көтерілу және төмен түсу ендік (тянь-шаньдық) бағытта созылуымен ерекшеленеді.

Жетісу Алатауының орта бөлігі кембрийге дейін және каледон қатпарлықтарында қалыптасқан. Кетпен, Күнгей Алатауы және Бұғыты таулары каледон қатпарлығында қалыптасқан. Оңтүстік Жоңғар-Балқаш жүйесіне кіретін Жетісу Алатауының Қатутау, Тышқанбай, Матай және Қоянтау таулары мен тау жүйесінің солтүстік бөлігі кешенді, тілімделген герцин қатпарлығында түзілген.

Сонымен қатар, жазық аймақтардың дамуы жаңа тектоникалық құрылымдарымен ерекшеленеді. Оңтүстік-шығыстағы таулардың қарқынды көтерілуі неогеннің екінші жартысында жүре бастаған. Соның нәтижесінде, Солтүстік-Тянь, Жетісу Алатауы және Тарбағатай таулары көтерілген, алайда осы аймақтардағы тау бөктері керісінше төмендеп, өзен арналары мен аңғарлары, тауаралық ойыстар қалыптасқан. Таулардың биіктігі артқан сайын гравитациялық үрдіс айқын әсер етіп, су әсерінен тілімдену салдарынан құм, тақтатас материалдары төменгі бөліктерге (тауалды жазығы және тауаралық ойпаттар) аккумуляциялануға ұшыраған. Таулы аймақтарда жер бедерінің көтерілу және төмен түсу процесі әртүрлі жүргендіктен, жаңа пішіндер мен жарылыстар пайда болған. Соның мысалы ретінде Іле және Жетісу Алатауларының баспалдақты құрылымын атап көрсетуге болады. Неоген кезінде Іле Алатауының биіктігі 2500 м-ге дейін жоғарылап, тау массивтерінің қарқында көтерілуі жүрген. Геосинклинальді процесстердің қарқындылығы нәтижесінде Тянь-Шаньның солтүстік және солтүстік-шығысында орналасқан Шу өңірі және Шелек, Шарын өзендерінің арналары, сонымен қатар көптеген көлдер пайда болды. Көл шөгінділері таулы және жазық аймақтардың бөліктерінде кездеседі. Тарбағатай және Жетісу Алатауының арасында, Алакөл, Кіші Алакөл, Ұялы және Сасықкөл көлдері орналасқан тауарлық ойпат пен Балқаш-Алакөл маңында шөгінді жыныстар кездеседі. Іле ойпатында палеозой шөгінділері кездесетін юра, бор, палеоген және төрттік шөгінділердің үсті қойтасты, малтатасты-құмды, борпылдақ майда сазды келеді. Аймақтың шығыс Алакөл және Сасықкөл қазаншұңқырларымен жалғасып, герцин-қатпарлы және палеозой жыныстары, үстінде мезозой-кайназой шөгінділері (майысудың ең терең жеріндегі шөгіндінің қалыңдығы 1 км-ді құрайды) кең таралған. Қаратал, Лепсі және Ақсу өзендерінің төменгі ағыстары ойпатты жерден өтіп, эолды жер бедеріндегі құм массивтерінің пішіндерін қамтиды [100,б. 712].

2.2 Алматы және Жетісу облыстарының климаттық жағдайлары

Алматы және Жетісу облыстарының климаты мұхиттардан бірдей қашықтықта және оңтүстік, оңтүстік-шығысында таулар орналасқандықтан шұғыл континентті. Климаттық ерекшеліктері бойынша жыл бойы тәуліктік температураның амплитудасы үлкен, жауын-шашын және бұлттылықтық аздығы айқын көрініс табады [100,б. 712].

Алматы облысының аумағы 5 климаттық аймақтан (шөлден мәңгі қар аймағына дейін) тұрады, және басым бөлігінің климаты шұғыл континентальді. Ылғалдылық мөлшерінің жеткілікті көрсеткіші Іле Алатауы аймағында жаздың жылы және қыстың салқын болуына тікелей әсер етеді. Облыстың жазық аймақтары, соның ішінде Іле ойпатында тәуліктік және жылдық ауа температурасының ауытқуы жаздың ыстық, қыстық суық болуына себеп болады. Ауа температурасының биік аймақтардағы өзгерісі инверсиялық типке ие. Жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері солтүстікте 125 мм-ден оңтүстіктегі тауларға қарай 900 мм-ге дейін өзгереді [106-119].

Жаз мезгілінде Іле аңғары мен Жетісу қақпасынан өтетін оңтүстік-батыс,

оңтүстік-шығыс ауа массалары тау алды жазықтары мен тау бөктерлерін оңтайлы қыздырады. Жаз мезгілінде ауа-райы ашық, бұлтты сипатқа ие, сонымен қатар ауа температурасының көтерілуі буланушылықты арттырады. Маусым, шілде, тамыз айларында жылдық жауын-шашынның 15-20%-ы түседі. Биіктеген сайын ауа температурасы төмендеп, ылғалдылық жоғарылайды, сонымен қатар атмосфералық жауын-шашын мөлшері ұлғаяды.

Қыс мезгілінде Батыс Сібірде қалыптасатын солтүстік-шығыс ауа массаларының әсерінен жергілікті ауа массаларының күрт сууына, циклондық ауа райының пайда болуына әсерін тигізеді. Осы құбылыс алғашқы уақытта биік таулы аймақтарда көрініс табатынымен, кейін жазық аймақтарға ауысады. Ауа массаларының қозғалысы ауа райының өзгерісіне, атап айтқанда жауын-шашын мөлшерінің көп мөлшеріне әсерін тигізеді.

Аймаққа оңтүстік-батыстан енетін жылы ауа массалары қыс мезгіліндегі жылымық ауа райының қалыптасуына себетін тигізеді [100,б. 712].

Б.П. Алисовтың пайымдауынша, республиканың оңтүстік бөлігі континенттік солтүстік-Тұран климаттық белдеміне жатады, яғни климаттық жағдайы радиациялық факторлар және жылдың әртүрлі маусымдарындағы тропикалық пен қоңыржай ендік ауасының өзгеруіне тәуелді.

Қоңыржай белдеудің оңтүстік бөлігіндегі Тянь-Шань тау бөктеріне шөл-дала аймағының 140-150 жиынтық күн радиациясы мен 30-40 ккал/см² радиациялық тепе-теңдіктің жоғары ағындық мәндері сәйкес келеді. Тау рельефі циклондық белсенділікті күшейтіп, жауын-шашынның көбеюіне ықпал етеді.

Қыс мерзімінде Қазақстанның оңтүстік аудандарында температурасы төмен сібір антициклонының суық континенттік және жылы ирандық ауа массалары басым болады. Көктемде температура оңтүстікте аймақтарында - ақпанның екінші жартысында, солтүстікте - наурыздың ортасында өте тез көтерілу үдерісі тіркеледі, яғни циклондар қарқынды жауын-шашынның пайда болуын анықтайды. Жаз және қыркүйектің соңына дейін ауа-райы ыстық және бұлтсыз сипатқа ие. Соған қарамастан, жаздың бірінші жартысында суық ауа массаларының әсерінен аймақта жауын-шашын түсуі жиі, ал екінші жартысы әдетте құрғақ ауа-райымен ерекшеленеді. Күз мезгілінде аймаққа солтүстіктен немесе солтүстік-батыстан енетін суық ауа массалары тұрақсыз ауа-райы және жауын-шашынмен сипатталады.

Қазақстандық Тянь-Шань таулы жазықтарының төменгі белдеуінде орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 268 мм, орта белдеуінде - 287-483 мм және жоғарғы белдеуінде - 494-565 мм-ге тең. Алайда, келтірілген көрсеткіштер тау бөктеріндегі шөл-дала аймағының әртүрлі бөліктерінде кең ауқымда өзгереді.

Солтүстік Тянь-Шаньдағы қысқы жауын-шашын жылдық көрсеткіштің 15-17%-ын құрайды. Жауын-шашынның максималды мөлшері оңтүстікте - наурыз, орталықта – сәуір айларында түссе, ал Жетісу Алатауының таулы жазығында мамыр айына ауысады.

Аумақтың солтүстігіне оңтүстікпен салыстырғанда қысқы жауын-шашынның мөлшері аз түседі, соған қарамастан қыс мерзіміндегі түсетін қардың қалыңдығы - 10-20 см-ге тең. Жауын-шашынның түсу көрсеткіші жаз айларының

бірінші жартысында ең жоғарғы мәнге ие, сонымен қатар солтүстік және орталық бөліктерінің тау етегіндегі жазықтарындағы күзгі және жазғы жауын-шашын мөлшері тең.

Қарастырылып отырған аумақта ауаның орташа жылдық салыстырмалы ылғалдылығы табиғи түрде солтүстік-шығыстан оңтүстік-батысқа қарай төмендеп, 55-тен 44 %-ға дейін, ал жаз кезінде - 43-тен 25%-ға дейін өзгереді. Жылдың салыстырмалы ылғалдылығы 30%-дан төмен күндер саны 66-дан 159-ға дейін, ал жылы кезеңде су бетінен булану (Иванов бойынша) 857-ден 1250 мм-ге дейін артады. Жауын-шашын мөлшері бойынша тәуліктік максимумдар негізінен наурыз-мамыр айларында нөсерлі жаңбыр түрінде түседі [32,с. 230].

Ауа температурасы (сурет 2) және атмосфералық жауын-шашын (сурет 3) мөлшерінің режиміне сәйкес аймақты жазық, тауалды және таулы климаттық белдеулерге бөліп қарастырады.

Жазық белдеу Балқаш, Алакөл, Сасықкөл, Іле ойпатынан тауалды бөліктеріне (Іле Алатауы – 600 м, Жетісу Алатауы – 700 м) дейінгі аралықты камтиды. Облыстардың жазық бөлігінің климаты шұғыл континентті, яғни қысы суық, жазы ыстық. Орта айлық ауа температурасының амплитудасы 88⁰С-дан асады, ал орташа жылдық көрсеткіші 5,4-8,7⁰С-қа тең. Ең жылы ай – шілде (+25,6⁰С), ең суық ай – қаңтар (-13,7⁰С).

Шөлді жазықтың қыс мезгіліндегі ауа температурасы тауалдына қарағанда төмен, солтүстіктен келетін ауа массалары аумақтың жазық бөлігіне қарай жайылады. Атмосфералық жауын-шашын мөлшері 191-306 мм аралығында, ал таулы аймақтарда көрсеткіш біркелкі өзгеру сипатына ие.

Жазық белдеуде жылдың әр мезгілінде солтүстік-шығыстан орташа жылдамдығы- 3-5 м/сек құрайтын жел соғып тұрады. Тауаралық аңғарлар және қазаншұңқырларда да екпіні күшті Ебі, Сайқын және Іле аңғарындағы Шілік жергілікті желдері соғады. Ебінұр көлінің жағасынан, ұзындығы – 80 км, ені – 10 км-ге тең Ебі желі Жетісу қақпасынан соғады. Қазақстан аумағына енгендегі орташа ауа температурасы жергілікті температурадан 8-10⁰С-қа жоғары болады. Сонымен қатар, Алакөл көлінің үстінен, жоғары қысым әсерінен, солтүстік-батыстан оңтүстік-шығысқа қарай, жылдамдығы 50-60 м/сек құрайтын Сайқын желі соғады.

Шелек өзенінің бастауындағы мұздықтар таралған аймақтардан Іле аңғарына қарай, суық ауа массаларының таралуына септігін тигізетін Шілік желі (орташа жылдамдығы – 8-10м/сек) соғады. Жел өзен аңғарымен күндіз солтүстік-батыстан оңтүстік-шығысқа, ал түнде кері бағытта қозғалады.

Тұрақты қар жамылығысы 2-2,5 ай уақытында, желтоқсан және наурыз айларының аралығында жатады. Қардың қалыңдығы – 10-15 см.



Сурет 2 – Алматы және Жетісу облыстарының орташа жылдық ауа температурасы картасы (WorldClim деректері, 2010-2018 жж.)

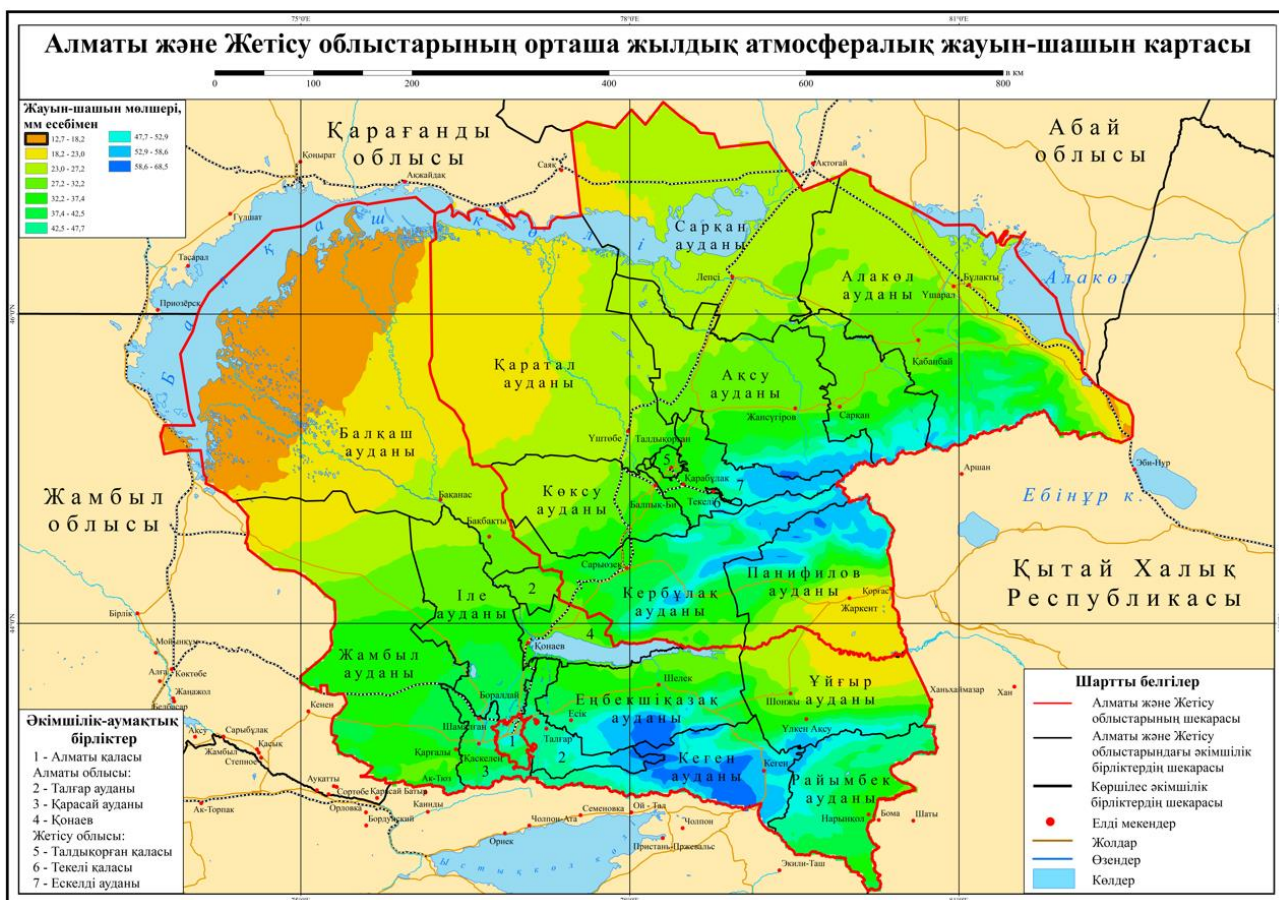
Тауалды климаттық белдеуі абсолюттік биіктігі 1200 м-ге дейінгі аралықты қамтиды, климаттық ерекшеліктері шұғыл континенттіктен жауын-шашын мөлшерінің молаюына қарай жүреді. Алайда, Іле және Жетісу Алатауында таралған тауалды климаттық белдеулердің өзіндік ерекшеліктері бар, атап айтқанда өзгерістер аңғардың бағыты, қазаншұңқырлардың тереңдігі, жер бедерінің еңістігі мен экспозициясына, микроклиматтық ерекшеліктеріне тәуелді болады. Жер бедерінің биіктік көрсеткішінің әсері тек ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын мөлшеріне ғана емес, сонымен қатар ылғалдылық желдің бағыты мен жылдамдығына, қар жамылғысына әсері айтарлықтай.

Тауалды климаттық белдеуінің жел режимі біркелкілігімен ерекшеленеді. Жел негізінен оңтүстік-шығыстан немесе оңтүстік-батыс бағыттарынан соғып, орта жылдамғы 2-4 м/сек құрайды.

Ауа температурасының жыл ішіндегі амплитудасы, тау етегіндегі көрсеткіштермен салыстырғанда, салыстырмалы түрде ауытқушылығы аз.

Шілденің (ең ыстық ай) орташа ауа температурасы $+22,4^{\circ}\text{C}$, ал қаңтарда (ең суық ай) - 8°C -ға тең. Атмосфералық жауын-шашын мөлшері 400-630 мм аралығында, және эфемерлі өсімдіктердің қалыпты өсуіне қолайлы жағдай қалыптастырады. Жауын-шашын мөлшері оңтүстіктен солтүстікке, батыстан

шығысқа қарай кемуі Жетісу Алатауы мен Кетпен, сондай-ақ Іле Алатауына келетін ылғалмен қаныққан ауа массаларының ары қарай өтпеуі себеп болады. Соның нәтижесінде, Жаланаңаш, Шалкөде, Қарқара, Кеген, Текес аймақтарында орта есеппен жауын-шашын мөлшері 200-300 мм аралығында болады.



Сурет 3 – Алматы және Жетісу облыстарының орташа жылдық атмосфералық жауын-шашын картасы (WorldClim деректері, 2010-2019 жж.)

Тауалды климаттық белдеуіндегі қар жамылғысы желтоқсан-сәуір, Қапалда сәуірдің соңына дейін сақталып, қалыңдығы 20-50 см-ді құрайды (Жаланаңаш аңғарында қалыңдығы 40 см-ге дейін жетеді). Белдеудің климаты жұмсақ, жауын-шашын мол, төменгі бөлігінде жоғары өнімді егін шаруашылығы, бақ, жүзім өсіріледі.

Таулы климаттық белдеу абсолюттік биіктігі 1500 м және одан жоғары Алматы және Жетісу облыстарының оңтүстік және оңтүстік-шығысын алып жатыр. Климаттық көрсеткіштердің өзгеруі вертикальді және горизонтальді бағыттарда жүреді, соның нәтижесінде ауа температурасы мен жауын-шашынның үлкен амплитудасы вегетациялық кезеңнің қысқалығына әсерін тигізеді. Ауа температурасының орташа жылдық көрсеткіштері 2,4⁰С-тан 6,8⁰С-қа дейін өзгереді.

Климаттың қатаңдығы Іле және Жетісу Алатауларында тау мұздықтарының ерімеуіне өзіндік септігін тигізеді. Жауын-шашын мөлшері тау етегінде – 200-

300 м, ал биік тауларда 1055 мм шамасын құрайды.

Жыл мезгілдерінің ауысуы ауа массаларының бағытына да әсерін тигізіп, қозғалу бағыттарының өзгеруіне әкеледі. Тауларда биіктеген сайын жел режимі жылдың әр мезгілінде де тоқтаусыз соғады. Бағытын тәулігіне 2 рет ауыстыратын бриз желі таңертең – жазықтан, түнде – таудан соғады [100,б. 712].

Жетісу Алатауының тау бөктеріндегі жазығында ауаның орташа жылдық температурасы 6,8-ден 8,5°C-қа дейін көтеріледі. Қаңтардың орташа жылдық температурасы оңтүстікте -3,8-ден -4,3°C-қа, солтүстікте - 7,9-12,1°C-қа, шілдеде- 25,6-26,3°C және 22,4°C-қа дейін өзгереді.

Жылдың ең ыстық айы жазық жерлерде - шілде, таулы аймақтарда - тамыз. Беткейлерде биіктік бойынша температураның қалыпты таралуы байқалады, орташа айлық температураның тік градиенттері аз өзгеріп, Іле Алатауының солтүстік беткейі үшін 0,6-0,7°C және Жетісу Алатауы үшін 100 м-ге 0,5-0,9°C көрсеткіштерін құрайды.

Ауаның орташа тәуліктік температурасының 0°C арқылы тұрақты ауысуы Іле Алатауы шегінде 5-10 наурыз аралығына сәйкес келеді. Жетісу Алатауының төменгі белдеуіндегі 10°C-тан жоғары орташа тәуліктік температураның қосындысы 3500°C-қа тең болса, Іле Алатауында көрсеткіштер 3800°C және 3900°C-ты құрайды [32,с. 230].

2.3 Алматы және Жетісу облыстарының гидрографиялық жағдайы

Орталық Азия мен Қазақстанда морфологиялық белгілері бойынша өзендердің биік таулы (өзеннің бастауы), таулы (өзеннің шығу конусына дейін); тау аулды (шығару конусының басынан жер асты суларының сыну аймағына дейін) және жазық (өзеннің төменгі ағысы) учаскелерін бөліп көрсетуге болады [41,с. 152].

Орталық Азияның құрғақ, тауалды бөлігін сумен қамтамасыз етуде еріген мұздық суларының үлесі едәуір [104,с. 3-13].

Құрылымның сипаты мен таулы өзендер арнасының деформациясының даму жағдайлары бойынша 3 бөлікке бөлінеді: жоғарғы, орта және тау бөктері. Өзеннің жоғарғы бөлігі үлкен еңісті (0,1 - 0,3), өте тар жайылма және арнаның ені мен тік жағалауларымен сипатталады. Орта бөлігінің еңістігі 0,05-0,10 көрсеткіштеріне тең, дамыған жайылмалы, сонымен қатар жағалаулары аласа және арнаның ені салыстырмалы түрде аз сипаттамаларымен ерекшеленеді. Өзеннің соңғы, тау бөктеріндегі бөлігі шығару конусында орналасуымен қатар, салыстырмалы түрде аз еңістік көрсеткіштері (0,01-0,03) және өте кең арнамен ерекшеленеді.

Жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижесінде, өзен ағынының негізгі сипаттамалары бассейнің орташа өлшенген биіктігіне байланысты екендігі анықталды. Бассейн аймағының ұлғаюымен ағынды сулардың қалыптасуында қатты жауын-шашын түрлерінің рөлі артады, өзеннің сулылығы көбейіп, су тасқыны ұзарады. Орта Азия мен Қазақстан аймағындағы маусымдық және мәңгілік қардың ағын қалыптастырудағы үлесі 60-70%-ға бағаланады. Ағынның жылдық таралу сипаты бойынша тау өзендері жаз және көктем

мезгілдеріндегі су тасқыны бар өзендер атты 2 топқа бөліп қарастырады.

Таулы өзендері ағыны су қабылдайтын тораптардың құрылысы мен құрамы бойынша бірқатар ерекшеліктерге ие:

- су шығыны мен деңгейі жоғарылауының қарқындылығы;
- тасқын және су тасуының көптігі және саба кезіндегі су мөлшерінің аздығы;
- шөгінділер ағынының тәуліктік және маусымдық бөліністегі ауытқуының су ағынына, әр түрлі сулылығы бар жылдардың ауысуына, сондай-ақ жайылманың жинақтаушы сыйымдылығына айқын тәуелділігі;
- арнаның су тасқынындағы тұрақтылығы және саба кезіндегі тұрақсыздығы;
- арнаның сабадағы тік еңістерге тұрақтылығы және су тасқынындағы тұрақсыздығы;
- судың биік таулы және таулы учаскелеріндегі, тасынды шөгінділер арасындағы, орта ені мен тереңдік ұғымы қолданылмайтын жоғары турбулентті ағыны.

Тау өзендері абсолюттік биіктігі 2000-4000 м биіктікте, мұздықтар кездесетін тау шыңдарынан бастау алады (сурет 4). Өзендердің профильдік ерекшеліктеріне қарай, бастауынан сағасына қарай беткейлері біртіндеп азайып, ойыс пішінді контурға ие, сонымен қатар кейбір учаскелерде беткейлердің төмен қарай ұлғаюы байқалады. Биіктігі 2000 м-ден жоғары беткейлерде жер бедерінің еңістігі 0,4 мәнінен асып, биіктігі 1-15 м-ге тең сарқырамалар кездеседі. 2000 м-ден 500 м-ге дейінгі белгілер аймағында еңіс көрсеткіштері 0,005-ке дейін азаю үдерісі кең таралған.

Тау өзендерінің шатқалдары жоғарғы ағысынан сағасына қарай біртіндеп кеңейіп, тереңдігі сәйкесінше төмендейді. Өзендердің тік және қыратты жағалаулары кем дегенде 30-40 еңіс көрсеткішіне өзгеріп, көлбеуге ұласады. 500 м және одан жоғары белгілер аймағында шатқалдардың ені 50-60 м-ден аспай, тереңдігі одан 5-6 есеге ұлғаяды.

Тау өзендерінде жыл мезгілдерінің өзгеруіне қарай, қысқа мерзімдегі (әдетте бірнеше сағат) су тасқынының кенеттен басталуы қалыпты жағдай. Тасқын орын алғандағы су шығыны қарапайым саба кезіндегіден 100-300 есе көп көрсеткіштермен ерекшеленеді. Тасқынның жойқын күші өзен арнасындағы материалдардың аккумуляциясы негізінде бөгет келтіруі мүмкін. 500 м-ден жоғары тау өзендерінің аймағында айтарлықтай жойқын күші бар су тасқыны ағындары байқалады.

Таулы өзендердің сумен қоректенуі қар мен мұздықтардың еруі, сондай-ақ жауын-шашынның түсуі, бұлақтар мен жер асты сулары арқылы жүзеге асады. Таулы өзендердің табиғи жағдайлары келесідей сел ағындарының қалыптасуын анықтайды:

- балшық, құмды-сазды масса;
- балшық, тасты және ірі қиыршық тастар мен құм-саз массасының қоспасы;
- су тасты, әртүрлі мөлшердегі тастар түріндегі көп мөлшердегі шөгінділер [41, с. 152].

Алматы және Жетісу облыстарындағы биік таулы аймақтардың, атап

айтқанда Іле және Жетісу Алатауларындағы өзен торының жиілігі жоғары, 0,4-1,8 км/км² көрсеткіш аралығын қамтиды. Текес пен Күнгестің қосылуынан пайда болатын Іле өзені – Балқаш алабының негізгі артериясы. Іле өзені Тянь-Шаньның шығыс аймағынан басталып, ұзындығы (Текеспен бірге) – 1439 км (Қазақстан жерінде 802 км), алабының ауданы – 140 000 км³, арнасының ені – 150-300 м аралығында құрайды [100,б. 712].

Іле өзені – Балқаш-Алакөл алабындағы, Балқаш көліне келетін судың 80%-ымен қамтамасыз ететін басты өзені. Өзен Тянь-Шаньның Қазақстан аумағындағы Теріскей Алатау жотасының солтүстік-шығыс беткейіндегі 3500 м биіктіктен бастау алады. Жалпы ұзындығы - 1439 км, су жинау алабының ауданы - 140 мың км². Қапшағай шатқалынан шыққаннан кейін, Іле Балқаш маңы шөлінде көптеген тармақтарға таралып, кең атыраумен Балқаш көліне құяды [61,б. 73].

Іле өзенінің алабындағы ең ірі суару көздеріне Іле және Жетісу Алатауы тауларының баурайынан бастау алатын кіші және орта ұзындықты өзендерін жатқызуға болады. Өзендердің ішіндегі ең ірілері - Текес, Шарын, Шелек, Түрген, Есік, Талғар, Қаскелең, Күрті. Аумақтағы ірі суару жүйелерінің ішінде Қаратал, Бозой, Көксу және Тентек жүйелерін атап айтуға болады [32,с. 230].

Қазақстан аумағындағы Іле өзені Іле тау аралық ойпатының неғұрлым төмен бөлігінде, шығыстан батысқа қарай, Қапшағай СЭС-ы орналасқан қыраттан шығып, солтүстік-батыс бағытқа тік бұрышпен бұрылып, терең және тар Қапшағай шатқалында 30 км-ден астам ұзындықта ағып, Балқаш ойпатына өтеді де, Қазақстанның ішкі су қоймасы - Балқаш көліне [106,с. 104] құяды. Өзен атырауының ауданы – 8000 км². Өзен сағасының жалпы аумағы, Оңтүстік Балқаш маңы ойпатынан Қапшағай шатқалына дейін 20000 км² құрайды [10,с. 147].

Қонаев қаласының маңында өзен суын пайдаланатын ірі СЭС және Қазақстандағы Бұқтырма бөгенінен кейінгі ірі жасанды су қоймасы - Қапшағай бөгені салынған. Аймақтағы су қоймасының ирригациялық және энергетикалық үлесі зор. Бөгенінің ауданы - 1850 км², көлемі - 28,14 км³, ұзындығы - 180 км, ең енді бөлігі - 22 км, орташа тереңдігі – 15,2 м, ал ең терең жері – 45 м, бөген деңгейінің ауытқуы – 4 м.

Қапшағай бөгенінен төмен Іле өзенінің бір бөлігі Балқашқа кең атырау түзіп құяды, ал екінші бөлігі оңтүстік Балқаш маңының құмдарына сіңіп кетеді. Өзеннің төменгі сағасының ені 500-1000 м аралығында. Балқаш, Алакөл және Сасықкөл маңындағы, әсіресе дала және шөлейтті дала зонасының солтүстігіндегі өзендер құмға сіңуі қалыпты табиғи құбылыс [100,б. 712].

Іле өзенінің атырауы - Орталық Азиядағы ең үлкен табиғи ішкі атырау болып есептеледі. Жалпы ауданы 20 мың км²-ге жетеді, оның қазіргі атырауы шамамен 8 мың км² құрайды, ал қалған бөлігі каналдар желісі кездесетін ежелгі Атырау-Бақанас деп аталады [110,р. 5996].

Іленің ірі салаларына Шарын және Шелек өзендері жатқызылады. Өзендердің суға молаюы 1-3 жыл аралығында қайталанып, бұл мерзімде ағын қалыптағыдан 3-5 есеге артық болады [100,б. 712].

Шарын (орта ағысында - Кеген, жоғарғы ағысында - Шалқұдысу) - Алматы облысының Шарын шатқалы орналасқан, Іле өзенінің ірі сол саласын құрайтын өзені. Кетмен және Үшхасан үстіртін бөліп тұратын кең алқаптан өтіп, Кеген өзені кең, әрі биік тауаралық жазығына кіріп, кең алқапты батпақтардың пайда болуына себеп болады. Өзеннің ірі сол саласы Қарқара құйылысынан төмен Кеген өзені тар Ақтоғай шатқалына кіріп, Шарын атымен ағып шығады. Өзеннің соңғы бөлігі Құртоғай және Сарытоғай шатқалдарынан өтіп, Іле алқабына өтіп, Тасқарасу атымен атырау құрайды. Шарын өзенінің ірі салалары – Қарқара (оң) және Темірлік (сол).

Шарын өзенінің ұзындығы 427 км, су жинау бассейні – 7720 км², орташа жылдық су шығыны – 37,7 м³/с. Өзен бойында Бестөбе су қоймасын құрайтын Мойнақ ГЭС-і бар.

Шарын өзенінің қоректену типі атмосфералық жауын-шашын суымен қатар жүзеге асатындықтан, су режимі мұздықтармен қоректенетін басқа өзендерден біршама ерекшеленеді. Негізгі су шығындар жауын-шашынның максималды түсу кезеңіне, мамыр-маусым айларына, ал көпшілік мұздық қоректену типі тән өзендерде шілде мен тамызға келеді.

Шелек өзені – Іле өзенінің ірі сол жақ салаларының бірі. Өзенде Үлкен Алматы каналы бастау алатын Бартоғай су қоймасы орналасқан. Шелек өзені Іле Алатауының оңтүстік беткейіндегі Ескі-Қарасу мен Тышқанбай-Қарасу жоталарының түйіскен жерінде басталып, төмендей келе Іле ойпатына шығып, Тау-Шелек және Үлкен-Шелек салаларына бөлініп, Қапшағай су қоймасына құяды. Өзеннің қоректену типі – қар-мұздық суларымен, орташа жылдық су шығыны (сағасынан 63 км жерде) – 32,2 м³/с.

Шелек өзенінің бассейнінде тамшылатып суару жүйелерін қолдануға болатын аймақтардың ауданы шамамен 7365 га-ны құрады [41, с. 152].

Іле және Жетісу Алатауларындағы өзендерде ағыс жылдамдығы мен қыс мезгілінде жиі болатын ауа-райының жылулығы әсерінен мұз режимдері тұрақсыз сипатқа ие. Жетісу Алатауындағы өзен жайылмаларының орташа ендіктері 2500 м-ден артатын өзендердің су шығыны 1 км²-ге 20-30 л/сек құрайды [100, б. 712].

Алматы және Жетісу облыстарының кіші өзендері суару каналдарының дамыған желісі бар қолданыстағы гидротехникалық құрылыстардың болуына қарай бірінші кезекте су дайындау және суару үшін жарамды. Мұндай өзендерге мыналар жатады: Қарашілік, Сарқанд, Ақсу, Лепсы, Тентек, Есік, Шелек, Талғар, Құсақ, Қарақастек, Қастек, Ұзынқарғалы, Қаскелең, Биже, Өсек, Қаракөл, Шыжың, Борохудзир, Басқан, Шарын, Сүмбе, Қалжаткөл, Кетмен және т.б.

Аумақтағы кіші өзендердің су үнемдейтін суару технологияларына жарамдылығы, бірінші кезекте, ирригациялық арналар желісі дамыған, қолданыстағы гидротехникалық құрылыстардың болуына қарай анықталды, оларға Қарашілік, Сарқан, Ақсу, Лепсі, Тентек, Есік, Шелек, Талғар, Құсақ, Қарақастек, Қастек, Ұзынқарғалы, Қаскелең, Бидже, Өсек, Қаракөл, Шижан, Борохудзир, Басқан, Шарын, Сүмбе, Қалжаткөл, Кетмен және т.б өзендері жатқызылады (кесте 1).

Кесте 1 - Қолданыстағы гидротехникалық құрылыстары бар өзендер

Аты	Сағасы	Ұзындығы, м есебімен	Орташа жылдық су шығыны, м ³ /с	Әкімшілік бірлікте орналасуы
Сарқан	Ақсу өз.	12 202	7,1	Ақсу ауданы
Ақсу	Балқаш к.	26 733	11,8	Ақсу ауданы
Лепсі	Балқаш к.	34 363	19,9	Алакөл ауданы
Тентек	Сасықкөл к.	29 311	47,9	Алакөл ауданы
Есік	Іле өз.	7 816	4,8	Еңбекшіқазақ ауданы
Түрген	Іле өз.	23 364	7,1	Еңбекшіқазақ ауданы
Шелек	Іле өз.	20 500	31,9	Еңбекшіқазақ ауданы
Талғар	Іле өз.	10 929	10,3	Еңбекшіқазақ ауданы
Құсақ	Үржар өз.	26 974	3,4	Ескелді ауданы
Қаракестек	құмға сінеді	38 210	0,8	Жамбыл ауданы
Қастек	Жирен айғыр өз.	48 076	0,7	Жамбыл ауданы
Ұзын-Қарғалы	Күрті өз.	20 110	3,6	Жамбыл ауданы
Қаскелең	Іле өз.	38 914	4,1	Қарасай ауданы
Биже	Қаратал өз.	22 821	10,6	Көксу ауданы
Өсек	Іле өз.	22 814	17,8	Панфилов ауданы
Қаракөл	құмға сінеді	2 250	4,7	Панфилов ауданы
Шыжың	құмға сінеді	26 307	12,2	Панфилов ауданы
Борохудзир	құмға сінеді	64 467	2,3	Панфилов ауданы
Басқан	Лепсі өз.	5 395	12,0	Сарқан ауданы
Шарын	Іле өз.	36 102	37,7	Ұйғыр ауданы
Сүмбе	Текес өз.	14 863	1,1	Ұйғыр ауданы
Қалжаткөл	құмға сінеді	22 387	0,5	Ұйғыр ауданы
Кетмен	Шалқудысу өз.	15 234	0,5	Ұйғыр ауданы

Зерттеу аумағында 1664 кіші өзен-арналар келесідей әкімшілік бірліктер бойынша кездеседі: Ақсу – 144, Алакөл – 171, Балқаш – 27, Еңбекшіқазақ – 146, Ескелді – 65, Жамбыл – 130, Іле - 18, Қарасай -61, Қаратал – 8, Кербұлақ - 176, Көксу – 33, Панфилов – 131, Райымбек – 272, Сарқан – 82, Талғар – 106, Ұйғыр - 86, сонымен қатар, Қонаев - 2, Талдықорған - 4, Текелі - 1.

Алматы және Жетісу облыстарындағы кіші өзендердің ұзындығы бойынша жіктелімі: 10 км-ге дейін – 1140 (69%), 10-25 км аралығы – 453 (26%), 25-50 км – 65 (4%), 50-100 км – 6 (1%).

Қорғас өзені Қазақстан мен Қытай шекарасындағы Жетісу Алатауы мен Борохоро жоталарының биік таулы жүйелерінің түйіскен жерінен басталып, оңтүстік бағытта ағады. Сағасына жақын өзен ағысы баяулап, арнасы кеңейеді, сонымен қатар өзен жағасында жайылымдар кең таралған. Басқұншы және Алмалы ауылдарының маңынан бірнеше каналдар өтеді. Қорғастың Қазанкөл, Баскөл және Қазантау атты 3 негізгі саласы бар. Қоректенуі мұздық, қар, аз мөлшерде жаңбыр және жер асты суымен жүзеге асады. Қорғас бассейніндегі ең үлкен мұздық - Воейков мұздығы. Өзеннің ұзындығы 180 км, оның шамамен 160 км-і Қазақстан мен ҚХР арасындағы шекараны құрайды.



Сурет 4 – Алматы және Жетісу облыстарының гидрографиялық картасы

Қорғас өзені табиғи ағынының негізгі көлемі ауылшаруашылық алқаптарының вегетациялық кезеңіне сәйкес келіп, суару кезінде гидроэнергетикалық әлеуетке ие [41,с. 152].

Үлкен және Кіші Алматы өзендері су режимінің сипаты бойынша, қар мен мұздықтардың еруі мен жаңбырдың түсуіне байланысты көктемгі-жазғы су тасқынымен ерекшеленетін Тянь-Шань типіндегі өзендерге жатады, сонымен қатар, өзендердің қоректенуінде жер асты суларының да маңызы зор. Өзендердің суын сумен жабдықтау, суару және техникалық мақсаттарда қолданады [111,с. 79].

Аймақтағы өзендердің температуралық режимі бастауында 0⁰С-тан

басталып, таудан шығар бөлігінде 10-15⁰С-қа дейін, жаз мезгілінде 12-14⁰С-қа дейін өзгереді. Таулы өзендердің температурасы маусымдық өзгерістердегі су мөлшеріне, толығу көздеріне және су жинау алаптарының орташа биіктіктеріне тікелей байланысты. Қар және мұздық суымен қоректенетін өзендер ағысының тым артуы температуралық режиміне айтарлықтай әсерін тигізеді, ал қар және жаңбыр суымен қоректенетін өзендерде бірқалыпты артуына әкеледі [100,б. 712].

Ирригациялық жүйелердің сипаттамасы. Алматы облысында ирригациялық жұмыстарын жүргізу 51 суландыру жүйесімен жүзеге асырылады, оның ішінде бөгетті сутартқы – 32, бөгетсіз – 17 және машиналық көтергіші бары - 2. Магистральді және шаруашылықаралық суландыру каналдарының жалпы ұзындығы – 2019,3 км, ал шаруашылықаралық коллекторлық кәріздеу желісінің ұзындығы – 196,8 км-ге тең. Суару каналдарындағы құрылыс нысандарының саны – 563, оның магистральдар мен шаруашылықаралық каналдарға кіретіні - 242, шаруашылыққа су бөлудің нүктелері - 356.

Алматы облысының аумағындағы ирригациялық-суландыру жүйелерінің техникалық жағдайы физикалық тозу, жөндеу мен күтуге бөлінген қаражаттың жетіспеушілігі негізінде қанағатсыз болып табылады.

Балқаш ауданындағы Ақдала күріш өсіру алқабының жекелеген учаскелерінде (2022 жыл бойынша, 1,5 км Тасмұрын және 3,5 км Ақдала магистральдік каналдары) және Қонаев қаласының құрамындағы Шеңгелді суару алқабындағы каналдардың 170 мың м³ көлемдегі аумағына механикалық тазалау жұмыстары жүргізілген.

Жамбыл ауданының аумағында орналасқан, көлемі 12,803 млн м³, 22 су қоймаларының тек 14-і пайдаланып, 8 су қойма техникалық мінездемелері бойынша суаруда қолданылмайды. Аудандағы жүктелген суармалы алқаптардың көлемі – 13 633 га, алайда ирригациялық жүйелердің әртүрлі жағдайлар бойынша істен шығу немесе жарамсыздығы себебінен тек 3,7 мың га кеңінен қолданылады. Суармалы алқаптардың аумағын көбейту және ирригациялық жүйелердің бірқатарын қалпына келтіру мақсатында 2016-2020 жылдар аралығында «Большой», «Айтек» магистральдік каналдарымен қатар, Үңгіртас-1 және 2, Құтырған, Талап, Книжевский су қоймаларының күрделі жөндеу жұмыстары атқарылған.

Алматы облысы бойынша сутартқының жалпы көлемі 1767,4 млн м³-ді құрады. Балқаш ауданында суармалы егіншілік алқаптарының сұраныстарын орындауға сутартқының жалпы көлемі 487,3 млн м³-ді пайдаланылды. Аудандағы күріш алқаптарының саны есепті 2021 жылмен салыстырғанда 600 мың гектарға азайып, 6,8 мың га-ны құрады (суландыру нормасы 25,3 мың м³/га деп белгіленіп, 39 көрсеткішінен 47,7 м³/га аралығында өзгерген).

Еңбекшіқазақ ауданындағы егіншілік алқаптарын суаруға 716,6 млн м³, Ұйғыр ауданында – 86,9 млн м³, Жамбыл ауданында – 38,4 млн м³ су қолданылған.

Алматы облысындағы маңызды, қосымша суару көздерінің бірі коллекторлық-кәріздеу суларын пайдалану Ақдала суармалы алқабында орын

алған, 2022 жылы жалпы көлемі 154,6 млн м³ (2021 жылмен салыстырғанда 6 млн м³-ге аз) ағысын құрады. Коллекторлық-кәріздік жүйенің азаю үрдісі күріш алқаптарының қысқаруымен байланыстырады .

Алматы облысындағы суармалы егіншілік алқаптарын ағызу және атыз суару технологияларын пайдалану кең таралғандықтан аумақта су шығыны мен ирригациялық эрозияның дамуы айқын байқалады. 2022 жылғы деректер бойынша суды үнемдеу технологиялары пайдаланылған жерлердің ауданы - 20,2 мың га-ны құрады, соның ішінде жаңбырлатып суару – 10,9 мың га, тамшылатып суару – 9,3 мың га. Суды үнемдеу технологиялары астық, көкөніс, жемпөп, майлы дақылдар және бақтарды суаруда қолданылады [118,б. 3].

Жетісу облысында суарудың 61 жүйесі бар (бөгетті сутартқысы бар – 29, бөгетсізі - 32). Магистральді және шаруашылықаралық суарналарының жалпы ұзындығы – 1780,3 км, ал коллекторлық-кәріздеу желісінің ұзындығы 119,9 км-ді құрайды. Каналдардағы арнайы жабдықталған құрылыс саны – 831 нысан (409 – магистральді және шаруашылықаралық каналдарда, 422 – шаруашылық қажеттіліктеріне су бөлу нүктелері), су өлшеуіш құрылғылар саны – 468 дана.

2022 жылғы Жетісу облысындағы сутартқының жалпы көлемі 1218,8 млн м³ құраса, су беру көлемі 1008,1 млн м³ асты. Суармалы жерлердің жалпы ауданы – 258,4 мың га, оның 175,4 мың га егіншілік алқаптарын суаруға пайдаланылды [119,б. 5].

Жетісу облысындағы Қаратал өзенінің оң жағалауында орналасқан ірі суару жүйелерінің бірі Қаратал суару жүйесінің су тартуы Қаратал су көтергіш бөгетінің және ұзындығы 24,3 км және бас бөлігінде шығыны 46 м³/с болатын Үштөбе магистральдық каналының көмегімен жүзеге асырылады. Тұрақты суару алаңы 16,3 мың га, және суару жүйесінде күріш (80%) және көкөніс ауыспалы егістері кеңінен таралған. Шаруашылықаралық арналардың жалпы ұзындығы 46 км. Жүйеден су Қаратал өзеніндегі №4 және бас коллекторлар арқылы бөлінеді. Коллекторлық-ағызу желісінің ұзындығы 706 км.

Бозой суару жүйесі (14,2 мың га) Алматы облысының Қарасай ауданында орналасып, ауыспалы егісте жемшөп дақылдарын өсіру үшін пайдаланылады. Суару жүйесінде суармалы су арналық бөгеттен негізгі сол және қосалқы оң жағалау магистральдық каналдары арқылы беріледі. Ұзындығы 72 км-ді құрайтын сол жағалау арнасының бас бөлігіндегі су шығыны 12 м/с тең. Магистральдік арналар мен шаруашылықаралық желінің жалпы ұзындығы 158,4 км құрайды.

Көксу өзенінің сол жағалауында орналасқан Көксу суару жүйесі ауыспалы қызылша егісін өсіруге мамандандырылған. Жүйеге су жинау Көксу өзеніндегі бас құрылыстың және ұзындығы 42,5 км мен су шығыны 38,5 м/с болатын Көксу сол жағалау магистральдық каналы арқылы жүргізіледі. Каналдан жалпы ұзындығы 94,4 км-ге тең Тентек, Межевая және Р-5 каналдары таралады. Шаруашылықаралық суару желісінің ұзындығы - 789 км (216 км-і құрама темірбетонмен қапталған). Коллекторлық-дренаждық желінің жалпы ұзындығы 198,5 км.

Тентек суару жүйесі 30,9 мың га алқапты сумен қамтамасыз етеді. Суару

жүйесінің құрамына бас су алу, су шығыны 72 м/с және ұзындығы 7,5 км-ге тең магистральдық канал, ұзындығы 47 км және 5, 10 м/с көрсеткішіне тең екі тарату каналынан тұратын шаруашылықаралық желісі кіреді. Шаруашылық каналының ұзындығы 1244 км.

Алматы және Жетісу облыстарының фермерлері ауылшаруашылығында таулы өзендер ағындарын пайдаланудың бай тәжірибесін жинақтады, соған қарамастан аумақтағы өзендердің жылдық ағынының (8,1 км³) тек үштен бірі ғана қолданылады. Егістіктің шамамен 49,5%-ын алып жатқан суармалы жерлер облыстардағы өсімдік шаруашылығы өнімдерінің жартысынан көбін, ал жоғары егіншілік дамыған аудандарда 70%-ға дейінгі өнімін береді. Аумақтағы сумен қамтамасыз етілген жерлердің ауданы – 555 мың га. Суаруға арналған судың көпшілік бөлігі суару жүйелеріне тасымалдаған кезде жоғалады [32,с. 230].

Талғар, Қарасай, Еңбекшіқазақ, Жамбыл, Панфилов, Ұйғыр, Ақсу, Сарқан, Алакөл, Кербұлақ аудандарының аумағында тамшылатып суарудың өзтегеурінді жүйелерін енгізу мүмкіншілігі бар (кесте 2) [120].

Кесте 2 – Алматы және Жетісу облыстарының әкімшілік бірліктерінің шеңберінде, тамшылатып суарудың өзтегеурінді жүйелерін кіші өзендерінде енгізу мүмкіншілігі

Аудан аты	Ауданы, га
Жамбыл ауданы	450,5
Қарасай ауданы	5 740,6
Талғар ауданы	217,9
Еңбекшіқазақ ауданы	11 862,0
Ұйғыр ауданы	889,1
Панфилов ауданы	11 263,1
Кербұлақ ауданы	538,4
Сарканд ауданы	572,6
Алакөл ауданы	2 82,3
Іле ауданы	109,2
Барлығы	31 925,6

Жер асты және ыза сулардың сипаттамасы. Жер асты су қорының қалыптасуы, жиналуы, қолдану жолдары мен генетикалық типтері орографиялық, геологиялық, климаттық және гидрологиялық жағдайларға байланысты. Орналасу жағдайлары мен су сыйымды жыныстардың сипатына қарай жер асты сулары жарықшақты, жарықшақты-пластық пен пластық түрлеріне жіктеледі.

Жарықшақты жер асты сулары кембрийге дейінгі және палеозойдың интрузивті, эффузивті, жаңартаутектік және метаморфтық жыныстарынан құралып, аймақтың оңтүстік және шығысындағы биік таулы аудандарында кездесіп, жер бетіне бұлақ көзі ретінде шығады. Минералдану – 0,1-0,5 г/л, кейбір жағдайларда 0,7-1,0 г/л-ға дейін өзгеруі мүмкін. Жыныстардың су сыйымдылығы төмен, өнімі аз, атап айтқанда секундына 1-2 л көрсеткішін

құрайды. Тектоникалық жыныстар таралған аудандарда петрографиялық құрамы және генезисі әр түрлі тау жыныстарының жоталарында, уатылу зоналарында орналасқан бұлақтардың, тайыз үңғымалардың өнімі секундына 5-7 немесе кейде 10-15 литрға дейін жетуі мүмкін. Атмосфералық жауын-шашын мөлшеріне байланысты бір жыл немесе маусымдар аралығында су көлемі әртүрлі шамада өзгереді. Жерасты суларының бұл типі аймақтың оңтүстік және шығыс биік таулы аудандарында жер бетіне шығып, жылғалар мен өзен суын толықтырады [100,б. 712].

Алматы облысындағы ыза сулардың қалыптасуы табиғат пен қоршаған ортаның саналуан әрекеттесуіне байланысты. Тауаралық ойпаттарда және шығу конустарындағы тау бөктеріндегі жазықтарда ыза суларының тереңдігі 10-20 м бастап 100-200 м аралығында өзгеріп, атмосфералық жауын-шашын және жер асты суларының ағыны негізінде қоректенеді.

Тау бөктеріндегі ойпатты жазықтарда орналасқан ыза суларының тереңдігі 2-3 м бастап 4-6 м аралығында, атмосфералық жауын-шашын, жер асты ағын сулары және жиналған сулар арқылы қоректенеді.

Алматы облысындағы негізгі суармалы алқаптар Іле өзенінің аңғары және салаларында орналасқан. Жайылма, жоғары жайылма және Іле, Шелек, Қаскелең өзендерінің алғашқы жайылма террасаларындағы ыза сулар 0,5-7 м аралығындағы тереңдікте. Өзенаралығындағы шөгінділерде ыза сулары 15-25 м, Шелек және Шарын өзендерінде 2,5-5 м аралық тереңдікте. Өзендер маңындағы ыза сулары 5-15 м, шығу конустарының шегінде 0,5-1 м аралығында. Қаскелең өзенінің сол жағалауында 1-4 метрден 15-20 м аралығында.

Балқаш ауданындағы күріш өсіретін аумақтардағы ыза сулары 0,6-6,0 м аралық тереңдікте. Ыза суларының деңгейі вегетациялық кезеңде, атап айтқанда суару кезінде, 0,1-3,0 м аралығында көтерілуі байқалады, ал суару аяқталғаннан кейін қалыпты деңгейге келеді.

Шеңгелді суару алқабындағы ыза сулардың деңгейіне Қапшағай су қоймасы айтарлықтай әсер етеді, яғни гидравликалық байланысқа түсіп, ыза суларының айырылу аймағымен сәйкес келеді. Ыза суларының деңгейі вегетациялық кезеңге дейін 2,5-9,3 м, ал вегетация кезінде 2,5-6,4 м-ге дейін өзгереді. Суармалы алқаптың орталық және шығыс бөлігінде көрсеткіш 6,2-9,3 м, ал батыс және солтүстік-батыс бөлікте 2,5-8,8 м аралығында тіркеледі. Ыза суларының ең жоғарғы көрсеткіші тамыз айына, ең төменгі бөлігі су беруді тоқтатқаннан кейін азайып, қыс айларына сәйкес келеді.

Алматы облысындағы ыза суларының 1 м-ге дейін орналасқан жерінің ауданы – 5,3 мың га (Іле, Жамбыл, Еңбекшіқазақ, Талғар және Балқаш аудандарында), 1-3 м аралығында – 110,6 мың га (34%), 3-5 м - 119,6 мың га (36%), 5 м астамы – 91,5 мың га (28%) [118,б. 5].

Ыза суларының Іле, Қаратал, Лепсі және Ақсу өзендерінің аңғарларындағы тереңдігі шамамен 1-5 м аралығында, жағаларына жақындаған сайын су деңгейінің төмендеуі байқалады. Іле және Қаратал өзендерінің атырауында ыза суларының жақын орналасуы себебінен, көлдер және арналарда қалың қамыс, қияқ секілді ылғал сүйгіш өсімдіктердің өсуі тән. Эолды аймақтарда ыза

суларының тереңдігі 15-20 м аралығында. Қаратал өзенінің бойында ыза суларының деңгейі 1-2 метрден 0,3-0,7 метр аралығында өзгеріп отырады.

Жетісу Алатауының тау бөктерінде орналасқан суармалы егіншілік алқаптарындағы ыза сулары бірыңғай тереңдікте орналасады, алайда жер бедері биіктеген сайын көрсеткіш 50-100 м аралығына дейін өзгеріске ұшырайды.

Оңтүстік Балқаш маңындағы Таукұм, Сарысесік-Атырау, Сарықұм, Қарақұм, Тасқарақұм шөлдері және Алакөл, Сасықкөл көлдерінің оңтүстік-батысындағы ыза суларының тереңдігі әр алуан өзгеру көрсеткіштеріне ие. Соған сәйкес облыстың оңтүстігінде ыза сулары 90 м тереңдікте орналасуымен, Сарысесік-Атырау шөлінің орталығына қарай көрсеткіш 3-20 м аралығындағы өзгеріспен анықталады. Ыза суларының жер бетіне жақын, 2,5-5 м аралығында, орналасуы қазіргі өзен аңғарларындағы суармалы егіншілік алқаптарына тән. Облыс аумағындағы ыза суларының қоректенуі атмосфералық-жауын шашын және жер асты суларының (Жетісу Алатауының биік таулы аймақтарына тән) тарапынан жүзеге асады.

Қаратал ауданының аумағындағы күріш өсіру танаптарының ыза сулар тереңдегі суару кезінде деңгейі нормадан жоғары, ал вегетациялық кезең аяқталғаннан кейін өз қалпына келеді.

2022 жылы Жетісу облысындағы ыза суларының орналасу тереңдігі: 1 метрден төмен – 0,6 мың га (1%), 1-3 м аралығындағы алаңдары – 36,6 мың га (14%), 3-5 м – 70,8 мың га (27%) және 5 метрден астам – 70,8 мың га (27%). 1 метрден төменгі ыза суларының учаскелері Ақсу, Ескелді, Кербұлақ, Қаратал және Панфилов аудандарының шағын аумақтарында таралған [119,б. 2].

2.4 Алматы және Жетісу облыстарының топырақ және өсімдік жамылғылары

Топырақ жамылғысы. Аймақтың басым бөлігі таулы өңірде орналасқандықтан, топырақ жамылғысы биіктік зоналарға бөлінеді. Іле Алатауының солтүстік беткейі нивальді-жерасты (3200-4000 м), биік таулы-шалғынды және шалғынды-далалы (2400-3400 м), орманды-шалғынды дала (1200-2500 м) атты 3 зонааралық белдеуге бөлінеді. Топырақтың өсімдік жамылғысына сәйкес, биік таулы-дала, шалғынды дала түрлері кездесетін, альпілік және субальпілік белдеулері бар (сурет 5).

Орманды-шалғынды дала зонасына қызғылт-қоңыр, таудың шалғынды, орманды-шалғынды қоңыр-сұр, таулы орманның қара топырақтар тән. Зонаның орта бөлігінде сілтісізденген таулы орманның қара, ал төменгі бөлігінде термоксероморфты топырақтары таралған. Топырақ жамылғысының биік таулы бөліктерде дамуы 750 м абсолюттік биіктен бастау алады. Бұл аралықта таудың қара топырағымен бірге, тау алдының кәдімгі қара топырағы қалыптасады. Тау жоталарының оңтүстік беткейінде қызғылт-қоңыр және қоңыр топырақтар дамыған.

Қоңыр, карбонатты қоңыр топырақтар 650-800 м биіктікте, тау алды шөлейт зонасында таралған. Тауалды шөлейт және шөл жартылай саванна тәрізді зонада сұр, шалғынды сұр, сонымен қатар зонааралық топырақтар да дамыған.

Тянь-Шань тау жүйесіндегі, соның ішінде Іле және Жетісу Алатауларындағы топырақ жамылғысы жер бедерінің экспозициясына тәуелді [121].

Алматы және Жетісу облыстарының биік таулы аймақтарында келесідей топырақ-климаттық белдеулер немесе аймақтар кездеседі:

1. Ашық және қарапайым сұр, сұр-қоңыр және ашық қоңыр карбонатты топырақтары таралған тау бөктеріндегі шөлді дала белдеуі;

2. Тау етегі қара қоңыр, орта қуатты қара топырақ, қоңыр топырақтары кездесетін төмен тау белдеуі;

3. Таулы қара, қоңыр сілтілі, сұр және таулы-орманды және шалғынды сұр топырақтары таралған орта таулы, орманды-дала және шалғынды-дала белдеуі.

4. Биік таулы Альпі және субальпілік топырақтары бар биік таулы шалғынды және шалғынды-дала белдеуі.

Қазақстанның топырақ-географиялық аудандастырылуында Тянь-Шань таулы жүйесі Солтүстік және Батыс Тянь-Шань топырақ провинциясына бөлінеді. Солтүстік Тянь-Шань провинциясында солтүстік сұр (ашық, қарапайым), ашық қоңыр карбонатты, қара қоңыр топырақтары және гумусы аз таулы қара топырақтар кездеседі.

Сұр топырақтар. Сұр топырақтар фациялы-провинциялық және карбонаттардың құрамына сәйкес оңтүстік және солтүстік болып бөлінеді. Сұр топырақтар ішінара ашық және қарапайым атты түрлерге жіктеледі.

Ашық сұр топырақтар тау етегіндегі жазықтың төменгі және шөлді бөлігінде, 200-400-ден 600-700 м-ге дейінгі абсолютті биіктікте таралып, таралған аймақтың атмосфералық жауын-шашынның жылдық мөлшері 200-220 мм-ді құрайды. Солтүстік ашық сұр топырақтар негізінен ебелек-қауырсын-жусан өсімдіктерінің құмды-сазды және эфемер қауымдастықтарының астында қалыптасады. Оңтүстік ашық сұр топырақтар - эфемероидты-эфемерлі төмен шөпті өсімдіктердің үздіксіз жамылғысының астындағы лесс тәрізді саздақтарда түзіледі. Топырақтың бұл типіне қарашірік горизонт қуатының аздығы (саздақтар үшін 15-16 және құмды саздақтар үшін 18-20 см) және профильдің көкжиектерге әлсіз дифференциациясы тән. Иллювиалды карбонатты горизонт 50-120 см тереңдікте орналасқан, жоғарғы горизонттағы гумустың мөлшері 0,6-1,2% аралығын құрайды. Жоғарғы горизонттағы CO₂ карбонатының мөлшері - 1,3-2,2%, гумин қышқылдары - 15-17%. Гумин және фульвоқышқылдардың арақатынасы 0,5-0,9 көрсеткішке тең. Ашық сұр топырақтардың негізгі массивтері жайылым ретінде пайдаланылғанымен, қолайлы мелиоративтік жағдайларды қалыптастыру суармалы егіншілік алқаптары ретінде де қолдануға мүмкіндік береді.

Солтүстік Тянь-Шань провинциясындағы *қарапайым сұр топырақтар* 600-700-ден 900-1000 м-ге дейінгі биіктіктегі таулы жазықтарда, тау бөктерінде және аласа тауларда кең таралып, эфемерлі-жусанды өсімдіктер астында қалыптасады. Жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 250-400 мм. Топырақ түзетін жыныстар – лесс және лесс тәрізді саздақтар. Сұр топырақтардың морфологиялық құрылымындағы айырмашылықтарына сәйкес, топырақтағы

фаунаының әсерінен оңтүстік сұр топырақтары А горизонтының үлкен беріктігі, қарашірік горизонтының айтарлықтай қуаты ($A+B = 40-50$ см), В горизонтының күшті перфорациясымен ерекшеленді. Карбонаттардың жиналуы әдетте 130-140 см тереңдікте аяқталады. Топырақтардың бұл түріне профильдің әлсіз дифференциациясы тән. Жоғарғы горизонттардағы гумустың мөлшері 1,5-2,0 %, азот мөлшері - 0,10-0,15% аралығында. Жоғарғы горизонттарда фосфордың жылжымалы үлесі - 21,9-10,9 мг және 100 г топырақта калийдің 375-868 мг кездеседі.

Сұр-қоңыр топырақтар тау етегіндегі қыратты жазықтың (еңістігі 2-15° аралығында) жоғарғы жолағында, 600-ден 800-1200 м-ге дейінгі абсолютті биіктікте кең таралған және бидайық-шөпті өсімдіктердің ірі және кеш шығатын түрлерінің астында қалыптасады. Сұр-қоңыр топырақ белдеуіндегі атмосфералық жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 400-600 мм құрайды.

Топырақ түзуші жыныстарға - ауыр саздақтар мен саздар, сондай-ақ бор және үшінші реттік борпылдақ шөгінділерді құрайтын лесс тәрізді тау жыныстары жатады. Топырақ түзілу жағдайларына, морфологиялық және басқа генетикалық қасиеттеріне сәйкес сұр-қоңыр топырақтар сұр мен қоңыр топырақтар арасындағы аралық позицияларда орналасады, соған сәйкес қарашірік горизонттарының қуаты ($A+B$) - 60-95 см, А - 20-25 см-ге тең. Өтпелі горизонт топырақ фаунасының әсерінен саңылаулылық және саздақты мінездемелеріне ие.

Тың сұр-қоңыр топырақтардың физикалық-химиялық белгілеріне сәйкес, жоғарғы 10 см қабатындағы гумус мөлшерінің үлесі - 1,9-3,6%, CO_2 карбонаты беткейлік горизонттан - 4,6-9,7, алмасу негіздерінің қосындысы салыстырмалы түрде аз - 100 г топыраққа 20 мг-экв, фосфор және калийдің беткі қабаттағы (0-10 см тереңдікте) жылжымалы формалары – 100 г топыраққа сәйкесінші 0,7-2,6 мг және 46,5 мг көрсеткіштеріне ие.

Сұр-қоңыр топырақтар таралған жер бедері еңісті, әрі ойлы-қырлы аймақтары жайылым және шабындық мақсаттарында, ал тегістелген және эрозияның алдын алуы ескерілген учаскелер суармалы егіншілік үшін пайдаланылады.

Ашық-қоңыр топырақтар қара-қоңыр топырақтармен салыстырғанда гипсометриялық бағыныңқы сипатта, соған сәйкес Іле Алатауының орталығында – 650-750 м, батыста – 700-1000 м, ал шығыс бөлігінде – 1000-1400 м, Жетісу Алатауында 750-1500 м аралығында таралған. Атмосфералық жауын-шашын мөлшері – 350-450 мм. Ашық-қоңыр топырақтар бетеге-жусан, селеу, ебелек және қоңырбас өсімдіктерінің астында дамиды. Топырақ түзуші жыныстарға лесс тәрізді саздақтар, қойтас-малтатасты шөгінділері жақын орналасқан аллювиалды-пролювиалды және делювиалды-пролювиалды саздақтар.

Ашық-қоңыр топырақтар гумустың құрамы мен карбонаттылығы жағынан сұр-қоңыр топырақтарға ұқсас, алайда қарашірік горизонтының қуаты бойынша ерекшеленеді, соған сәйкес топырақ профилі - 45-55 см гумустық горизонт, ал иллювиальді карбонатты горизонт – 50-60 см-ден 110-120 см-ге дейін өзгереді. Ашық-қоңыр топырақтар таралған аймақтардағы биоклиматтық жағдайларға

сәйкес, гумустық зат – 2,0-3,0%, жалпы азот – 0,15-0,20% және топырақтың 100 грамындағы алмасу негіздерінің қосындысы – 15-20 мг-экв. көрсеткіштеріне сәйкес.

Ашық-қоңыр топырақтар белдеуі ауылшаруашылық дақылдарының негізгі массивтерінде орналасқандықтан экономика тарапынан басымдылыққа ие.

Қара-қоңыр топырақтар Қазақстандық Тянь-Шаньда әртүрлі абсолюттік биіктіктерде, атап айтқанда Іле Алатауының орталық бөлігінде – 800-1200 м, батыс және шығыста – 1700 м-ге дейінгі аралықта, ал Жетісу Алатауында 1000-2000 м орналасқан.

Топырақтың бұл типі таулы және жазық қара-қоңыр топырақтар атты 2 үлкен топқа бөлінеді. Таулы қара-қоңыр топырақтар аз қуатты элювиальді-делювиальді қиыршық тасты үгілген тау жыныстарында аласа таулы және қатты тілімделген жер бедерінде, ал жазық қара-қоңыр топырақтар қалың лесс тәрізді саздақтарда, тау етегіндегі көлбеу жазықтарда қалыптасады. Топырақтың құрылымы ұнтақты немесе түйіршікті, қою сұр немесе қою қоңыр түсті қарашірік горизонтының қалыңдығы – 45-50 см, иллювиальді-карбонатты горизонт 35-65 см тереңдікте, ал карбонаттардың қатпар және дақ түріндегі бөлінулері 40 см-ден басталады. Қара-қоңыр топырақтардың физикалық-химиялық қасиеттері төмендегідей сипаттарға ие: гумус мөлшері – 2,6-3,8, жалпы азот мөлшері – 0,18-0,2%, жоғарғы горизонттардағы сіңірілген негіздердің қосындысы – 100 мг топыраққа 21,7 мг-экв, кальций катионы 100 г топыраққа 19,6 мг-экв, механикалық құрылымы – орта саздақты.

Қалыптасу жағдайларына байланысты таулы қара-қоңыр топырақтары тек жайылым жерлер ретінде, ал жазық қара-қоңыр топырақтары таралған аймақтар дәнді, жемшөп және көкөніс дақылдарын өсіру үшін тәлімді және суармалы егіншілік үшін қолданылады.

Эрозиялық процестердің әр алуандығы топырақтың бұл типінің әлсіз төзімділігіне әсер етеді.

Таудың қара топырақтары Іле және Жетісу Алатауының аласа таулы аймақтарында, 800-1500 м абсолютті биіктікте, тау бөктеріндегі көлбеу жазықтарға ауысатын күрт ойпатпен бөлінген. Таудың қара топырақтары шөпті, бетегелі, селеулі және бұталы өсімдіктердің астында дамиды.

Гумусы аз қара топырақтардың таралу аймақтарының жер бедері гидрографиялық желінің ұзындығы 1 км²-ге 0,1-0,2 км, эрозияның жергілікті негіздерінің тереңдігі 50-100 м аралығында және еңістігі тік, 0-2 және 10-15° бойынша ерекшеленеді.

Гумусы аз таудың қара топырақтарының профилі өте күшті гумустық горизонтпен (40-50 см), айқын түйіршікті құрылымымен, суда еритін тұздардың сілтіленуімен және карбонатты-иллювиальді горизонттың анық дифференциациясымен сипатталады. Топырақтың агрохимиялық көрсеткіштері жер бедерінің экспозициялық ерекшеліктері бойынша әртүрлі сипатқа ие, мысалы солтүстік экспозициядағы топырақтың жоғары горизонты 4,5%-ға тең болса, төмен түскен кезде мән 2,2%-ды құрайды. Жоғарғы горизонттағы жалпы азоттың мөлшері 0,257-0,267%, төмендей бере - 0,150-0,170%-ға, топырақтағы

карбонаттар 45-55 см тереңдікте пайда болып, 3,8%-ын құрайды. Сіңірілген негіздердің құрамында кальций магнийге қарағанда басым позицияға ие, соған сәйкес жоғарғы горизонттардағы кальций - 100 г топыраққа 19,8-29,7 мг-экв, магний тек 30-40 см тереңдікте кездеседі және 100 г топыраққа 2,0 мг-экв құрайды.

Таудың қара топырақтары көп жағдайда жайылым ретінде, алайда террасалар таралған аймақтарда суармалы бақ және жүзімдіктер үшін де қолданылады [32,с. 230].



Сурет 5 – Алматы және Жетісу облыстарының топырақ жамылғысының картасы

Іле өзенінің атырауында құм, құмай, сор, сортаң және тақыртәріздес топырақтар кең таралған. Ірі өзендердің аңғары және көлдердің жағалауларында аллювийлі-шалғынды топырақтар дамиды [100,б. 712].

Өсімдік жамылғысы. Алматы және Жетісу облыстарында өсімдік жамылғысының таралуы табиғи зоналарға сәйкес бөлінетіндіктен, аймақты шартты түрде шөл, шөлейтті дала және биіктік зоналарға жіктейді.

Шөлді зонаның өсімдіктері Жамбыл, Балқаш және Алакөл аудандарында таралған. Өсімдіктері қуаншылыққа төзімді, шөлге шыдамды астық тұқымдастары мен жусанның түрлері кең таралған. Тауқұм, Қараой, Итжон үстірті, Үшқара тауы, Іле өзенінің оң жағалауындағы Қаракұм маңында жусан қауымдастықтары мен ебелек кең таралған. Мойынқұм, Жетіжол және Тауқұмның солтүстігінде негізінен жусан мен жусанды-ерекешөпті өсімдіктер өседі. Қоғалы өңірінде, Іле атырауының солтүстігі мен өзен аңғарын бойлай күйреуік және күйреуікті-жусанды өсімдіктер шоқтала өседі. Аймақтың

солтүстік-шығысы мен Лепсі өзенінің орталық сағасының оң жағалауында шөлдің баялышты және баялышты-жусанды өсімдіктері кездеседі. Қаратал өзенінің бойында, атап айтқанда орта сағасында жусан және теріскен-еркекшөп өсімдік қауымдастықтары кең таралған. Балқаш, Ақсу және Қаратал аудандарында шөл зонасына тән ақ және қара сексеуіл, жүзгін, жүзгін-теріскенді өсімдіктер мен бұталар кеңінен таралған. Қаратал өзенінің жағасы мен Балқаш көлінің шығысында, сондай-ақ Сарқан, Ақсу аудандарында сарсазан, қарабарак және сорқаңбақ өсімдіктері өседі.

Далалық зона мен ауылшаруашылығына жарамды жерлерде ксероморфты және мезофитті өсімдіктері, ал тастақты Күрті мен Қапшағай аралығында жусанды бұталар өседі.

Биік зоналарға саналатын Тянь-Шаньның қиыршықты дала өңірінде, сонымен қатар Еңбекшіқазақ, Ұйғыр, Жамбыл, Райымбек және Қарасай аудандарының аумағында және Жетісу Алатауының солтүстігіндегі далаларда, бұта аралас бетеге, селеу, сұлыбас басым. Алакөл және Ақсу аудандарының құмды аймақтарында теріскен, аралас еркекшөпті-жусанды өсімдік қауымдастықтары көптеп кездеседі. Талдықорған қаласының шығысы, Кербұлақ, Ақсу және Ескелді аудандарының тастақты далаларында аралас жусанды-бетегелі және селеулі өсімдіктер өседі. Биік таулы өңірдегі далада бетегелі-сұлыбасты және бетегелі өсімдіктері кең таралған [100,б. 712].

3 ГИДРОМОДУЛДІК АУДАНДАСТЫРУ: МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ НЕГІЗІНДЕ ЖАЗ ӘДІСТЕРІН ҚҰРАСТЫРУ

Ғылыми негізделген суару жүйелерін таңдау аумақтағы су ресурстарын тиімді пайдаланудың алғышартын құрайды. Берілген тарауда зерттеу аймағындағы суармалы егіншілік алқаптарын алға қойған мақсатқа сәйкес кешенді талдау және нәтижелерді машиналық оқыту ортасына интеграциялау жүзеге асырылды.

Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарының аудандастыруын жүргізу геоақпараттық технологиялар, жерді арақашықтан зондылау және машиналық оқыту алгоритмдері негізінде орындалып, келесідей мәселелер қарастырылды:

- Алматы және Жетісу облыстарының аумағындағы суармалы егіншілік алқаптарының таралған аймақтарын ГАЖ-технологиялары негізінде анықтау;
- топырақтың механикалық құрылымы мен жер асты ыза суларының тереңдігі көрсеткіштерін талдау арқылы, әкімшілік бірлік деңгейінде, жеке 9 гидромодулдік ауданға жіктеу;
- суармалы егіншілік алқаптарын гидромодулдік аудандар шеңберінде, топырақтың механикалық құрылымы мен еңіс көрсеткіштерін өңдеу негізінде, оңтайлы суару режимі мен әдістеріне жіктеу;
- ауылшаруашылық дақылдарының су шығыны мен нормаларын анықтау;
- суару режимі мен әдістері бойынша гидромодулдік аудандастырудың машиналық оқытуда алгоритмдік негізін құрастыру.

3.1 Суармалы егіншілік алқаптарын гидромодулдік аудандастыруда суару әдістерінің жіктелімі

Бүкіл әлемде суармалы егіншіліктің қалыпты дамуы су ресурстарының саны мен сапасына байланысты. 2050 жылға дейінгі кезеңде ауыл шаруашылығының алдында халықтың азық-түлік қауіпсіздігіне байланысты күрделі міндеттер тұр, соған сәйкес ФАО мәліметтері бойынша, халық санының өсуімен әртүрлі бағыттарда, соның ішінде ауыл шаруашылығы саласында су қажеттілігінің артуы өседі [112, р. 140].

Тұщы судың 70%-дан астамы ауылшаруашылық дақылдарын суару үшін пайдаланып, суармалы егіншілік алқаптарының 20%-ға жуығы әлемдегі азық-түліктің 40%-ын қамтамасыз етеді, яғни суды үнемді қолдану жаһандық азық-түлік қауіпсіздігінде орны ерекше [113, р. 3-8].

Қазақстан аумағында суармалы жерлердің ауданы 1,6 млн га-ға тең және 90%-ы оңтүстік облыстарда орналасқан. 5 жыл ішінде 600 мың гектар суармалы жерді қалпына келтіру жоспарлануда (2,2 млн гектарға дейін), 2025 жылдан 2030 жылға дейін жаңа суармалы жерлерді қалпына келтіру 800 мың гектар болады [21, с. 24].

Алматы және Жетісу облыстарындағы суармалы ауылшаруашылық жерлерінің сипаттамасы. 2022 жылы Алматы облысындағы суармалы жерлердің жалпы ауданы – 327 мың га-ны құрады (дәнді, техникалық, бақша,

азықтық және көкөніс дақылдары басым таралған), алайда оның тек 174,6 мың га жері (53%) пайдаланылып, 152,4 мың гектары ауылшаруашылық айналымына енбеді. Есептік жылда облыс аумағындағы күріш алқаптарының ауданы азайғандығы мәлім [118,б. 4].

2022 жылғы «Жетісу облысының суармалы жерлерінің мелиорациялық жай-күйі бойынша 2022 жылғы есебі» бойынша Жетісу облысының аумағында 258,4 мың га суармалы жер алқаптарының 175,4 мың га ауылшаруашылығында пайдаланылған. Аталған жылда аумақтағы атмосфералық жауын-шашын мөлшері аздығы себебінен климаттық жағдайлардың ыстық және құрғақ көрсеткіштері тіркелген. Алайда ауылшаруашылық алқаптарын суаруда қолданылатын өзендердің су шығыны 2021 жылмен салыстырған жоғары болғандығы баяндалады. Жетісу облысының суармалы алқаптарында дәнді, майлық, техникалық, бақша және көкөніс дақылдары өсіріледі. Жетісу облысында 8030 га суармалы ауылшаруашылық алқаптарында заманауи суару технологиялары пайдаланылады. Суарудан кейінгі артық суды Балқаш, Алакөл, Сасықкөл және жер асты суларына ағызу жүргізіледі.

Жетісу облысындағы соңғы жылдары тіркелген суармалы жерлерді аз пайдалану тенденциясы су қорының аздығы, суармалы егіншілік алқаптарының жетіспеушілігі және суландыру жүйесінің кешенді дамымағандығымен байланысты. 2022 жылдағы 83 мың га жердің пайдаланылмауы (жалпы суармалы жерлердің 32%-ы) 6,8 мың га су басу мен батпақтану, 5,6 мың га сортаңдану, 26,3 мың га суландыру желісінің істен шығуынан және 44,3 мың га жері шаруашылық немесе қаржылық тұсынан себеп болған [119,б. 6].

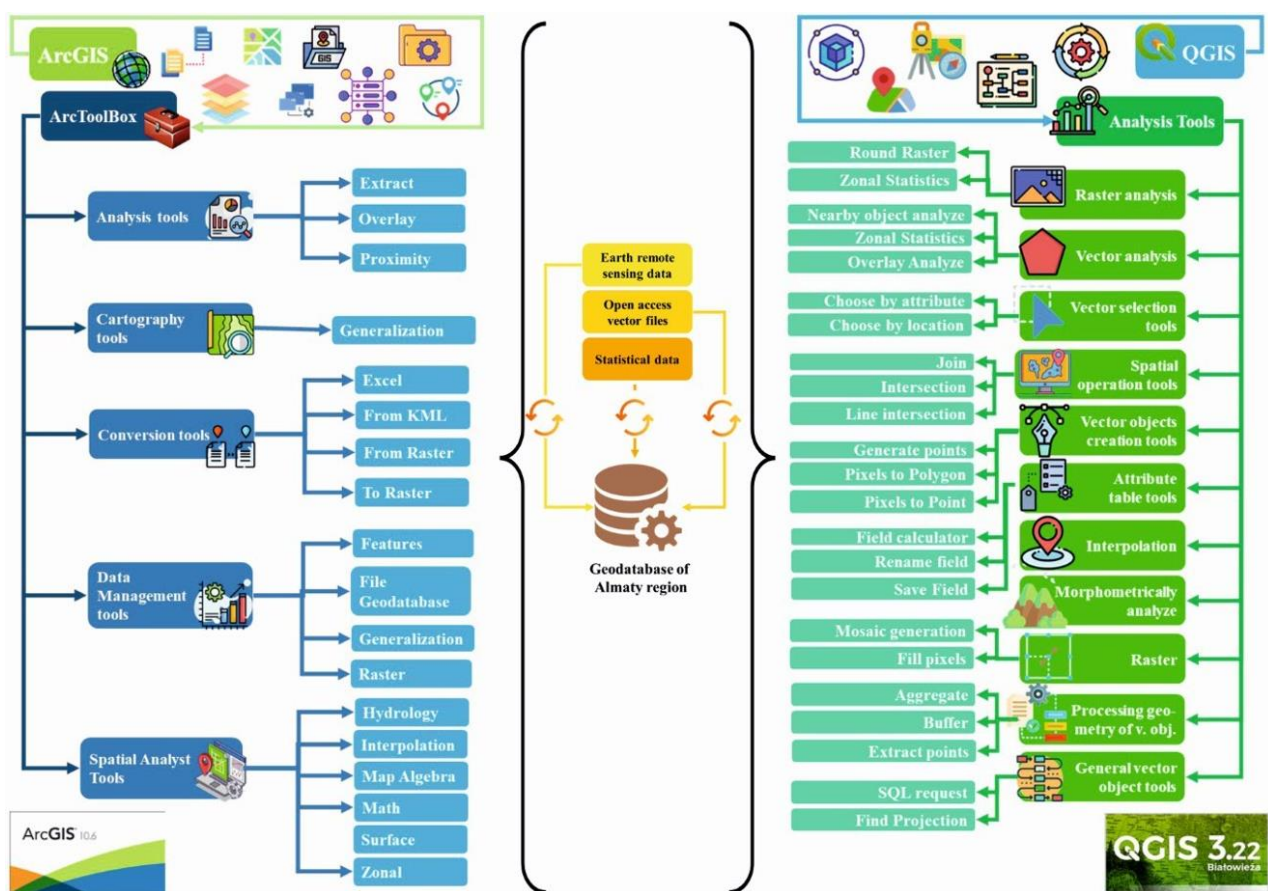
Іле атырауындағы ауылшаруашылық алқаптары аллювиальді және аллювиальді-пролювиальді жазықтарда орналасқан. Аллювиальді жазықтың ландшафттары, сұр жусан мен бұйырғын өсімдіктері эолды жазығы мен Іле аңғары арасында тар жолақты алып жатыр. Іле өзенінің ағынын реттеу ландшафттың осы түрінің топырақ-мелиорациялық жағдайларына және, ең алдымен, гидроморфты топырақтың шөлейттену процестерінің дамуына қарай эволюциясына әсер етті. Зерттелетін аумақтың басты проблемаларының бірі-өңірдің барлық дерлік ауыл шаруашылығына негізделген суармалы жерлер мен мелиорациялық жүйелердің қанағаттанарлықсыз жай-күйі. Олардың ішіндегі ең бастысы - 1969-1982 аралығында салынған, күріш өсірудің ең солтүстік аймағы, Ақдала суару алабы. Алқапта 30 мың гектарға жуық жер игеріліп, 14 мың гектарына жуығы күріш үшін пайдаланылады. Дақылдың өнімділігі орта есеппен 36-38 ц/га-ға жетеді [94,б. 74].

Геодеректер базасын құрастыру. ГАЖ - кеңістіктік ақпаратты сақтау, талдау және бейнелеуге арналған құрал. Геодеректер базасының технологиясы кеңістіктік деректерді тиімді сақтау және алу мәселесінің шешімі бола алады. Геодеректер базасы әртүрлі ақпарат көздерін біріктіруге мүмкіндік береді, сонымен қатар басқару, сақтау және талдауды қамтамасыз етеді. Геодеректер базасы кеңістіктік және кеңістіктік емес деректерді, соның ішінде векторлық, растрлық және атрибуттық деректер мен метадеректер.

Үлкен көлемдегі кеңістіктік-географиялық ақпарат үшін геодеректер базасы

орталықтандырылған, ыңғайлы және біріздендірілген қойма болып табылады. Кеңістіктік объект – географиялық ақпаратты нүкте, сызық немесе полигон түрінде, кесте және атрибуттық негізде ұсынатын нысан. Геодеректер базасын құрудың бастапқы кезеңдеріне деректерді анықтау және біріктіру мақсаты кіреді. Алматы және Жетісу облыстарының геодеректер базасын құру үшін әкімшілік-аумақтық, гидрографиялық, ауыл шаруашылығы, климаттық геокеңістіктік ақпарат кластары, сондай-ақ жер бедерінің сандық моделі және оның кейінгі модификациялары таңдалды. Кеңістіктік ақпаратты біріздендірудің мақсаты - аумақты гидромодулдік белгі бойынша аудандастыру үшін реттелген деректерді кейіннен пайдалану, сонымен қатар жіктеуді жүзеге асыру ауыл шаруашылығы бағытындағы кешенді және сенімді кеңістіктік ақпаратты талап етеді.

Геодеректер базасының элементтерін өңдеу ArcToolBox (ArcGIS) және Analysis tools (QGIS) құралдар тобының көмегімен жүзеге асырылады (сурет 6).



Сурет 6 – Геоақпараттық талдауда пайдаланылған ArcGIS және QGIS бағдарламалық жасақтамаларының құрал-жабдықтары

Ескерту – Дереккөз [122]

Геодеректер базасын құрастыру барысында ArcGIS бағдарламасының 10.6 нұсқасының құрамындағы келесідей құралдардың топтары пайдаланылды:

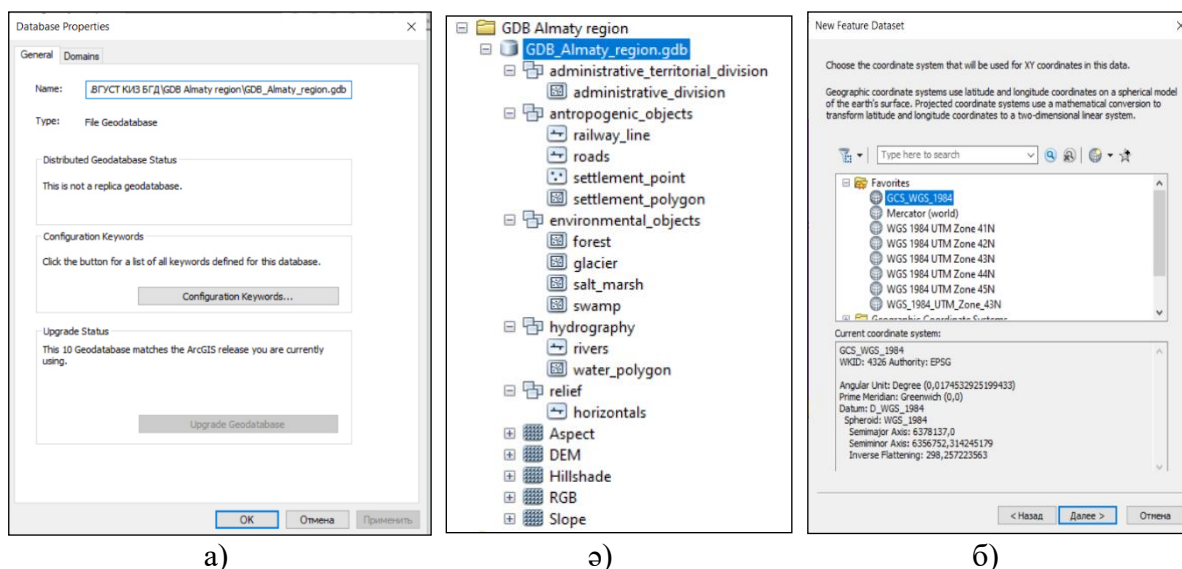
- 1) Analysis tools (Extract, Overlay, Proximity);

- 2) Cartography tools (Generalization);
- 3) Conversion tools (Excel, From KML, From Raster, To Raster);
- 4) Data Management tools (Features, File Geodatabase, Generalization, Raster, Topology);
- 5) Spatial Analyst Tools (Hydrology, Interpolation, Map Algebra, Math, Surface, Zonal).

Сонымен қатар, векторлық және растрлық деректерді талдау және өңдеу ашық кодты QGIS 3.22 ГАЖ бағдарламалық жасақтамасын қолдану арқылы да іске асырылды. Геодеректер базасын құру кезінде QGIS бағдарламасында құралдар тобының келесі түрлері қолданылды: Raster analysis, Vector analysis, Vector selection tools, Spatial operation tools, Vector objects creation tools, Attribute table tools, Interpolation, Morphometrical analyse, Processing geometry of vector objects, General vector object tools, Raster.

Алматы және Жетісу облыстарының кеңістіктік деректерін біріктіру кезінде ESRI компаниясының GDB форматындағы геодеректер базасының түрі таңдалды. Көлемі 1 Тб-дан асатын файлдық база объект кластарының негізгі жиынтығы мен ақпараттың тармақталған құрылымымен анықтап, ArcGIS бағдарламасының көмегімен өзгерту мен өңдеуде бірқатар функционалдық мүмкіншіліктерге ие.

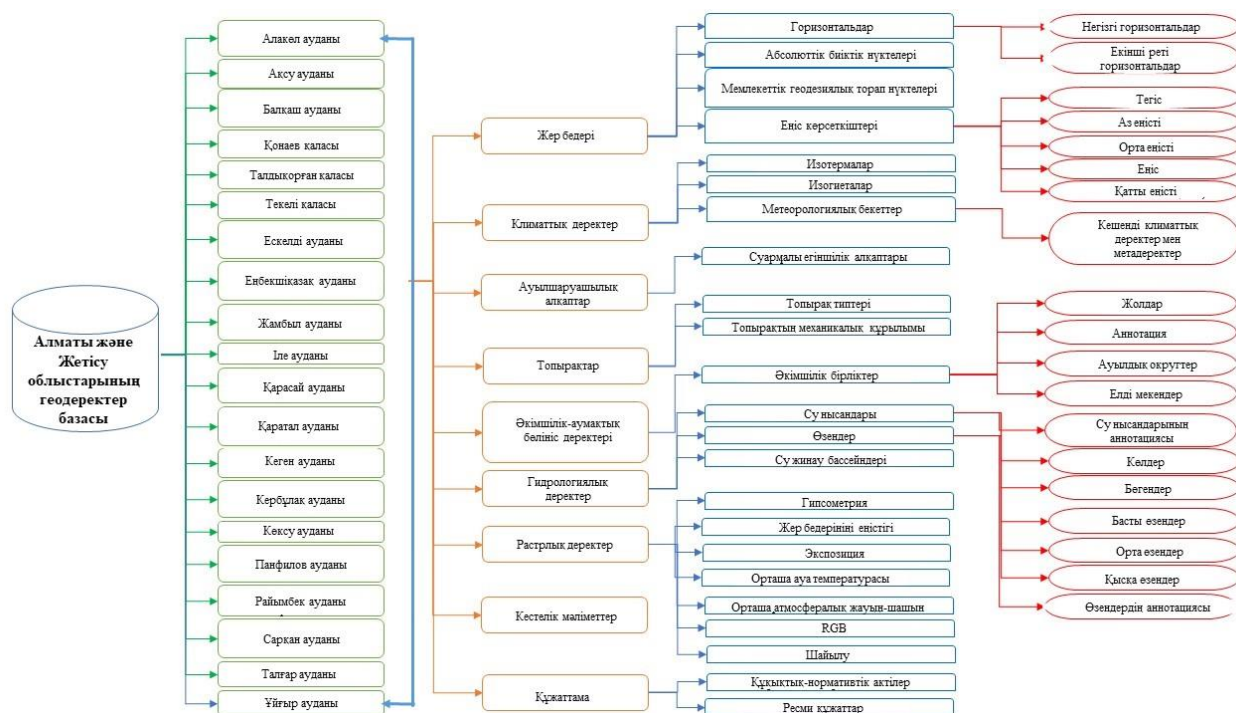
Геодеректер базасында үш негізгі мәліметтер жиынтығы бар: кеңістіктік объектілер класы, кестелер және растрлық файлдар. Кеңістіктік объектілердің жаңа класын құру құрылымын анықтайтын кластың бірнеше қасиеттерін, атап айтқанда аты, түрі, геометриялық мінездемелері, координаттар жүйесі, конфигурациялық кілт сөздері, өрістер және өріс қасиеттерін анықтайды (сурет 7).



Сурет 7 – Геодеректер базасының баптаулары (а), құрылымдық компоненттері (б) және проекцияны тағайындау (в) процесстері

Ескерту – Дереккөз [122,р. 136]

Алматы және Жетісу облыстарының геодеректер базасын гидромодулды аудандастыруды жүргізу үшін пайдаланылды. Диссертациялық жұмыс шеңберінде, кеңістіктік деректерін пайдалануда облыстардың әкімшіліктік-аумақтық бірліктеріне бөлу оңтайлы нәтижелерді көрсетті (сурет 8).



Сурет 8 – Алматы және Жетісу облыстарының геодеректер базасының құрылымы

Ескерту – Дереккөз [122,р. 136]

Әрбір әкімшілік бірлік тақырыптық қамту бойынша деректермен анықталып, қабаттар иерархиялық бағыныштылық пен бірзділік негізінде байланыстырылған.

20 әкімшілік бірлік жер бедері, климат, ауылшаруашылық алқаптары, топырақ жамылғысы, әкімшілік-аумақтық бөлініс, гидрологиялық мәліметтер, растрлық файлдар, кестелік мәліметтер мен техникалық құжаттарға бөлінеді, сонымен қатар әрбір топ өзіннің топшаларына жіктеледі:

- Жер бедері горизонтальдар (негізгі және екінші ретті горизонтальдар), абсолюттік биіктік көрсеткіштері, мемлекеттік геодезиялық торап нүктелері және еңіс көрсеткіштерінен (тегіс, аз еңісті, орта еңісті, еңіс және тік еңісті);
- Климаттық деректер изогийета, изотерма және метеорологиялық бекеттерден (климаттық статистикалық деректер);
- Ауыл шаруашылығы класы алқаптардың контурынан;
- Гидрографиялық ақпарат көл, су қоймалары, өзендер және өзендердің су жинау бассейндеріне;
- Растрлық ақпараттарға DEM, еңістік, экспозиция, ауаның орташа жылдық

температурасы, атмосфералық жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері, мультиспектрлік мәліметтерден;

- Кестелік деректер статистикалық ақпараттан;
- Техникалық құжаттама проекция деректері, қабаттар геометриясы және т.б. туралы ақпараттан тұрады [122,р. 136].

Суару әдістері. Суарудың келесідей тәсілдері пайдаланылады: жер бетімен, жаңбырлатып және тамшылатып суару.

Жер бетімен суарудың әдісі, әдетте, жер бедері біркелкі, беткейлері 0,0005-0,01 аралығында, топырақтары қуатты, суару нормалары 600 м³/га-дан кем емес және тұздануы тіркелген жерлерді суару үшін қолданылады.

Жер беті суарудың артықшылықтары мен кемшіліктеріне тоқталатын болсақ, артықшылықтарына адамзат жинаған ғасырлық тәжірибесін, суару және суару желісін құрудың қарапайымдылығын, капитал мен энергияны аз қажет етуін және арнайы машиналар мен тапшы материалдарға қажеттіліктің болмауын атап айтуға болады. Кемшіліктеріне қол еңбегін қолдану қажеттілігін, жердің күрделі микрорельефімен жоспарлау жұмыстарының үлкен көлемін, суарудан кейін топырақ қабаты пайда болатындықтан жолдарды қосымша қопсыту қажеттілігін, топырақтағы ауа режимінің нашарлауын, ауданы мен тереңдігі бойынша біркелкі емес ылғалдандыруын, топырақтың жуылуын және суармалы судың артық шығынын арттыруын, жерді пайдалану коэффициентінің төмендеуін және топырақ эрозиясының пайда болу мүмкіндігін жатқызады.

Жаңбырлатып суару – топырақ беті мен өсімдіктерге арнайы құрылғылармен су шашу арқылы жасанды жаңбырлату. Суару тәсілінің артықшылықтарына: суармалы аумақтың микроклиматын жақсартуын; топырақтың ылғалдылығын ғана емес, ауаны да оңтайлы шектерде ұстап тұру мүмкіндігін; суаруды механикаландыру және автоматтандыруын; еңбек өнімділігін арттыруын; суару нормаларын және топырақты ылғалдандыру тереңдігін дәл реттеу мүмкіндігін; суармалы судың терең сүзілуін төмендетуін; ауданы бойынша суарудың біркелкілігін; күрделі микрорельефті және үлкен еңістері (>0,03) бар учаскелерде қолдану мүмкіндігін; егістіктерді жоспарлауға қойылатын талаптарының төменділігін; ауыл шаруашылығы жұмыстарын механикаландыру жағдайларын жақсартуын; жауын-шашынның тиісті сапасымен топырақ құрылымын сақтауын және жерді пайдаланудың жоғары коэффициентін жатқызады. Кемшіліктері-шашыратқыш құрылғыларды өндіруге арналған металдың жоғары шығындары (гектарына 40-110 кг); шашырату процесінің үлкен энергия сыйымдылығы (300 м³/га суару нормасымен 1 суаруға 40-100 кВт/сағ); жаңбырдың сапасына және оның суару ауданы бойынша біркелкі таралуына желдің теріс әсері (желдің жылдамдығы 3-4 м/с); суды шөгінділерден тазарту қажеттілігі.

Жаңбырлатып суаруды келесідей жағдайларда қолдану ұсынылады:

- шағын суару нормаларын қолдану;
- суармалы егіншілік алқабының еңістігі салыстырмалы түрде жоғары, гетерогенді және жеңіл рельефті немесе күрделі микрорельефте орналасуы;
- тұщы жер асты суларының таяз (1,5-2 м-ге дейін) таралуы;

– вегетациялық кезеңде ауа температурасының қалыпты көрсеткіштерден төмен түсуі немесе аяздан қорғау үшін жаңбырлатып сергіту жұмыстарын жүргізу;

– мәдени жайылымдарды суару;

– топырақтың отырғыштығы;

– су ресурстарының қоры шектеулі болған кезінде.

Тамшылатып суару өсімдіктердің тамырларына арнайы микро су ағызғыштар - тамшылар арқылы су беруді жүзеге асырады. Тамшылатып суарудың артықшылықтары - суару режимінің су тұтыну режиміне сәйкестігі; топырақтың құрылымы мен қолайлы ауа режимін сақтауы; топырақты жергілікті ылғалдандыру кезінде суды едәуір үнемдеу (1,5-2 есе); жер асты сулары деңгейінің көтерілу қаупінің жоқтығы; өсімдіктер арасындағы аралықтың ылғалданбауы есебінен арамшөптердің аздығы; қатар аралықтарындағы топырақ өңдеуді азайту және гербицидтерді қолданудан бас тарту; тік беткейлерді суару мүмкіндігі; тыңайтқыштар мен улы химикаттарды суармалы сумен қамтамасыз ету; жер үсті ағыны, топырақ эрозиясы және қоректік заттарды жууының болмауы; жер беті жоспарлауының қажетсіздігі; толық автоматтандыру мүмкіндігі және энергия мен еңбек шығындарын азайту.

Тамшылатып суарудың басты артықшылығы топырақты жергілікті ылғалдандыруда суды айтарлықтай үнемдеу технологиясымен түсіндіріледі. Тамшылатып суару тік беткейлерді суарумен қатар, суару кезінде тыңайтқыштар мен пестицидтерді қолдануға мүмкіндік береді. Тамшылатып суару технологиясын су ресурстары шектеулі, жер бедері күрделі аудандарда, суару әдісінің басқа түрін қолдану қиындығы немесе мүмкін еместігі, тұздану көрсеткіші аз, сонымен қатар суару суының аз минералдануы тіркелген топырақтарда қолдану ұсынылады [41,с. 152].

Кемшіліктері-егістіктің үстіндегі микроклиматты реттеудің мүмкінсіздігі; тек кең қатарлы дақылдарды суаруға мамандандырылуы; суару суын шөгінділерден тазарту қажеттілігінен судың сапасына қойылатын талаптардың жоғарылауы; тамшылатқыштар бойынша судың біркелкі бөлінбеуі; тамшылатқыштардың жетілмегендігі, олардың тұрақсыз жұмысы, жиі бітелуі; кеміргіштердің пластикалық құбырларды зақымдануы және деформациясы; құбырлардың жердегі механикаландырылған жұмыстарға кедергісі; құбырлар құрылысының жоғары құны.

Тамшылатып суару су ресурстары шектеулі, күрделі жер бедері таралған (тау бөктері мен беткейлерінің еңістігі 60⁰-қа дейін, жер беті кедір-бұдыр морфографиядағы), құнарлылығы төмен, гранулометриялық құрамы жеңіл, тасты және эрозияға қауіпті топырақтары бар жерлерде тиімді [42,с. 816].

Тамшылатып суарудың оң агротехникалық қасиеттеріне ылғалдандыру тереңдігін реттеу мүмкіндігі, өсімдіктердің аурулармен зақымдану қаупін азайту, қыртыстың болмауы, соған сәйкес вегетациялық кезеңге сәйкес оңтайлы дозалармен және қоректік заттардың арақатынасы арқылы жоғары өнімділік, тыңайтқыштардың 50%-на дейін үнемдеуді жатқызуға болады [41,с. 152].

Тамшылатып суару басқа суару әдістеріне қарағанда келесі

артықшылықтармен сипатталады:

– Топырақтың қалыпты ылғандануы тамырдың өсу циклінде, сонымен қатар суару кезінде немесе тоқтағаннан кейін қарқынды тыныс алуына септігін тигізеді. Топырақтағы оттегі тамыр жүйесінің қалыпты қызмет етуін қамтамасыз етеді;

– Тамыр жүйесі қалыпты дамығандықтан, негізгі бөлігі тамшылар жиналатын аймақта шоғырланып, тамыр жүйесі талшықты пішінде қалыптасады. Су мен қоректік заттарды қабылдау қарқындылығы артады;

– Еріген тыңайтқыштар суарумен бірге тікелей тамыр аймағына енгізіліп, қоректік заттардың тез және қарқынды сіңуі жүзеге асырылады. Орындалатын әдіс құрғақ климаттық жағдайларда тыңайтқыштарды енгізудің ең тиімді әдісі. Сонымен қатар, тыңайтқыштарды енгізу тіпті атмосфералық жауын-шашынның шамадан тыс түскен жағдайында да мүмкін;

– Жаңбырлатып суаруды қолданған кездегідей өсімдіктердің жапырақтары ылғалданбауы есебінен, аурудың таралу ықтималдығы төмендеп, инсектицидтер мен фунгицидтер жапырақтардан шайылмайды;

– Тамшылатып суару, кезекті суаруды жүргізуге қарамастан, сонымен қатар, маусым бойындағы қатарлар арасындағы топырақ учаскелерінің құрғақтығына, топырақ қабығының болмауына және құрылымының сақталуына байланысты кез келген уақытта топырақты өңдеуге, пестицидтер шашу мен өсімдіктер өнімін жинауға мүмкіндік береді;

– Тамшылатып суару беткейлерде немесе күрделі жер бедерінде орналасқан учаскелерде, арнайы кертпені құрастыру немесе топырақ тасымалдамауды қолданбай-ақ суаруды жүргізуге мүмкіндік береді;

– Тамшылатып суару кезінде суды үнемдеу, жаңбырлату немесе жер үсті суарумен салыстырғанда, 2-3 есе аралығында жүреді. Булану мен инфильтрацияға кететін ылғалдың жоғалу коэффициенті 5%-дан аспайды, ал дәстүрлі суару және бүріккіш машиналармен көрсеткіш 40-50%-ға дейін өзгереді;

– Тамшылатып суару кезінде топырақтың температурасы жаңбырлатудан жоғары болатындықтан, ерте мерзімде өнім алуға мүмкіндік береді;

– Суаруға жұмсалатын еңбек шығындары азаяды;

– Дақылдарды тұздану көрсеткіші аз сумен суаруға және орта тұзды топырақтарда өсіруге мүмкіндік тудырады. Тамшылатып суару кезінде тұздар саңылаулардың жанында қарқынды сілтісіздендірілуі, өсімдіктердің дамуына қатты әсерін тигізбейді. Су мен қоректік заттар топырақтың сілтісіздендірілген аймақтарынан тамыр жүйесінің бір бөлігіне сіңеді;

– Тамшылатып суару көмегімен тыңайтқыштарды енгізу, жоғары өнімділік, шығындардың және өндірістік шығындардың (1,5-2 есеге дейін) өтеліміне қол жеткізуге болады [41, с. 152].

Егіншілік алқаптарын суарудың тиімділігі қолданылатын жүйе және алқаптарды жаңарту деңгейіне байланысты. Әдетте, жартылай құрғақ жерлерде қолданылатын суару түрлеріне тасқынды және арықпен суару жер беті жүйелері, жаңбырлатып және тамшылатып суару сияқты қысымды жүйелер жатады.

Тиімділік тамшылатып суару үшін 90%, жаңбырлату 75% және тасқынды 60% көрсеткіштеріне ие. Жер бетімен суару жүйелерінің төмен тиімділігі терең инфильтрация, топырақтағы булану және тасқынды суару кезіндегі су жоғалтуымен байланысты [96,р. 10055].

Суармалы егіншілік алқаптарын суару әдістері негізінде гидромодульді аудандастыру. Гидромодульдік аудандастыру - жер-су ресурстарын жоғары тиімді пайдалану және ауыл шаруашылығы дақылдарының тұрақты жоғары өнімін алуды қамтамасыз ететін ғылыми негізделген, сараланған суару режимдерін белгілеу мақсатында аумақты таксономиялық бірліктерге бөлу [21,с. 24].

9-суретке сәйкес суармалы егіншілік алқаптарының гидромодульді аудандастыруы келесідей кезеңдерден тұрады:

- 1) суармалы егіншілік алқаптарын векторизациялау;
- 2) векторлық ақпараттың өңделуі;
- 3) растрлық ақпаратты өңдеу;
- 4) алқаптардың деректерін талдау;
- 5) гидромодульді аудандастыру;
- 6) суару әдістерін таңдау;
- 7) нәтижелерді бейнелеу.

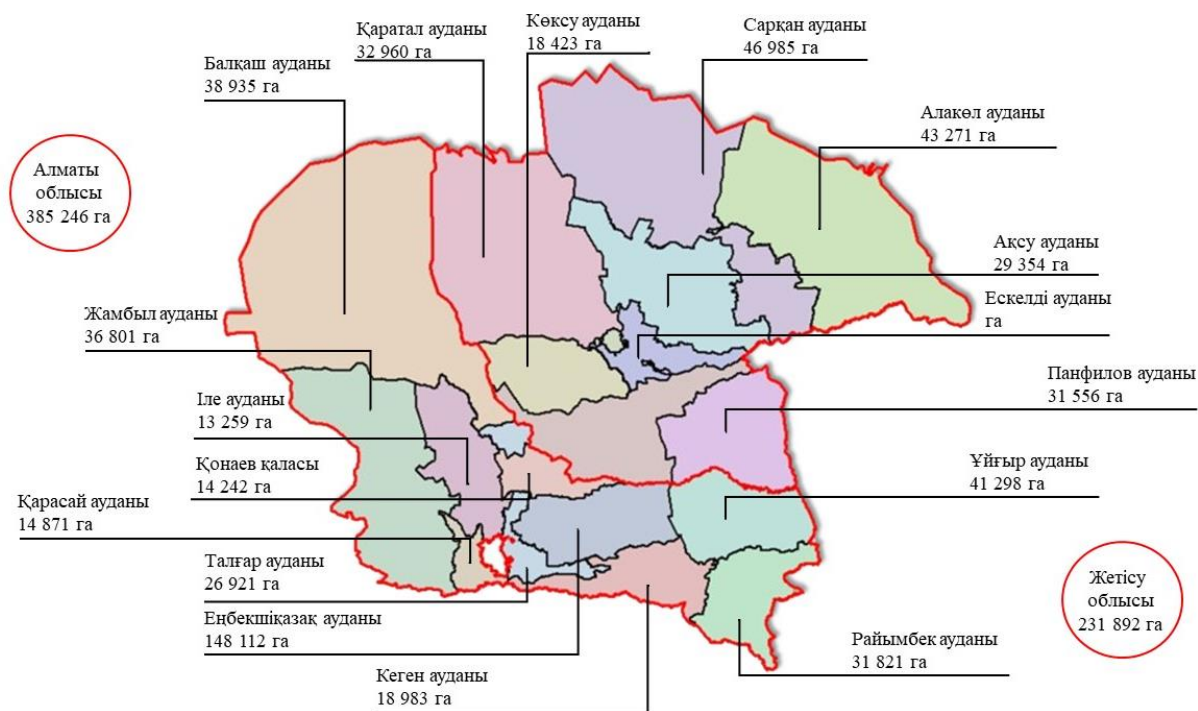


Сурет 9 – Суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульді аудандастырудың алгоритмі

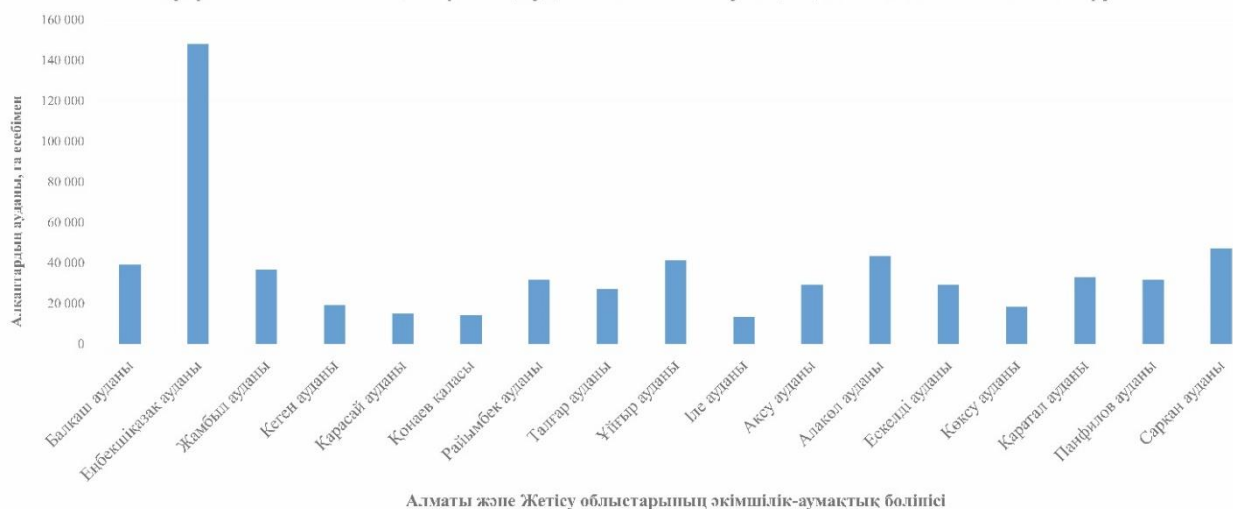
Суармалы егіншілік алқаптарының анықталған шекаралары (сурет 10), Алматы облысы әкімдігінің ұйымдастыруымен құрастырылған, «Комплексная карта земельных угодий Алматинской области» [4,с. 1] атты 1:300 000 масштабтағы (<https://map.e-zhetisu.kz/>, <https://map.almobl.kz/>), сонымен қатар 1:3 000 000 масштабтағы «Казгипроводхоз» институтының «Карты размещения площадей регулярного и лиманного орошения» [5,с. 2] карталарымен сәйкестендірілді. Жер алқаптары картасының ArcGIS 10.6 бағдарламалық жасақтамасында кеңістіктік орны анықталып, суармалы егіншілік алқаптарын

толықтыру жүргізілді.

Суармалы алқаптардың шекараларын анықтау және жердің сандық үлгісін (DEM) құру ғарыштық және радиолокациялық түсірістерді, атап айтқанда Sentinel 2A/2B (<https://www.sentinel-hub.com/>) және Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) деректері.



Суармалы егіншілік алқаптарының ауданын әкімшілік-аумақтық бөлініс бойынша салыстыру



Алматы және Жетісу облыстарының әкімшілік-аумақтық бөлінісі

Сурет 10 – Суармалы егіншілік алқаптарының ғарыштық түсіріс негізінде анықталған аудандарының әкімшілік-аумақтық бірліктер бойынша жіктемесі

Суармалы жерлерді талдау ашық типтегі векторлық файлдар (әкімшілік-аумақтық бөлініс) және векторизацияланған деректер (топырақтың механикалық құрамы және жер асты суларының деңгейі) пайдаланылады. Әкімшілік-аумақтық

деректер ашық көзден (<https://osm-boundaries.com/>) алынды.

«Ө. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия» ғылыми-зерттеу институты мен «География және су қауіпсіздігі» институтының MapInfo форматындағы деректері негізінде зерттеу аймағының топырақ жамылғысы мен механикалық құрылымы талданды.

Жер асты суларының деңгейі 2022 жылғы Жетісу және Алматы облыстарының суармалы жерлерінің мелиорациялық жай-күйі туралы есептің [118,б. 2] көмегімен анықталып, қағаз картаны сканерлеу және кеңістіктік орнын анықтау, есепте көрсетілген статистикалық ақпарат пен метадеректерді өңдеу жолымен анықталды. Жер асты сулары деңгейінің 1970-2023 жылдар аралығындағы Қазақ егіншілік және Өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының еңбектерінен [21,с. 24] алдынды.

Суару әдістері бойынша аумақты гидромодульдік аудандастыру - ресурстарды есепке алу және ұтымды пайдалану мақсатында жеке аймақтарға жіктеудегі табиғи аудандастырудың түрі.

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының ғалымдары әзірленген әдістемеде [21,с. 24] механикалық құрамның қуатына, құрылымына, аэрация қабатындағы топырақтың қосылуына және жер асты суларының тереңдігіне байланысты 9 гидромодульдік аудан шкаласы ұсынылды (кесте 3):

Кесте 3 – Гидромодульді аудандардың топырақ және жер асты суларының тереңдігі бойынша сипаттамасы

Гидромодульді аудан	Топырақ жамылғысының сипаты (топырақтың қуаттылығы және механикалық құрылымы)
Автоморфты топырақтар	
I	Қуаты өте аз (0-0,2 м) және тасты қуаты аз (0,2-0,5 м) сазды, балшықты және құмдақты топырақтар
II	Жартылай қуатты (0,5-1,0 м) малтатас-құмдақты шөгінділердегі саздақ-балшықты, қуатты құмайт және жеңіл саздақты топырақтар
III	Қуатты (1 м және жоғары) жеңіл, орта және ауыр саздақты топырақтар
Жартылай автоморфты топырақтар	
IV	Құмдақты, құмайт, сонымен қатар аз және орта қуатты, саздақты топырақтар
V	Жеңіл және орта саздақты, біртекті, төменге қарай жеңілдетілген ауыр саздақты топырақтар
VI	Біртекті және қабатты ауыр саздақты, балшықты топырақтар
Гидроморфты топырақтар	
VII	Құмдақты, құмайтты, аз және орта қуатты саздақ, балшықты топырақтар
VIII	Біртекті жеңіл және орта саздақты; төменге қарай жеңілдетілген ауыр саздақты топырақтар
IX	Біртекті ауыр саздақты және балшықты; қабатты, әртүрлі механикалық құрылымдағы топырақтар
Ескерту – Дереккөз [21,с. 24]	

3-кестеге сәйкес гидромодулді аудандарды анықтау ыза сулардың тереңдігіне сәйкес жіктеледі:

– автоморфты топырақтар: ыза суларының таралу деңгейі 3 м және одан жоғары;

– жартылай гидроморфты топырақтар: ыза сулары 2-3 м тереңдікте;

– гидроморфты топырақтар: ыза сулары 2 метрге дейінгі тереңдікте таралады.

Облыстардың аумақтарындағы суармалы жерлер әкімшілік-аумақтық бірлік бойынша 9 (I-IX) гидромодулді аудан және суару тәсілдеріне бойынша жіктелді (карта: сурет 11, кесте: Т қосымшасы). Алматы және Жетісу облыстарының жеке әкімшілік бірліктерінің, ірі масштабтағы гидромодулді аудандастыру карталары В және С қосымшаларының арасында көрсетілген.

Гидромодулді аудандардың атрибуттық ақпараты аудан (га), абсолютті биіктік (м), жер бедерінің еңістігі (градус), топырақтың түрі мен механикалық құрамы, су жинау бассейні, вегетациялық кезеңдегі белсенді температураның қосындысы ($^{\circ}\text{C}$), атмосфералық жауын-шашын мөлшері (мм) және гидротермиялық коэффициентінен тұрады. Суару әдістерінің түрін таңдағанда, ең алдымен, топырақтың шайылуын азайту мақсатында жер бедерінің еңістігі есепке алынған: Бастыра суару (0,3-ке дейін); қарықпен суару (1,7-ге дейін); жаңбырлатып суару (1,7-2,9) және тамшылатып суару (2,9-тен көп).



Сурет 11 – Алматы және Жетісу облыстарының гидромодулді аудандастыру картасы

Алматы облысы.

I гидромодульді аудан.

Еңбекшіқазақ ауданы: ауданы - 12 513 га, абсолюттік биіктігі - 494-882, жер бедерінің еңістігі - 0,2-10, топырақ түрлері - таулы қара-қоңыр, шалғынды-шөлді құмдар, әлсіз гумусталған карбонатты, бекітілген түйнек тәрізді, сұр-қоңыр шөлді, қалыпты малтатас және қиыршық-малтатас аллювийінде дамымаған, сұр-қоңыр терең қайнаған және карбонатты, кәдімгі, солтүстік суармалы сұр топырақтар, механикалық құрамы-орташа сазды, орташа сазды малтатас және қиыршық тасты - малтатас, су жинау бассейндері - Іле, Есік, Жарсу, Шілік, Лаварсаз, Түрген және Шыбықты өзендері, белсенді температура сомасы - 2629-4036, жауын-шашын сомасы - 149-470, гидротермиялық коэффициенті - 0,3-1,6.

Кеген ауданы: ауданы - 420 га, абсолюттік биіктігі - 1873, жер бедерінің еңістігі - 1,2, топырақ түрлері – шөлді-далалы құмдар, гумусталған терең қайнаған бұдырлы, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Шарын өзені, белсенді температура сомасы - 2012, жауын-шашын сомасы - 336, гидротермиялық коэффициенті - 1,6.

Райымбек ауданы: ауданы - 28 133 га, абсолютті биіктігі - 1710-2121, жер бедерінің еңістігі - 0,3-7,0, топырақ түрлері – таудың ашық-қоңыр, қара-қоңыр топырақтар, сілтіленген таулы қара топырақ, шалғынды-батпақты тұздалмаған, жайылмалы шалғынды тұздалмаған, қалыпты, карбонатты ашық-қоңыр, қалыпты қара-қоңыр қалыпты және карбонатты топырақтар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, ауыр және орташа саздақты, су жинау бассейндері – Текес, Шарын, Алшынсай, Баянкөл, Дараты, Есекартқан, Көкбел, Өмеке және Сүмбе өзендері, белсенді температура сомасы - 2154-2834, жауын-шашын сомасы - 298-319, гидротермиялық коэффициенті - 1,0-1,4.

Ұйғыр ауданы: ауданы - 7 044 га, абсолютті биіктігі - 1158-1500, жер бедерінің еңістігі - 1,1-8,1, топырақ түрлері - таудың ашық қоңыр, таудың қара-қоңыр, қалыпты ашық-қоңыр карбонатты, ксероморфты ашық-қоңыр, механикалық құрамы - орташа сазды, орташа сазды қиыршық тасты, су жинау бассейндері- Іле, Жінішкесай, Қазышбұлақсай, Қалжат, Қарасай, Кепебұлақсай, Кіші Кетпенсай, Подгорная, Тииреен, Шошансай және Үлкен Ақсу өзендері, белсенді температура сомасы - 3136-3289, жауын - шашын сомасы - 254-304, гидротермиялық коэффициенті-0,7-0,9.

II гидромодульді аудан.

Еңбекшіқазақ ауданы: ауданы - 32 910 га, абсолюттік биіктігі - 556-1088, жер бедерінің еңістігі - 0,4-6,9, топырақ түрлері – шөлдің суармалы қоңыр, шөлді сортаңданбаған сұр-қоңыр, кәдімгі, солтүстік ксероморфты сұр топырақты, қара-қоңыр терең қайнаған және қалыпты, механикалық құрамы - орташа сазды, орташа сазды қиыршық тасты және малтатасты, орташа сазды қиыршық тасты, су жинау бассейндері - Іле, Ашықсай, Балтабай, Есік, Жарсу, Қаратұрық, Киікбай, Шелек, Лаварсаз және Шыбықты өзендері, белсенді температура сомасы - 2654-4054, жауын-шашын сомасы - 147-486, гидротермиялық коэффициенті - 0,3-1,7.

Жамбыл ауданы: ауданы - 6 056 га, абсолюттік биіктігі - 590-658, жер

бедерінің еңістігі - 0,7-2,3, топырақ түрлері - қарапайым солтүстік қалыпты сұр топырақтар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, су жинау бассейндері - Күрті өзені, белсенді температура сомасы - 3214-3326, жауын - шашын сомасы - 295-326, гидротермиялық коэффициенті-0,8-1,0.

Талғар ауданы: ауданы – 69 га, абсолюттік биіктігі - 759-862, жер бедерінің еңістігі - 0,8-2,5, топырақ түрлері - қара-қоңыр терең қайнаған топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды малтатас және қиыршық тас-малтатас, су жинау бассейндері - Есік өзендері, Белсенді температура сомасы - 2653-2752, жауын-шашын сомасы - 478-498, гидротермиялық коэффициент - 1,7-1,8.

Ұйғыр ауданы: ауданы - 6 598 га, абсолютті биіктігі - 634-1257, жер бедерінің еңістігі - 0,7-9,2, топырақ түрлері – шөлдің ксероморфты және қалыпты қоңыр топырақтар, шөлдің сортаңданбаған сұр-қоңыр, механикалық құрамы - орташа сазды, орташа сазды қиыршық тасты және қиыршық тасты-малтатасты, су жинау бассейндері - Іле, Амангелдісай, Дартамты, Долаттысай, Жінішкесай, Қазашыбұлақсай, Қалжат, Қарасай, Кепебұлақсай, Кіші Ашыналықөлсай, Қызбұлақ, Пияздық, Подгорная, Тииреен, Үлкен Кетпенсай, Шарын, Шошансай және Үлкен Ақсу өзендері, белсенді температура сомасы-3003-3603, жауын-шашын сомасы - 226-307, гидротермиялық коэффициенті-0,6-1,0.

III гидромодульді аудан.

Қонаев қалалық әкімшілігі: ауданы - 82 га, абсолюттік биіктігі - 497-504, жер бедерінің еңістігі - 1,1-1,4, топырақ типтері – сортаңданбаған шалғынның топырақтары, механикалық құрамы - жеңіл сазды, су жинайтын бассейндер – Іле және Қаскелең өзендері, белсенді температура сомасы - 3513-3612, жауын - шашын сомасы-188-218, гидротермиялық коэффициент-0,5-0,6.

Еңбекшіқазақ ауданы: ауданы - 34 188 га, абсолюттік биіктігі - 539-1069, жер бедерінің еңістігі - 0,1-7,7, топырақ түрлері - таулы даланың қара топырақтары (қарапайым және оңтүстік), шалғынның сортаңданбаған, жайылмалы сұр топырақтары, шөлдің суармалы сұр-қоңыр, қалыпты сұр-қоңыр карбонатты, оңтүстік терең қайнайтын қара топырақтар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды, орташа сазды малтатас және қиыршық тас-малтатас, су жинау бассейндері - Іле, Ашықсай, Балтабай, Есік, Жарсу, Киікбай, Шелек, Лаварсаз, Манап, Түрген және Шыбықты өзендері, белсенді температура сомасы-2654-4023, жауын - шашын сомасы - 150-486, гидротермиялық коэффициенті-0,3-1,7.

Жамбыл ауданы: ауданы - 8 239 га, абсолюттік биіктігі - 649-1106, жер бедерінің еңістігі - 0,3-6,7, топырақ түрлері – шалғынның қоңыр және сұр-қоңыр, шалғынның сортаңданбаған, қалыпты және карбонатты қара-қоңыр, оңтүстік қалыпты және карбонатты қара топырақ, механикалық құрамы - орташа сазды, су жиналатын бассейндер – Күрті және Қаскелең өзендері, белсенді температура сомасы - 3092-3584, жауын-шашын сомасы - 225-360, гидротермиялық коэффициенті - 0,6-1,1.

Іле ауданы: ауданы - 2 506 га, абсолюттік биіктігі - 432-678, жер бедерінің еңістігі - 0,5-1,8, топырақ типтері – шалғынның сортаңданбаған топырақтары, механикалық құрамы – орта сазды, су жинау бассейндері - Іле, Есік және

Қаскелең өзендері, белсенді температура сомасы - 2820-3534, жауын-шашын сомасы-210-480, гидротермиялық коэффициент - 0,5-1,6.

Қарасай ауданы: ауданы - 3 935 га, абсолютті биіктігі - 668-1118, жер бедерінің еңістігі - 0,4-18,9, топырақ түрлері – шалғынның қоңыр және сұр-қоңыр, шалғынның сортаңданбаған топырақтары, оңтүстік қалыпты және карбонатты қара топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинау бассейндері - Қаскелең өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 2667-3069, жауын - шашын мөлшері-380-537, гидротермиялық коэффициенті-1,2-1,9.

Кеген ауданы: ауданы - 4 501, абсолютті биіктігі - 1844-1933, жер бедерінің еңістігі - 1,2-2,1, топырақ түрлері – қалыпты арапайым қара топырақтар, оңтүстік қалыпты және карбонатты қара топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинау бассейндері - Шарын өзені, белсенді температураның қосындысы - 2060-2203, жауын - шашын мөлшері - 337-347, гидротермиялық коэффициент-1,5 -1,6.

Райымбек ауданы: ауданы - 2 775 га, абсолютті биіктігі - 1826-2405, жер бедерінің еңістігі - 0,9-5,3, топырақ түрлері - таулы даланың қара топырақтар (қарапайым және оңтүстік), шалғынның қоңыр және сұр-қоңыр, қалыпты қара топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Алшынсай, Орта Қақпақ, Текес және Шарын өзендері, белсенді температура сомасы - 2210-2841, жауын-шашын сомасы - 290-326, гидротермиялық коэффициенті - 1,0-1,4.

Талғар ауданы: ауданы - 4 928 га, абсолютті биіктігі - 495-1409 , жер бедерінің еңістігі - 0,7-6,8, топырақ түрлері - таулы даланың қара топырақтар (қарапайым және оңтүстік), сортаңданбаған шалғынды топырақтар, қалыпты сілтіленген қара топырақтар, оңтүстік терең қайнаған қара топырақтар, оңтүстік қалыпты және карбонатты қара топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды малтатас және қиыршық тас-малтатас, орташа сазды, су жинау бассейндері – Есік және Қаскелең өзендері, белсенді температуралардың қосындысы - 2399-3462, жауын - шашын мөлшері - 235-547, гидротермиялық коэффициенті-0,6-2,2.

Ұйғыр ауданы: ауданы - 10 164 га, абсолютті биіктігі - 543-737, жер бедерінің еңістігі - 0,4-4,1, топырақ түрлері - шөлдің суармалы сұр-қоңыр топырақтары, механикалық құрамы - орташа сазды, орташа сазды қиыршық тасты және қиыршық тасты-малтатасты, су жинау бассейндері – Іле, Амангелдісай, Дартамты, Жіңішкесай, Қазашыбұлақсай, Қарасай, Кепебұлақсай, Кіші Кетпенсай, Қызбұлақ, Пияздық, Подгорная, Тииреен, Үлкен Кетпенсай, Шарын, Шонтарсай, Шошансай, Үлкен Ақсу өзендері, белсенді температура сомасы-3155-3603, жауын-шашын сомасы - 226-287, гидротермиялық коэффициенті-0,6-0,9.

IV гидромодульді аудан.

Еңбекшіқазақ ауданы: ауданы - 52 212 га, абсолюттік биіктігі - 507-1274, жер бедерінің еңістігі - 0,4-9,3, топырақ түрлері - сілтіленген таудың қара топырақтары, сортаңды және сорлы шалғынның топырақтары, сортаңданбаған шалғынның карбонатты топырақтары, қалыпты сұр-қоңыр карбонатты, солтүстік қалыпты, кәдімгі сұр топырақтар, қара-қоңыр қалыпты және

карбонатты топырақтар, механикалық құрамы – жеңіл, орта және ауыр сазды, су жинау бассейндері - Іле, Ашықсай, Балтабай, Есік, Жарсу, Манап, Түрген және Шыбықты өзендері, белсенді температура сомасы-2573-3510, жауын - шашын сомасы - 228-477, гидротермиялық коэффициенті-0,6-1,7.

Жамбыл ауданы: ауданы - 9 221 га, абсолюттік биіктігі - 449-1037, жер бедерінің көлбеуі - 0,4-4,7, топырақ түрлері - шалғынды-сұрғылт сортаңды және сортаңды-сорлы, шалғынды карбонатты сортаңданбаған, сұр-қоңыр карбонатты қалыпты, солтүстік қалыпты кәдімгі сұр, қалыпты және карбонатты қара-қоңыр, механикалық құрамы - сазды, орта сазды, құмды сазды, ауыр сазды, су жинайтын бассейндер - Күрті өзені, белсенді температура сомасы - 3079-4021, жауын - шашын сомасы-156-372, гидротермиялық коэффициенті-0,3-1,1.

Іле ауданы: ауданы - 9 008 га, абсолюттік биіктігі - 505-680, жер бедерінің еңістігі - 0,3-3,5, топырақ түрлері - солтүстік қалыпты, қарапайым сұр, шалғынның карбонатты сортаңданбаған, шалғынның сортаң және сортаңды-сорлы сұр топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Қаскелең өзені, белсенді температура - 2833-341, сомасы жауын - шашын-249-491, гидротермиялық коэффициенті-0,7-1,7.

Қарасай ауданы: ауданы - 10 935 га, абсолюттік биіктігі - 642-1000, жер бедерінің еңістігі - 0,3-6,4, топырақ түрлері - шалғынның карбонатты сортаңданбаған, солтүстік қалыпты сұр, қара-қоңыр қалыпты және карбонатты, механикалық құрамы-орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Қаскелең өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 2660-3168, жауын - шашын мөлшері - 358-533, гидротермиялық коэффициент-1,1-1,9.

Кеген ауданы: ауданы - 9 913, абсолюттік биіктігі - 1476-1939, жер бедерінің еңістігі - 1,0-2,5, топырақ түрлері - сілтіленген таулы қара топырақтар, сортаңданбаған шалғынды карбонатты, қалыпты ашық-қоңыр карбонатты, қара-қоңыр қалыпты және карбонатты, механикалық құрамы-орташа сазды, орташа сазды қиыршық тасты, су жиналатын бассейндер-Шарын және Құр Шілік, белсенді температураның қосындысы - 1951-2436, жауын - шашынның қосындысы-330-407, гидротермиялық коэффициенті-1,4-1,7.

Райымбек ауданы: ауданы – 831 га, абсолюттік биіктігі - 1810-2148, жер бедерінің еңістігі - 1,0-3,5, топырақ түрлері - шалғынды карбонатты сортаңданбаған, қалыпты ашық-қоңыр карбонатты, қалыпты қара-қоңыр және карбонатты, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Көкбел өзені, Текес өзені, Шарын өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 2311-2804, жауын-шашын мөлшері-297-329, гидротермиялық коэффициент - 1,0-1,4.

Талғар ауданы: ауданы - 19 279 га, абсолюттік биіктігі - 495-1167, жер бедерінің көлбеуі - 0,4-12,1, топырақ түрлері - сілтіленген таулы қара топырақтар, шалғынның сортаңды және сортаңды-сорлы, қалыпты, карбонатты сұр-қоңыр, кәдімгі сұр, қара-қоңыр қалыпты және карбонатты топырақтары, механикалық құрамы - орташа сазды, орташа сазды қиыршық тасты және қиыршық тасты-малтатасты, су жинау бассейндері - Есік және Қаскелең өзендері, белсенді температураның қосындысы-2408-3258, жауын-шашын

мөлшері-289-538, гидротермиялық коэффициенті - 0,8-2,2.

Ұйғыр ауданы: ауданы – 531 га, абсолюттік биіктігі - 689-719, жер бедерінің еңістігі - 0,4-2,2, топырақ түрлері - сұр-қоңыр шөлді малтатас және қиыршық тасты аллювийде аз дамыған топырақтар, механикалық құрамы-орташа сазды малтатас және қиыршық тасты малтатас, су жинау бассейндері – Подгорная және Шошансай өзендері, белсенді температуралардың қосындысы-3164-3199, жауын-шашын мөлшері-284-289, гидротермиялық коэффициенті - 0,8-0,9.

V гидромодульді аудан.

Қонаев қалалық әкімшілігі: ауданы - 14 159 га абсолютті биіктігі - 479-610, жер бедерінің еңістігі - 0,4-5,0, топырақ түрлері - шөлдің қалыпты қоңыр, сұр және солтүстік суармалы сұр топырақтары, механикалық құрамы - орташа сазды, жеңіл сазды қиыршық тасты және малтатасты, жеңіл сазды, су жиналатын бассейндер-Іле, Ақтасқал, Қаскелең,, Моншасай, Томартас және Шенгелді өзендері, белсенді температуралардың қосындысы - 3258-3599, жауын - шашын мөлшері - 192-281, гидротермиялық коэффициенті - 0,5-0,8.

Балқаш ауданы: ауданы-141 га, абсолютті биіктігі - 411-414, жер бедерінің еңістігі- 0-0,2, топырақ типтері- солтүстік қалыпты сұр, механикалық құрамы - жеңіл саздақ, су жинау бассейндері - Іле өзені, белсенді температура сомасы - 3801-3804, жауын-шашын сомасы - 179-181, гидротермиялық коэффициенті-0,4.

Еңбекшіқазақ ауданы: ауданы - 12 559 га, абсолюттік биіктігі - 489-686, жер бедерінің еңістігі - 0,7-3,1, топырақ түрлері - шалғынды-батпақты сортаңды, шалғынды сортаңды, қалыпты карбонатты сұр-қоңыр, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Іле, Балтабай, Есік, Шелек, Лаварсаз, Манап, Турген және Шыбықты өзендері, белсенді температура сомасы-2907-4023, жауын-шашын сомасы - 150-418, гидротермиялық коэффициенті - 0,3-1,4.

Жамбыл ауданы: ауданы - 12 366 га, абсолюттік биіктігі - 438-582, жер бедерінің еңістігі - 0,2-2,1, топырақ түрлері - жеңіл солтүстік гипстік сұр топырақтар, жеңіл солтүстік қалыпты сұр топырақтар, механикалық құрамы - жеңіл сазды , су жинау бассейндері – Іле және Күрті өзендері, белсенді температура сомасы - 3574-4062, жауын-шашын сомасы - 148-247, гидротермиялық коэффициент - 0,3-0,7.

Іле ауданы: ауданы-1 218 га, абсолюттік биіктігі - 515-634, жер бедерінің еңістігі-0,8-2,1, топырақ түрлері - шалғынның сортаңды топырақтары, механикалық құрамы- орташа сазды, су жинау бассейндері - Қаскелең өзені, белсенді температура сомасы - 2902-3428, жауын - шашын сомасы - 247-452, гидротермиялық коэффициенті-0,7-1,5.

Кеген ауданы: ауданы - 4 046, абсолюттік биіктігі - 1468-1516, жер бедерінің еңістігі - 1,1-2,1, топырақ түрлері – қалыпты карбонатты ашық-қоңыр, механикалық құрамы- орташа сазды, су жинау бассейндері – Шарын және Шілік өзендері, белсенді температура сомасы - 2420-2430, жауын - шашын сомасы - 397-406, гидротермиялық коэффициент - 1,6.

Райымбек ауданы: ауданы – 81 га, абсолюттік биіктігі - 1920-1962, жер бедерінің еңістігі - 1,6-6,0, топырақ түрлері - шалғынды сортаңды, таулы кара-

қоңыр, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Шарын өзені, белсенді температура сомасы - 2454-2684, жауын - шашын сомасы - 309-322, гидротермиялық коэффициент-1,1-1,3.

Талғар ауданы: ауданы - 2 862 га, абсолюттік биіктігі - 486-537, жер бедерінің еңістігі - 0,5-1,8, топырақ түрлері - шалғынды сортаңды топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды, ауыр сазды, су жинау бассейндері - Есік өз, белсенді температура сомасы - 3021-3462, жауын - шашын сомасы - 234-371, гидротермиялық коэффициенті-0,6-1,2.

Ұйғыр ауданы: ауданы - 11 210 га, абсолюттік биіктігі - 513-767, жер бедерінің еңістігі - 0,4-3,7, топырақ түрлері - шалғынды сортаңданбаған, шөлдің сұр-қоңыр малтатасты және қиыршық тасты-малтатасты аллювийде дамымаған топырақтар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды, су жинайтын бассейндер – Жіңішкесай, Іле, Шарын және Үлкен Ақсу өзендері, белсенді температура сомасы-3185-3719, жауын-шашын сомасы - 215-292, гидротермиялық коэффициент-0,5-0,9.

VI гидромодульді аудан.

Балқаш ауданы: ауданы – 1 021 га, абсолюттік биіктігі - 388-417, жер бедерінің еңістігі - 0-2,1, топырақ типтері - жайылмалы шалғынды сортаң, жайылмалы әлсіз гумусталған карбонатты бекітілген топырақтар, механикалық құрамы - құмды, жеңіл саздақтар, құмдақтар мен құмайт, су жинау бассейндері-Іле өзені, белсенді температура - 3735-3918, жауын - шашын мөлшері - 108-188, гидротермиялық коэффициенті-0,2-0,5.

Жамбыл ауданы: ауданы – 917 га, абсолюттік биіктігі - 585-621, жер бедерінің еңістігі - 0,7-1,6, топырақ түрлері - әлсіз гумусталған карбонатты, бекітілген жазықты құмдар, механикалық құрамы - құмды, су жинау бассейндері - Күрті өзені, белсенді температура сомасы - 3254-3326, жауын - шашын сомасы - 295-214, гидротермиялық коэффициент-0,8-0,9.

Кеген ауданы: ауданы - 102, абсолюттік биіктігі - 1859-1898, жер бедерінің еңістігі - 1,3-2,0, топырақ түрлері - жайылмалы шалғынды сортаңдабаған, механикалық құрамы - ауыр және орташа саздақтар, су жинау бассейндері - Шарын өзені, белсенді температура сомасы - 2056-227, жауын - шашын сомасы - 330-337, гидротермиялық коэффициент-1,4-1,6.

Ұйғыр ауданы: ауданы - 2 804 га, абсолюттік биіктігі - 515-610, жер бедерінің еңістігі - 0,7-3,1, топырақ типтері - сұр-қоңыр шөлді гипстік, жайылмалы шалғынды сортаң топырақтар, механикалық құрамы - ауыр және орташа саздақтар, ауыр саздақ, су жинау бассейндері - Шарын өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 3243-3487, сомасы жауын - шашын-240-272, гидротермиялық коэффициенті-0,9-1,5.

VII гидромодульді аудан.

Балқаш ауданы: ауданы – 19 299 га, абсолюттік биіктігі - 379-413, жер бедерінің еңістігі - 0-2,9, топырақ түрлері - такыр тәрізді сортаңдар, жайылмалы шалғынды, әлсіз гумусталған карбонатты бекітілген жоталы-бұдырлы шөлді құмдар, гумус белгілері бар шөлді карбонатты әлсіз бекітілген топырақтар, механикалық құрамы-құмды сазды, қабатты жеңіл саздақтар, құмды саздақтар

мен құмдар, құмайты, су жинайтын бассейндер - Іле өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 3780-3926, жауын - шашынның қосындысы - 104-181, гидротермиялық коэффициент - 0,8.

VIII гидромодульді аудан.

Балқаш ауданы: ауданы-18 471 га, абсолютті биіктігі - 385-417, жер бедерінің еңістігі - 0-3,1, топырақ типтері - мезгілді су басатын күріш алқаптары, қайталама сортаңды батпақтар, тақыр тәрізді сортаңды батпақтар, механикалық құрамы - жеңіл және орта сазды, су жинау бассейндері - Іле өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 3735-3927, жауын-шашын мөлшері-104-188, гидротермиялық коэффициент - 0,2-0,5.

Еңбекшіқазақ ауданы: ауданы – 139 га, абсолюттік биіктігі - 495-585, жер бедерінің еңістігі – 0,8-2,2, топырақ түрлері - сұр-қоңыр шөлді сортаңданбаған, гидроморфты сортаңды сазды, механикалық құрамы – орта сазды, су жинайтын бассейндер - Іле және Шілік өзендері, белсенді температура сомасы - 3128-3538, жауын - шашын сомасы-209-325, гидротермиялық коэффициент-0,5-1,0.

Іле ауданы: ауданы - 117 га, абсолюттік биіктігі-535-542, жер бедерінің еңістігі-0,4-1,4, топырақ түрлері-шалғынды сортаңдар, механикалық құрамы-орта сазды, су жинау бассейндері-Қаскелең өзені, белсенді температура сомасы-3157-3167, жауын - шашын сомасы - 330-332, гидротермиялық коэффициенті-1,0.

Талғар ауданы: ауданы – 258 га, абсолюттік биіктігі - 511-593, жер бедерінің еңістігі-0,9-1,3, топырақ түрлері-шалғынды сортаңдар, механикалық құрамы-орта сазды, су жинау бассейндері-Есік және Қаскелең өзендері, белсенді температура сомасы - 2870-3240, жауын-шашын сомасы-302-436, гидротермиялық коэффициент – 0,9.

Ұйғыр ауданы: ауданы - 2 944 га, абсолютті биіктігі - 511-629, жер бедерінің еңістігі - 0,6-5,0, топырақ түрлері - шалғынды сортаңдар, тақыр тәрізді сортаңдар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды, ауыр сазды, су жинау бассейндері – Іле, Дартамты, Подгорная, Шарын, Шонтартассай және Үлкен Ақсу өзендері, белсенді температура сомасы- 3242-3719, жауын-шашын сомасы - 215-277, гидротермиялық коэффициенті- 0,5-0,8.

IX гидромодульді аудан.

Еңбекшіқазақ ауданы: ауданы - 3 538 га, абсолюттік биіктігі - 525-581, жер бедерінің еңістігі - 0,6-2,3, топырақ түрлері - қарапайым сортаңдар, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинау бассейндері - Іле, Балтабай, Есік және Манап өзендері, белсенді температура сомасы - 2953-3040, жауын - шашын сомасы-355-392, гидротермиялық коэффициент - 1,1-1,3.

Жетісу облысы.

I гидромодульді аудан.

Ақсу ауданы: ауданы-201, абсолюттік биіктігі - 579-619, жер бедерінің еңістігі- 0,9-1,6, топырақ типтері - малтатастар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, су жинау бассейндері - Ақсу өзені, белсенді температура сомасы - 3354-3357, жауын-шашын сомасы- 291-293, гидротермиялық коэффициенті- 0,8.

Алакөл ауданы: ауданы - 5 707 га, абсолюттік биіктігі - 358-567, жер

бедерінің еңістігі - 0,2-3,5, топырақ түрлері - шөлдің ксероморфты қоңыр, шөл малтатас және қиыршық тас-малтатас аллювийінде және дамымаған қоңыр, шөлдің қалыпты қоңыр топырақтары, механикалық құрамы - жеңіл сазды, жеңіл сазды малтатас және қиыршық тас-малтатас, су жинау бассейндері - Жаманты, Қамысмола, Тентек, Үлкен Сенгерлі өзендері, белсенді температура сомасы - 3419-3617, жауын - шашын сомасы - 123-187, гидротермиялық коэффициенті - 0,3-0,5.

Ескелді ауданы: ауданы – 264 га, абсолюттік биіктігі - 606-621, жер бедерінің еңістігі- 1,2-2,2, топырақ түрлері - Малтатастар, механикалық құрамы- жеңіл сазды, су жинау бассейндері- Қаратал өзені, белсенді температура сомасы- 3568-3572, жауын - шашын сомасы - 234-235, гидротермиялық коэффициенті- 0,6.

Панфилов ауданы: ауданы – 221 га, абсолютті биіктігі - 556-1063, жер бедерінің еңістігі - 1,1-4,0, топырақ түрлері - шөлдің қоңыр, қиыршық тасты элювийде және тығыз тау жыныстарының элювиаль-делювийінде дамымаған, сұр-қоңыр шөлді гипс, сұр-қоңыр шөл, қиыршық тасты және қиыршық тасты-қиыршық тасты жерлерде дамымаған аллювий, механикалық құрамы - орташа сазды, орташа сазды малтатас және қиыршық тасты-малтатас, су жинау бассейндері- Іле өзені, белсенді температуралардың қосындысы- 3956-4888, жауын - шашын мөлшері- 101-203, гидротермиялық коэффициенті - 0,2-0,5.

Сарқан ауданы: ауданы-513 га, абсолютті биіктігі - 565-649, жер бедерінің еңістігі-0,9 - 1,5, топырақ типтері - малтатастар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, су жинау бассейндері - Лепсі өзені, белсенді температураның қосындысы - 2851-2979, жауын - шашын мөлшері-319-341, гидротермиялық коэффициенті- 1,0-1,1.

II гидромодульді аудан.

Ақсу ауданы: ауданы-291 га, абсолюттік биіктігі - 1044-1303, жер бедерінің еңістігі - 1,5-1,8, топырақ түрлері - карбонатты қалыпты сұр-қоңыр, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды қиыршық тасты, су жинайтын бассейндер - Қызылағаш өзені, белсенді температура сомасы-3323-3392, жауын-шашын сомасы - 284-323, гидротермиялық коэффициенті-0,8-0,9.

Алакөл ауданы: ауданы – 628 га, абсолютті биіктігі - 393-619, жер бедерінің еңістігі - 0,9-2,9, топырақ түрлері - тау сұр-қоңыр, карбонатты қалыпты сұр-қоңыр, сұр ашық қара қоңыр, механикалық құрамы - жеңіл сазды, жеңіл сазды қиыршық тасты және қиыршық тасты, орташа сазды, су жинау бассейндері - Еспенбет, Тентек, Жайпақ, белсенді температура сомасы-3257-3604, жауын - шашын сомасы - 127-239, гидротермиялық коэффициент-0,3-0,7.

Ескелді ауданы: ауданы – 110 га, абсолюттік биіктігі - 708-803, жер бедерінің еңістігі - 3,2-5,0, топырақ түрлері - қалыпты карбонатты сұр-қоңыр, механикалық құрамы - жеңіл сазды, су жинау бассейндері - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы - 3551-3577, жауын - шашын сомасы - 230-236, гидротермиялық коэффициент-0,6.

Қаратал ауданы: ауданы – 103 га, абсолютті биіктігі - 871-889, жер бедерінің еңістігі - 1,8-2,5, топырақ түрлері - тау сұр-қоңыр, қалыпты карбонатты

сұр-қоңыр, механикалық құрамы - жеңіл сазды қиыршық тасты, орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы - 3593, жауын-шашын мөлшері-207, гидротермиялық коэффициент - 0,5.

III гидромодульді аудан.

Ақсу ауданы: ауданы-122 га, абсолюттік биіктігі - 1219-1292, жер бедерінің еңістігі - 3,1-3,2, топырақ түрлері - қара-қоңыр таулары, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинау бассейндері - Ақсу өзені, белсенді температура сомасы - 3337, жауын - шашын сомасы - 314, гидротермиялық коэффициенті-0,9.

Ескелді ауданы: ауданы – 12 га, абсолюттік биіктігі - 940, жер бедерінің еңістігі - 1,6, топырақ түрлері-далалық таулы қара топырақтар (қарапайым және оңтүстік), механикалық құрамы-орташа сазды, су жинайтын бассейндер-Қаратал өзені, белсенді температура сомасы-3338, жауын - шашын сомасы - 272, гидротермиялық коэффициенті-0,8.

Сарқан ауданы: ауданы-432 га, абсолютті биіктігі-794-868, жер бедерінің еңістігі- 1,4-1,9, топырақ түрлері-таулы қара қоңыр, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Лепсі өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 3259-3333, жауын - шашын мөлшері - 297-304, гидротермиялық коэффициенті-0,8-0,9.

IV гидромодульді аудан.

Ақсу ауданы: ауданы - 2 606 га, абсолюттік биіктігі - 660-1257, жер бедерінің еңістігі - 0,8-4,4, топырақ түрлері - қалыпты карбонатты сұр-қоңыр, қара-қоңыр қалыпты және карбонатты, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинау бассейндері – Ақсу және Қызылағаш өзені, белсенді температура сомасы - 3337-3379, жауын-шашын - 293-314, гидротермиялық коэффициенті-0,8-0,9.

Алакөл ауданы: ауданы-195 га, абсолютті биіктігі - 424-741, жер бедерінің еңістігі - 1,2-3,3, топырақ түрлері - гумус белгілері бар шөлді құмдар, әлсіз бекітілген жоталы карбонатты, сұр-қоңыр карбонатты қалыпты, механикалық құрамы - құмды, құмайт, су жинайтын бассейндер - Тентек өзені, белсенді температуралардың қосындысы - 3293-3343, жауын - шашын мөлшері-211-249, гидротермиялық коэффициент-0,6-0,7.

Ескелді ауданы: ауданы - 8 067 га, абсолюттік биіктігі - 726-959, жер бедерінің еңістігі-0-4, 6, топырақ түрлері - шалғынды-қоңыр және шалғынды-сұр- қоңыр, қалыпты карбонатты сұр-қоңыр, қалыпты және карбонатты қара-қоңыр, механикалық құрамы - орташа сазды, ауыр және орташа саздақ басым қабатты, су жинау бассейндері-Қаратал өзені, белсенді температура сомасы-3338-3516, жауын-шашын сомасы - 239-274, гидротермиялық коэффициенті-0,6-0,8.

Қаратал ауданы: ауданы - 13 604 га, абсолютті биіктігі - 413-449, жер бедерінің еңістігі - 0,3-2,4, топырақ түрлері - шалғынды-батпақты сортаңды, шалғынды-шөлді құмдар, әлсіз гумусталған карбонатты бекітілген, жеңіл солтүстік сұр қалыпты, механикалық құрамы - құмды, орташа сазды, құмды сазды, су жинау бассейндері-Қаратал өзені, белсенді температура сомасы-3611-3678, жауын - шашын сомасы - 144-185, гидротермиялық коэффициенті-0,3-0,5.

Көксу ауданы: ауданы - 1 609 га, абсолюттік биіктігі - 456-657, жер бедерінің

еңістігі - 0,3-3,4, топырақ түрлері - солтүстік қалыпты сұр, қарапайым солтүстік таудың сұр, механикалық құрамы - орташа сазды, құмды сазды, су жинау бассейндері - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы-3470-3591, жауын - шашын сомасы-188-235, гидротермиялық коэффициент-0,5-0,6.

Панфилов ауданы: ауданы – 41 га, абсолютті биіктігі - 533-739, жер бедерінің еңістігі - 1,4-5,3, топырақ типтері - қоңыр, қиыршық тасты элювийде және тығыз жыныстардың элювиаль-делювийінде дамымаған, шалғынды-шөлді құмдар, әлсіз гумусталған карбонатты бекітілген топырақтар, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинау бассейндері - Іле, белсенді температуралардың қосындысы - 3969-5169, жауын - шашын мөлшері-67-200, гидротермиялық коэффициенті-0,1-0,5.

Сарқан ауданы: ауданы - 23 987 га, абсолютті биіктігі - 535-880, жер бедерінің еңістігі - 0,6-8,2, топырақ түрлері - шалғынды-сұрғылт сортаңды және сортаңды-сорлы, сұр-қоңыр карбонатты, қара-қоңыр қалыпты және карбонатты топырақтар, механикалық құрамы - құмды, орташа сазды, құмды сазды, су жинау бассейндері - Ақсу өзені және Лепсі өзендері, белсенді температураның қосындысы-2995-3400, жауын-шашынның қосындысы - 291-318, гидротермиялық коэффициенті-0,8-1,0.

V гидромодульді аудан.

Ақсу ауданы: ауданы - 26 016 га, абсолюттік биіктігі - 435-668, жер бедерінің еңістігі - 0,3-2,7, топырақ типтері – шалғынды сортаңданбаған, шалғынды сортаңды және сортаң-сорлы, шалғынды карбонатты сортаңданбаған, жайылмалы шалғынды сортаңды, қарапайым молтүстік қалыпты, механикалық құрамы - жеңіл сазды, су жинайтын бассейндер- Ақсу, Қызылағаш, Лепс өзендері, белсенді температура сомасы-3291-3496, жауын-шашын сомасы - 237-297, гидротермиялық коэффициенті-0,6-0,9.

Алакөл ауданы: аумағы - 39 746 га, абсолютті биіктігі - 366-514, жер бедерінің еңістігі - 0,2-4,0, топырақ түрлері – шөлдің қоңыр қалыпты, шалғынды-сортаңданбаған, шалғынды-сортаңданбаған батпақты, кәдімгі солтүстік қалыпты сұр, солтүстік қалыпты сұр, жартылай гидроморфты сортаңды батпақты және батпақты сортаңдар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, жеңіл сазды малтатас және қиыршық тасты, орташа сазды, су жинау бассейндері Жайпақ, Тентек, Қамысмола, Еспенбет өзендері, белсенді температуралардың қосындысы-3274-3613, жауын - шашын мөлшері-124-257, гидротермиялық коэффициенті - 0,3-0,7.

Ескелді ауданы: ауданы - 20 303 га, абсолюттік биіктігі - 510-740, жер бедерінің еңістігі - 0-3,9, топырақ типтері - шалғынды, қарапайым солтүстік қалыпты сұр, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы - 3491-3581, жауын - шашын сомасы-215-239, гидротермиялық коэффициент - 0,6.

Қаратал ауданы: ауданы - 4 675 га, абсолютті биіктігі - 416-534, жер бедерінің еңістігі - 0,1-3,1, топырақ типтері - шалғынды-батпақты, шалғынды сұр, шалғынды-сортаңды, жайылмалы шалғынды-сортаңбаған, солтүстік қалыпты сұр жеңіл, механикалық құрамы- жеңіл сазды, орташа сазды, су жинау бассейндері- Қаратал өзені, жауын-шашын мөлшері-146-209 , гидротермиялық

коэффициенті - 0,3 - 0,5.

Көксу ауданы: ауданы - 16 115 га, абсолюттік биіктігі - 446-662, жер бедерінің еңістігі - 0-4,1, топырақ типтері – шалғынды-жайылмалы, қарапайым солтүстік сұр, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды, су жинайтын бассейндер - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы-3470-3611, жауын - шашын сомасы-179-238, гидротермиялық коэффициент-0,4-0,6.

Панфилов ауданы: ауданы - 4 772 га, абсолютті биіктігі-680-864, жер бедерінің еңістігі-0-2, 6, топырақ түрлері - шөлдің қалыпты қоңыр топырақтары, механикалық құрамы-орташа Сазды, су жинау бассейндері- Іле, белсенді температуралардың қосындысы- 4665-5229, жауын-шашын мөлшері- 60-128, гидротермиялық коэффициенті - 0,1-0,2.

Сарқан ауданы: ауданы - 21 189 га, абсолютті биіктігі - 537-674, жер бедерінің еңістігі - 0,7-4,3, топырақ типтері - шалғынды-сортаңды, шалғынды-сортаңды және сортаң-сорлы, шалғынды карбонатты сортаңды, әлсіз гумусталған карбонатты қырлы-шалғынды құмдар, жайылмалы шалғынды сортаңды, сұр қарапайым солтүстік қалыпты, механикалық құрамы-жеңіл сазды, су жинайтын бассейндер-Ақсу және Лепсі өзендері, белсенді температура сомасы-2827-3373, жауын-шашын сомасы - 293-346, гидротермиялық коэффициенті-0,8-1,2.

VI гидромодульді аудан.

Ақсу ауданы: ауданы – 115 га, абсолютті биіктігі - 524-621, жер бедерінің еңістігі - 0,7-2,6, топырақ түрлері - шалғынды-батпақты, жайылмалы шалғынды сортаңды топырақтары, механикалық құрамы - жеңіл, ауыр және орташа саздақтар басым қабатты, су жинайтын бассейндер - Ақсу және Лепсі өзендері, белсенді температуралардың қосындысы - 3310-3354, жауын-шашын мөлшері-287-295, гидротермиялық коэффициенті - 0,8.

Алакөл ауданы: ауданы-245 га, абсолютті биіктігі-449, жер бедерінің еңістігі-1,0, топырақ типтері- шалғынды-қоңыр сортаңды, механикалық құрамы-орташа сазды, су жинау бассейндері- ағынсыз, белсенді температура сомасы-3283-3290, жауын - шашын сомасы - 254-256, гидротермиялық коэффициенті-0,7.

Ескелді ауданы: ауданы – 584 га, абсолюттік биіктігі - 504-648, жер бедерінің еңістігі - 0,7-2,1, топырақ түрлері - жайылмалы шалғынды тұздалмаған, механикалық құрамы - ауыр және орташа саздақтар басым қабатты, су жинау бассейндері - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы - 3491-3580, жауын - шашын сомасы - 214-237, гидротермиялық коэффициент-0,5 -0,6.

Қаратал ауданы: ауданы – 917 га, абсолюттік биіктігі - 414-496, жер бедерінің еңістігі - 0,4-2,1, топырақ типтері - жайылмалы шалғынды сортаңды, механикалық құрамы - ауыр және орташа саздақтар басым қабатты, су жинайтын бассейндер - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы - 3565-3679, жауын - шашын мөлшері - 144-213, гидротермиялық коэффициент-0,3-0,5.

Көксу ауданы: ауданы – 698 га, абсолюттік биіктігі - 495-552, жер бедерінің еңістігі - 0,7-1,1, топырақ түрлері - жайылмалы шалғынды сортаңды, механикалық құрамы - ауыр және орташа саздақтар басым қабатты, су жинау

бассейндері - Қаратал өзені, белсенді температура сомасы-3549-3572, жауын - шашын сомасы-211-229, гидротермиялық коэффициенті - 0,5-0,6.

Панфилов ауданы: ауданы - 13 641 га, абсолютті биіктігі - 533-1488, жер бедерінің еңістігі - 0-9,4, топырақ түрлері - шөлдің ксероморфты қоңыр, шалғынды-қоңыр сортаңды, шөлдің сортаңды сұр-қоңыр, механикалық құрамы - жеңіл сазды қиыршық тасты және қиыршық тасты-малтатасты, орташа сазды, орташа сазды малтатас және қиыршық тас-малтатас, су жинау бассейндері – Тұнба өзені, белсенді температура сомасы-3797-5262, жауын - шашын сомасы-56-215, гидротермиялық коэффициенті-0,1-0,5.

Сарқан ауданы: ауданы-861 га, абсолютті биіктігі - 592-652, жер бедерінің еңістігі-1,0-3,1, топырақ типтері-шалғынды-батпақты сортаңды, механикалық құрамы- жеңіл сазды, су жинау бассейндері-Лепсі өзені, белсенді температураның қосындысы-3313-3346, жауын - шашын мөлшері-294-297, гидротермиялық коэффициенті - 0,8.

VII гидромодульді аудан.

Алакөл ауданы: ауданы-335 га, абсолютті биіктігі-401-421, жер бедерінің еңістігі-0,7 - 1,9, топырақ түрлері - шөлдің қоңыр қалыпты, механикалық құрамы - құмды сазды, су жинайтын бассейндер – Горячие ключи өзені, белсенді температуралардың қосындысы-3278-3299, жауын-шашын мөлшері - 233-239, гидротермиялық коэффициенті-0,7.

Қаратал ауданы: ауданы-6 га, абсолюттік биіктігі-440, жер бедерінің еңістігі-0,9-1,1, топырақ түрлері- қайталама сортаңдар, механикалық құрамы- құмды саздақтар, су жинайтын бассейндер - ағынсыз, белсенді температуралардың қосындысы-3620, жауын - шашын сомасы-174, гидротермиялық коэффициенті - 0,4.

Панфилов ауданы: ауданы-3 130 га, абсолютті биіктігі-550-648, жер бедерінің еңістігі-0-2, 8, топырақ типтері-шалғынды сортаңды, шалғынды карбонатты сортаңданбаған, механикалық құрамы-құмды сазды, су жинайтын бассейндер- Іле, белсенді температура сомасы-5038-5248, жауын-шашын мөлшері-57-82, гидротермиялық коэффициенті - 0,1.

VIII гидромодульді аудан.

Алакөл ауданы: ауданы – 2111 га, абсолютті биіктігі - 368-488, жер бедерінің еңістігі - 0,8-4,7, топырақ түрлері – батпақты-сортаңды, шалғынды-сортаңды, шалғынды карбонатты сортаңды, қарапайым сұр солтүстік ксероморфты жеңіл сазды, жеңіл сазды қиыршық тасты, орташа сазды, механикалық құрамы - жеңіл сазды, жеңіл сазды қиыршық тасты, орташа сазды, су жинайтын бассейндер – Жайпақ және Тентек өзендері, белсенді температура сомасы-3276-3603, жауын - шашын сомасы - 128-258, гидротермиялық коэффициенті-0,3-0,7.

Қаратал ауданы: ауданы - 13 616 га, абсолюттік биіктігі - 417-434, жер бедерінің еңістігі - 0-2,7, топырақ типтері - шалғынды сортаңды, мезгілді су басатын күріш алқаптары, механикалық құрамы - орташа сазды, су жинау бассейндері- Қаратал өзені, белсенді температуралардың қосындысы- 3644-3680, жауын-шашын мөлшері-143-163, гидротермиялық коэффициент-0,3-0,4.

Панфилов ауданы: ауданы - 9 068 га, абсолютті биіктігі - 518-1658, жер

бедерінің еңістігі - 0,7-8,3, топырақ түрлері - батпақты сортаңды, шалғынды сортаңды, ашық қоңыр карбонатты қалыпты, сұр-қоңыр шөлді сортаңды, механикалық құрамы - жеңіл сазды, орташа сазды, орташа сазды қиыршық тасты және қиыршық тасты - малтатас, су жинау бассейндері- Іле, белсенді температура сомасы- 3956-5252, жауын-шашын сомасы- 57-203, гидротермиялық коэффициенті-0,1-0,5.

IX гидромодульді аудан.

Алакөл ауданы: ауданы - 1 501 га, абсолютті биіктігі - 366-448, жер бедерінің еңістігі - 0,4-3,1, топырақ түрлері - батпақты сортаңды, шалғынды-сортаңды және сортаңды-сорлы, солтүстік ксероморфты жеңіл сұр, гидроморфты сортаңды-сорлар, механикалық құрамы - жеңіл сазды, қабатты жеңіл саздақтар, құмды саздақтар мен құмайт, орташа саздақ, ауыр сазды, су жинайтын бассейндер-Горький Ключи, Еспенбет, Тентек өзендері, Жайпақ, белсенді температура сомасы-3294-3611, жауын - шашын сомасы - 125-229, гидротермиялық коэффициент-0,3-0,6.

Қаратал ауданы: ауданы-36 га, абсолютті биіктігі - 449-451, жер бедерінің еңістігі-1,4-2,0, топырақ типтері - солтүстік ксероморфты жеңіл сұр, механикалық құрамы- жеңіл сазды, су жинайтын бассейндер- Қаратал өзені, белсенді температура сомасы- 3645, жауын-шашын мөлшері- 166, гидротермиялық коэффициенті - 0,4.

Панфилов ауданы: ауданы – 680 га, абсолютті биіктігі - 516-550, жер бедерінің еңістігі - 1,0-2,5, топырақ түрлері – батпақты сортаңды, шалғынды сортаңды, механикалық құрамы - ауыр сазды, су жинау бассейндері - Іле, белсенді температуралардың қосындысы - 4305-5044, жауын - шашын мөлшері - 80-162, гидротермиялық коэффициенті-0,1-0,3.

Сонымен, суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульді аудандастыру мақсатында табиғи факторлар мен элементтерінің шкалаларын құруға және нақтылауға, ауыл шаруашылығы дақылдарын суару режимдеріне байланысты табиғи жағдайларды бағалау әдістемесін әзірлеуге және сол арқылы суару мақсаттары үшін аумақтарды аудандастыру схемасын, принциптері мен әдістемесін айтарлықтай жетілдіруге мүмкіндік береді [21,с. 24].

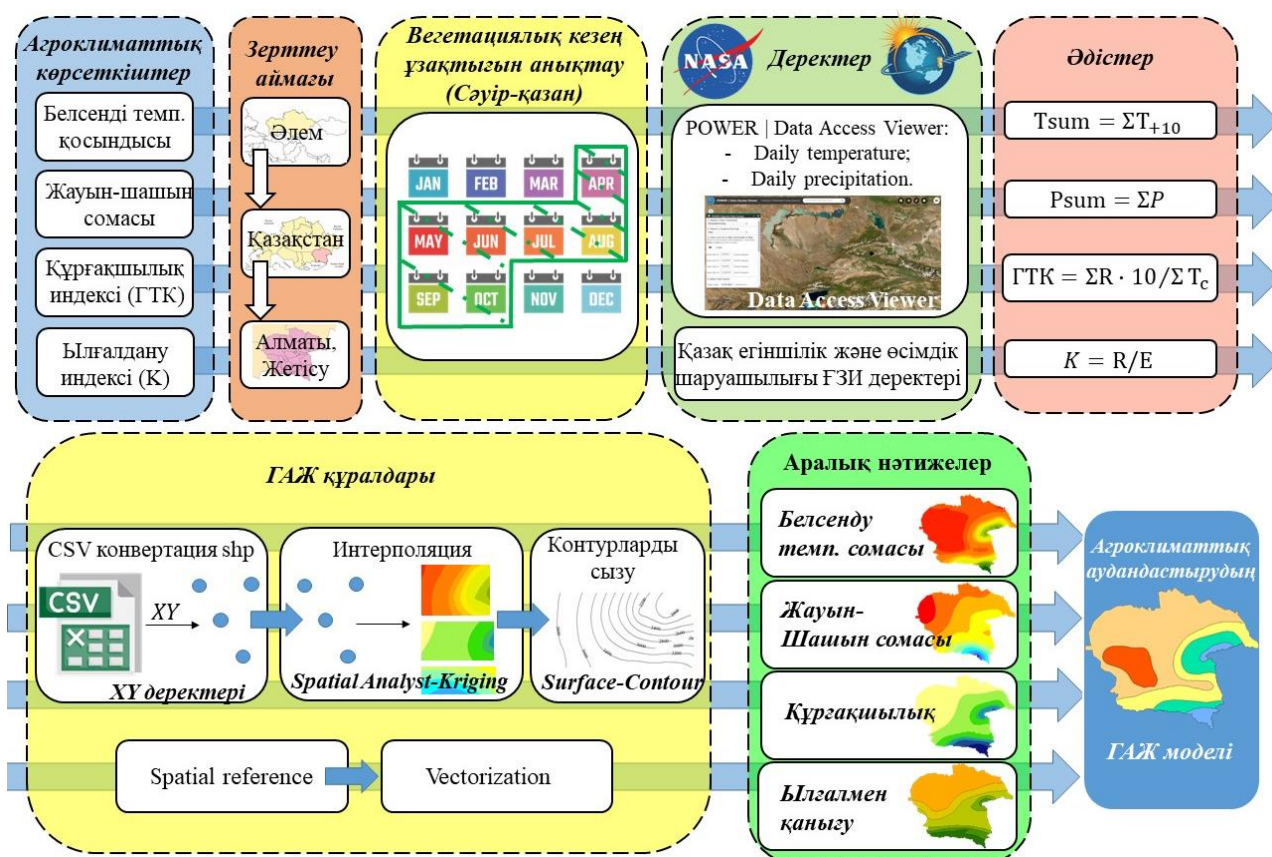
3.2 Ауылшаруашылық дақылдарының суару нормасы, су шығынын есептеу ұсыныстары

Ауылшаруашылық жерлерін мелиорациялаудың мақсаты - топырақ құнарлылығын көбейту, ресурстарды үнемді қолдану, табиғи жүйелер мен басқа да жер пайдаланушыларға зиян келтірмеу және өңдеу кезінде ауылшаруашылық дақылдардан оңтайлы өнім алу [42,с. 816].

Тұрақты суаруға арналған су көздеріне жер үсті су ағындары мен су айдындары (өзендер, су қоймалары, көлдер, теңіздер), жергілікті ағынды сулар, жер асты, ағынды сулар, қашыртқы сулар, дренаждық және теңіз сулары жатады. Бір реттік суару үшін жергілікті ағынды суларды пайдаланылады. Суару суының көзін таңдағанда, ең алдымен оның суаруға жарамдылығы бағаланады. Суды пайдалану тиімділігін арттыру ауылшаруашылық дақылдарының нақты су

кажеттіліктеріне қол жеткізуімен түсіндіріледі [95,р. 42].

Агроклиматтық көрсеткіштерді есептеу. Агроклиматтық көрсеткіштер - ауыл шаруашылығы өндірісі объектілерінің дамуы, өсуі, жай-күйі және өнімділігін климаттық факторларымен сандық негізде анықтау. Берілген зерттеуде аумақтың агроклиматтық ресурстарын анықтау мақсатында агроклиматтық көрсеткіштердің, атап айтқанда белсенді температураның (ауа температурасы +10⁰С-тан жоғары) және атмосфералық жауын-шашынның қосындысы, құрғақшылық пен ылғалмен қамтамасыз ету көрсеткіштерінің арифметикалық ортасын есептеу жүзеге асырылды. Агроклиматтық көрсеткіштердің анықталуы 12–суретке сәйкес алгоритммен анықталды.



Сурет 12 – Агроклиматтық көрсеткіштерді анықтау алгоритмі

Ескерту – Дереккөз [122]

Вегетациялық кезеңнің ұзақтығы орташа температура +10⁰С-тан ($T_{mean} \geq 10^{\circ}C$) асатын немесе оған тең болатын, жауын-шашын мөлшері мен топырақтағы ылғал қоры ықтимал буланудың жартысынан асатын ($P > 0,5 PET$) жыл ішіндегі кезең ретінде анықталады.

Белсенді температуралардың сомасы - өсімдіктің даму кезеңінде белгіленген температураның (+10⁰С-тан) биологиялық минимумынан асатын жылу мөлшерін сипаттайтын көрсеткіш. Атмосфералық жауын-шашынның жалпы мөлшері вегетациялық кезеңдегі атмосфералық жауын-шашынның

күнделікті көрсеткіштерін қосумен анықталады.

Ылғалмен қамтамасыз ету коэффициенті (K) жауын-шашынның орташа мөлшерінің вегетациялық кезеңдегі булану мөлшеріне қатынасы арқылы есептеледі:

$$K = R/E \quad (1)$$

мұндағы, R - вегетациялық кезеңдегі жауын-шашынның орташа мөлшері, E - булану мөлшері. Коэффициент нәтижелері келесідей жіктеме бойынша жүргізіледі: 0,2-ден төмен - құрғақ; 0,2-0,3 - ылғал тапшылығы; 0,3-0,5 - орта ылғал тапшылығы; 0,5-0,7 - ылғалмен жеткіліксіз қамтамасыз ету; 0,7-1,0 – жеткілікті, бірақ тұрақсыз ылғалмен қамтамасыз ету.

Климаттық құрғақшылық [60,б. 160] Селяниновтың гидротермиялық ылғалдандыру коэффициентімен (ГТК) есептеледі:

$$ГТК = \Sigma R \cdot 10 / \Sigma T_c \quad (2)$$

мұндағы, ΣR - вегетациялық кезеңдегі атмосфералық жауын-шашынның жалпы мөлшері, ΣT_c - сол кезеңдегі белсенді ауа температурасының қосындысы.

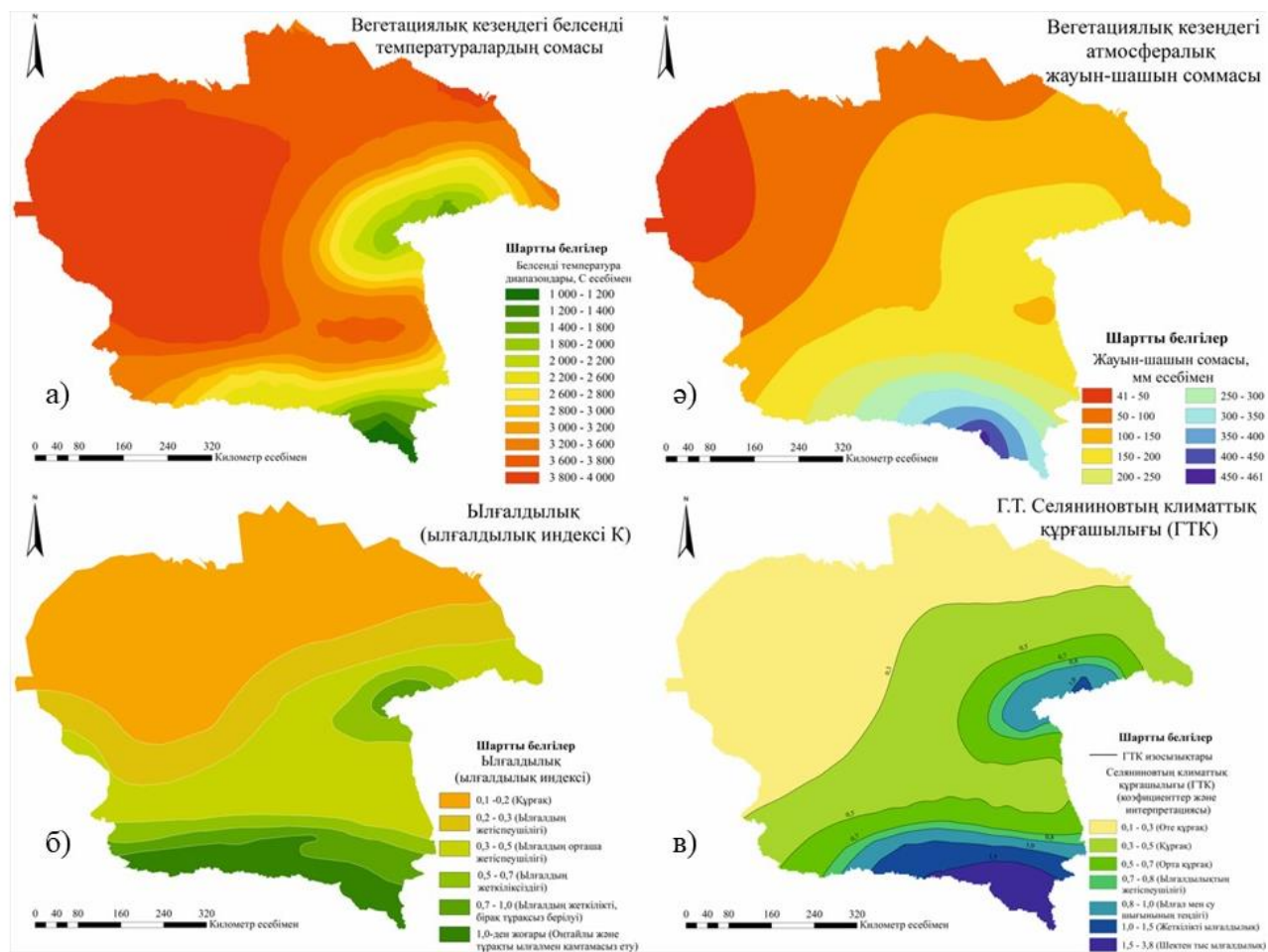
Климаттық деректер ретінде ашық, әрі қол жетімді Ұлттық аэронавтика және ғарыш басқармасы (NASA) POWER Data Access Viewer v2.0.0 ұзақ мерзімді орташа мәндерді, метеорологиялық шамаларды және жер бетіндегі күн энергиясының ағындарын бағалау ақпараты пайдаланылды.

Кеңістіктік интерполяция әдістері деректер нүктелерінің мәндерін қолдана отырып, растрлық беттегі орындардың мәндерін болжайды. Кеңістіктік интерполяция атрибутивтік деректер кеңістікте үздіксіз берілуіне, сондай-ақ географиялық ақпараттық жүйеде (ГАЖ) жиналған кезде үздіксіз деректерді құрастыру үшін кеңінен қолданылады.

ГАЖ бағдарламалық жасақтамасында нүктелік объектілердің деректерін көрсету үшін интерполяцияның сплайн, тренд беттері, табиғи көршіле және Тиссен көпбұрыштары атты түрлері қолданылады. Әдістер үлгі нүктелерінен алынған мәндерді қолдана отырып, белгісіз мәндерді болжау үшін қолданатын модельдермен ерекшеленіп, салыстырмалы түрде Кригинг интерполяцияның кең таралған әдістерімен сәйкес келеді.

Интерполяцияланған бетті құрумен қатар, кригингтің нәтижелері болжамдардың сенімділігі мен дәлдігінің белгілі бір дәрежесін қамтамасыз етеді. Кригинг интерполяцияланған мәндерді болжау кезінде таңдамалы мәндерді өлшеу принципін қолданып, біркелкі таралған деректер үшін оңтайлы нәтижелер береді.

Белсенді температура мен жауын-шашынның мөлшерін анықтау POWER Data Access Viewer (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>) деректерімен сәуір-қазан аралығын қамтыды (сурет 13а, сурет 13ә). Ауа температурасының күнделікті мәндерінің көрсеткіштері ArcGIS ортасына интеграциялау үшін CSV форматында жүктеліп, файлдарға координаталық өрістер, сондай-ақ күнделікті ауа температурасы туралы мәліметтер кірді.



а – белсенді температуралардың сомасы, ә – жауын-шашын мөлшерінің сомасы, б – ылғалдылық коэффициенті (К), в – Гидротермиялық коэффициент (ГТК)

Сурет 13 – Агроклиматтық көрсеткіштердің кеңістіктік таралуы

Ескерту – Дереккөз [122,с. 76]

13а-суретте геокеңістіктік үлестіру бойынша белсенді температуралардың қосындылары суреттелген. Температура диапазоны 1000-нан 4000-ға дейінгі мәндерді қамтып, табиғи және биіктік зоналылығымен біртіндеп өзгереді. Ең жоғары көрсеткіш (4000⁰С) Алматы облысының батыс бөлігіне тән, ал ең төменгі көрсеткіш 1000⁰С Шығыс Тянь-Шань (Хан-Тәңірі шыңы) биік таулы массивінде анықталған.

13ә-суретте атмосфералық жауын-шашын 41 мм-ден 461 мм-ге дейінгі диапазонды қамтып, көрсеткіштердің кеңістіктік таралуы кішіден (солтүстік-батыс) үлкенге (оңтүстік-шығыс) таралады. Жауын-шашынның өзгеруі табиғи аймақтардың өзгеруіне және биіктік аймағына сәйкес келеді. Жауын-шашынның ең жоғары деңгейі (вегетациялық кезеңде 400 мм-ден астам) Алматы облысының оңтүстік-шығыс бөлігіне тән, ал ең аз мөлшері құрғақ солтүстік-батыс бөлігінде түседі.

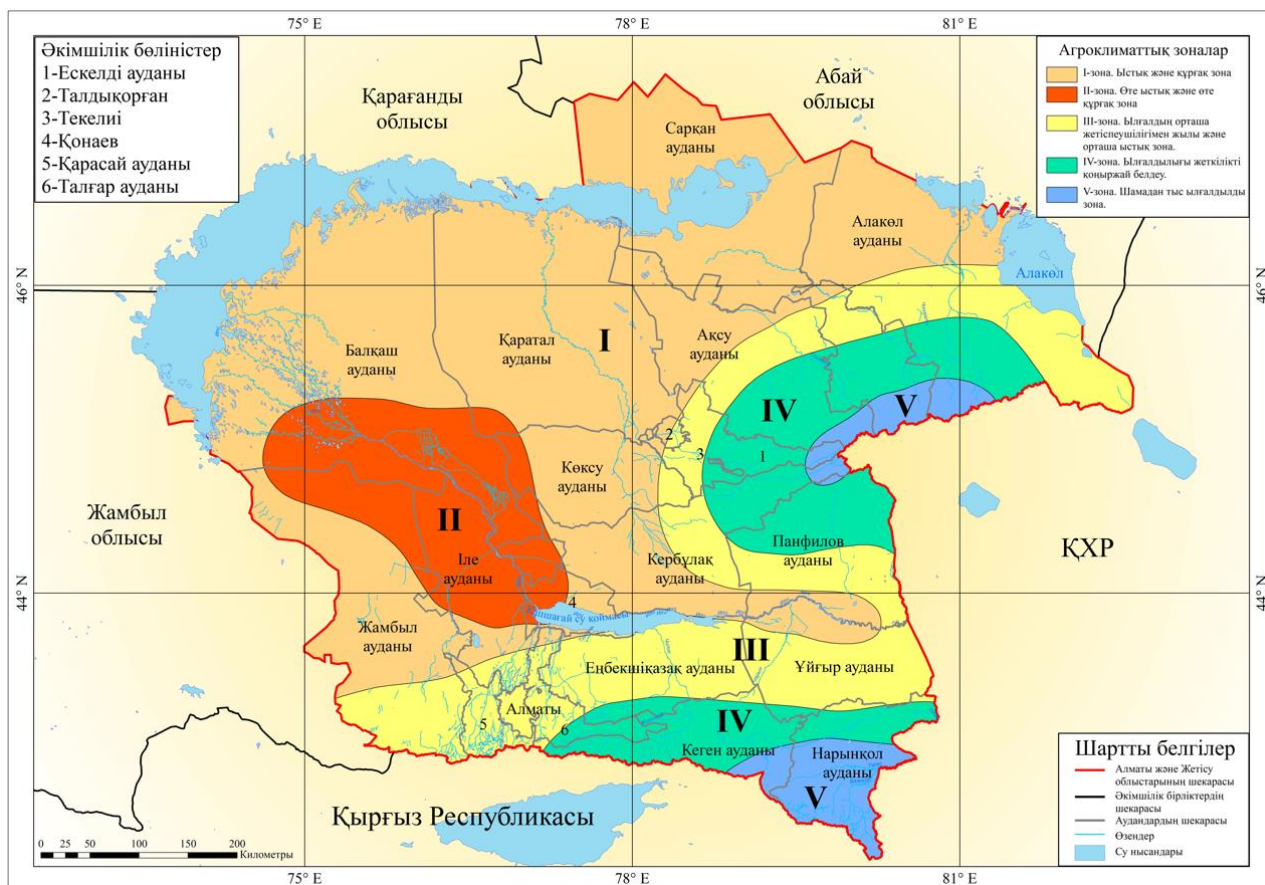
13б-суретте ылғалдандыру коэффициенті 0,1 диапазонмен жеке аймақтарға бөлініп, ылғалмен қамтамасыз ету солтүстіктен оңтүстікке қарай төмендейтіні расталды. Құрғақ 0,1-0,2 диапазоны аймақтың солтүстік және орталық бөлігінде, ылғал тапшылығымен түсіндірілетін 0,2-0,3 батыстан шығысқа қарай созылған бөлігінде, 0,3-0,5 зерттелетін аумақтың орталық және тау етегінің бір бөлігін қамтиды, сонымен қатар орташа ылғал тапшылығының көрсеткіші ретінде түсіндіріледі, яғни ауылшаруашылық жерлерін суару қосымша суару шараларымен жүзеге асырылады. 0,5-0,7 көрсеткіштері Солтүстік Тянь-Шань мен Жоңғар Алатауының тау бөктерін қамтиды және ылғалмен жеткіліксіз қамтамасыз етіледі. 0,7-ден жоғары көрсеткіштер зерттеу аймағының бүкіл оңтүстігін қамтып, оңтүстігінде оңтайлы және тұрақты ылғалмен қамтамасыз етілетін диапазондар ретінде белгіленеді.

13в-суретте құрғақшылық көрсеткіштері 0,1-ден 3,8-ге дейінгі аралықты қамтиды: 0,1-ден 0,3-ке дейінгі көрсеткіштер диапазоны зерттелетін аймақтың солтүстік және батыс бөлігін қамтып, өте құрғақ интерпретацияға ие; 0,3-0,5 диапазоны Алматы және Жетісу облыстарының оңтүстік-батысынан шығысына дейін созылып, құрғақтығымен ерекшеленеді; 0,5-0,7 жазық пен тау бөктерін қамтиды және құрғақ көрсеткіш ретінде, сонымен қатар тау бөктерінде 0,7-0,8 диапазонын қамтиды және жеткіліксіз ылғалданған көрсеткіш ретінде көрініс табады; 0,8-ден 1,0-ге дейінгі диапазон таулы аймақты қамтиды және индикатор ретінде ылғал мен шығынының теңдігін білдіреді; 1,0-ден жоғары көрсеткіштер күрделі рельефі бар таулы жерлерде орналасып, жеткілікті және артық ылғалдың көрсеткіштері ретінде анықталады.

Жоғарыда аталған көрсеткіштерді талдау нәтижесінде Алматы және Жетісу облыстарының аумағы 5 агроклиматтық аймаққа жіктелді (сурет 14): I-ыстық және өте құрғақ аймақ; II-өте ыстық және құрғақ аймақ; III-орташа ылғал тапшылығы бар жылы және орташа ыстық аймақ; IV-жеткілікті ылғалдылығы бар қалыпты аймақ; V-артық ылғалдылығы бар суық аймақ. Кешенді сипаттамалар -кестеде көрсетілген.

I-аймақ құрғақ климатпен сипатталады және зерттелетін өңірдің едәуір бөлігін, оның ішінде Балқаш, Жамбыл, Қаратал, Көксу, Ақсу, Сарқан, Алакөл, Кербұлақ аудандары мен әкімшілік бірліктердің аумағын қамтиды. Аймақ үшін 3600°C -тан 3800°C -қа дейінгі белсенді температураның қосындысы, вегетациялық кезеңнің 30-дан 120 күнге дейін созылуы, ылғалдандыру коэффициентінің (K_y) 0,1-0,2 диапазонында, Селяниннің гидротермиялық коэффициенті 0,1-ден 0,5-ке дейін өзгеруі, жауын-шашынның мөлшерінің 41-ден 200 мм-ге дейінгі көрсеткіштері тән.

II-аймақ Балқаштың оңтүстік бөлігі, Жамбылдың солтүстік-шығыс бөлігі және Іле аудандарының едәуір бөлігін қамтиды. Белсенді температураның қосындысы 4000°C -тан көп, яғни көрсеткіш аймақтағы ең жоғары мәнді анықтайды. Вегетациялық кезеңнің ұзақтығы 60-150 күн, ылғалдандыру коэффициенті 0,1-0,3, Селянинов бойынша ГТК 0,3-0,5 диапазонына ие. Вегетациялық кезеңдегі жауын-шашын мөлшері 100-250 мм құрайды. Сонымен қатар, ауылшаруашылық жерлерін жүргізілуі тек суармалы түрде жүргізіледі.



Сурет 14 – Алматы және Жетісу облыстарының агроклиматтық аудандастыру картасы

Ескерту – Дереккөз [122,с. 76]

III-аймақ тау етегіндегі аудандарды, оның ішінде Еңбекшіқазақ, Қарасай, Талғар, Ұйғыр, Жамбыл, Панфилов және Сарқан аудандарының оңтүстік бөліктерін, Кербұлақтың солтүстік-шығыс бөлігін, Ақсу және Алакөл аудандарының орталық бөліктерін қамтиды. Белсенді температураның қосындысы-3000⁰-3600⁰С, вегетациялық кезеңнің ұзақтығы- 60-150 күн, ылғалдандыру коэффициенті 0,2-0,3, Селяниновтың ГТК 0,3-0,7 диапазондарын қамтиды. Жауын-шашын мөлшерінің сомасы 150-350 мм құрайды.

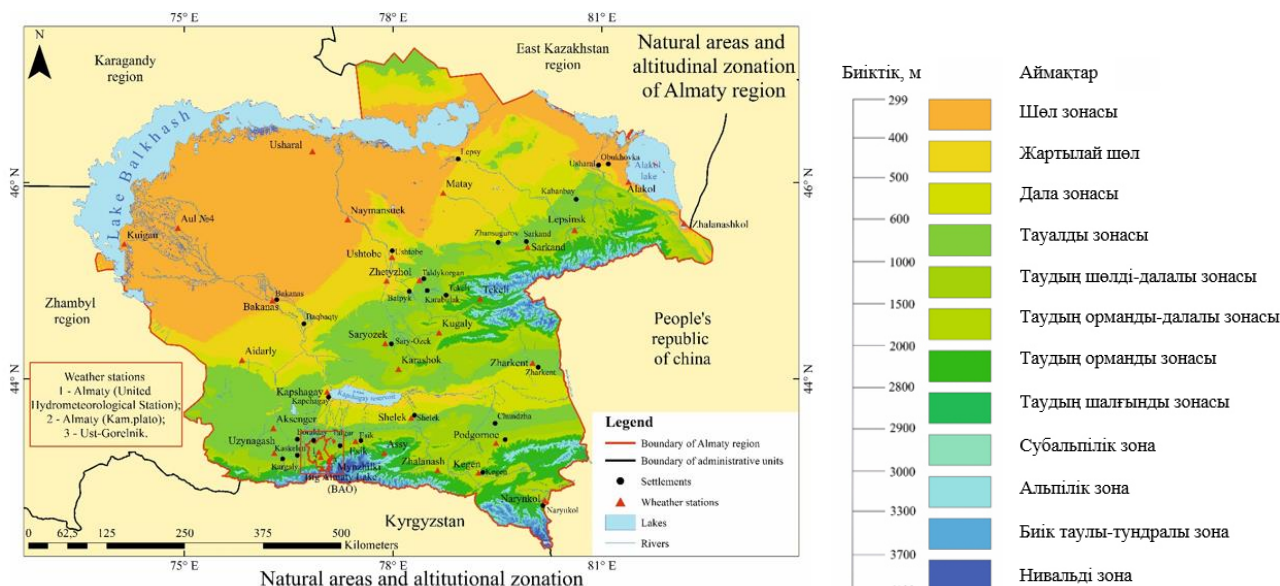
IV-аймақ таулы аудандарда, атап айтқанда Кеген, Панфилов және Нарынқол аудандарының солтүстік бөліктерін, Кербұлақ және Ескелді аудандарының шығыс бөліктерін, сондай-ақ Ақсу, Сарқан, Алакөл аудандарының оңтүстік бөліктерін алып жатыр. Белсенді температураның қосындысы 1800⁰-2800⁰С, вегетациялық кезең 60-120 күн, ылғалдандыру коэффициенті 0,5-0,7, ал ГТК 1,0-1,5 көрсеткішке тең, жауын - шашын мөлшері 150-400 мм.

V - аймақ Нарынқол ауданының көп бөлігін және Кеген, Кербұлақ, Ақсу, Сарқан және Алакөл аудандарының шағын аумақтарын қамтиды. Белсенді температура мен жауын-шашынның қосындысы сәйкесінше 1000⁰-1800⁰С және 400 мм шамаларында, ылғалдандыру коэффициенті 0,7-1,0, ал ГТК диапазоны

0,8 және одан жоғары. Вегетациялық кезеңнің ұзақтығы-60-90 күн [123,с. 76].

Табиғи зоналарды анықтау. Алматы және Жетісу облыстарындағы табиғи зоналарды анықтау ауылшаруашылық дақылдарының суару режимдері мен су шығандарын есептеуде негізгі дереккөздерін құрайды.

15-суретте зерттеу аумағындағы табиғи зоналардың биіктік бойынша жіктелімі көрсетілген.



Сурет 15 – Алматы және Жетісу облыстарының аумағындағы табиғи зоналар мен биіктік бойынша жіктелуі

Ескерту – Дереккөз [122,с. 100423]

Табиғи зоналардың биіктік бойынша бөлінуі келесідей: шөл зонасы – 299-400 м; шөлейт зонасы – 400-500 м; дала зонасы – 500-600 м; тау алды зонасы- 600-1000 м; таудың шөлді-дала зонасы- 1000-1500 м; таудың орманды-далалы зонасы- 1500-2000 м; таудың орманды зонасы- 2000-2800 м; таудың шалғынды зонасы- 2800-2900 м; субальпі зонасы – 2900-3000 м; альпі зонасы- 3003-3300 м, биік тундра зонасы- 3300-3700 м және нивальді зона- 3700-6132 м.

Гидромулді аудандар шеңберінде ауылшаруашылық дақылдарының суару режимін есептеу бойынша ұсыныстар. Республиканың суармалы жерлерінде ауыл шаруашылығы дақылдарын суарудың оңтайлы режимдерін әзірлеу бойынша тәжірибелік зерттеулермен Қазақ су шаруашылығы және Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институттары айналысқан. Осы тарауда орын алатын зерттеу жұмысы мекемелердің әдіс-тәсілдері мен алған нәтижелеріне сілтеме келтіреді [124-125].

Ауыл шаруашылығы дақылдарының суару режимдерін анықтау табиғи аймақтардың кең секторын және топырақ айырмашылықтарын ескере отырып, гидромулдік аудандастырумен бірге жүргізілді.

Су балансының маңызды элементтеріне суару нормасы, вегетациялық

кезеңнің жауын-шашыны және кезеңнің басына дейінгі өнімді ылғал қорын жатқызамыз. Эксперименттік зерттеулермен қатар дақылдардың суару нормасы есептеу әдістерімен, атап айтқанда эксперименттермен қамтылмаған аудандар үшін есептеледі. Есептеулер онкүндік, айлық немесе су тұтыну тапшылығының фазалық мәндері бойынша жүргізіліп, гидромодулді аудандастыру кезінде ауыл шаруашылығы дақылдарын суарудың оңтайды режимдерін құру бойынша есептеу әдістемесі мен ұсыныстар келтіріледі.

Ауылшаруашылық дақылдардың жекелеген түрлері үшін суару және нормаларының мөлшерін, суару саны мен мерзімдерін саралау әрбір бөлінген ауданның табиғи жағдайларына және өсімдіктердің биологиялық ерекшеліктеріне сүйене отырып жүргізілді.

Суарудың оңтайлы санын анықтаудың негізгі әдісі, оларды вегетациялық кезеңдерге бөлу, сондай-ақ суару және нормаларының мөлшері далалық тәжірибелердің нәтижелерімен нақтыланады. Сондықтан гидромодулді аудандар бойынша ауыл шаруашылығы дақылдарын суару режимі ғылыми зерттеулердің нәтижелері, сондай-ақ облыстың немесе бүкіл ауданның әртүрлі топырақ-климаттық жағдайларында жүргізілген барлау далалық тәжірибелері негізінде жасалады. Алайда, аймақтағы жекелеген дақылдар бойынша суару режимдері жеткілікті зерттелмеген. Сондықтан осы жағдайларда суару режимдерін әзірлеу жоғарыда көрсетілгендей келесі жолдармен жүзеге асырылды:

– ғылыми-зерттеу мекемелерінің тәжірибелік деректері, сондай-ақ учаскелердің материалдары бойынша суару режимін белгілеу;

– эксперименттік зерттеулер жоқ жағдайларға арналған есептеу әдістерін қолдана отырып, суару режимдерін анықтау.

Есептеу әдістерінің ішінен дақылдардың суару режимдерін белгілеудің биоклиматтық әдісі қолданылып, алғашқы есептеу ретінде оңтайлы ылғалданған алқаптың жалпы су шығыны мен булану арасындағы байланысы таңдалды.

Соған сәйкес сомалық буланушылық келесі формуламен анықталады:

$$E = k \sum d \quad (3)$$

мұндағы, $\sum d$ – есептік жылдағы ауаның ылғалдылық дефициті, k – биологиялық қисық коэффициенті. Биологиялық қисық коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$k = E_d / \sum d_d \quad (4)$$

мұндағы, E_d – декададағы судың сомалы буланушылығы (мм есебімен), $\sum d_d$ – кезеңдегі орта тәуліктік ауа ылғалдылығының сомалық дефициті (мм есебімен).

Жалпы алғанда, дақылдарды суару режимі орташа көпжылдық климаттық көрсеткіштер бойынша әзірленді. Бұл ретте суару нормаларын есептеу және суару режимі келесідей ретпен жүргізілді:

1. Гидромодулдік аудандар бойынша бастапқы материалдар жиналып,

зерттелді және олар болашақта суару режимін есептеу үшін негізгі болып қызмет ететіндей етіп ұйымдастырылды;

2. Су өткізгіштігіне, топырақтың механикалық құрамына және жер асты суларының тереңдігіне байланысты жер асты суларын пайдалану коэффициенттері ескерілді. Қарастырылып отырған аумақтың жағдайлары үшін алдын ала зерттеулер бойынша далада суды пайдалану коэффициенттері мынадай: жеңіл және қуаты аз топырақтарда 0,63-0,7; орташа және ауыр топырақтарда 0,78-0,82 және жер асты суларының пайда болу деңгейі 3 м - ге дейінгі топырақтар үшін-0,83-0,87;

3. Биіктік жағдайына байланысты аумақта булану есептелді;

4. Жауын-шашынның әр түрлі қамтамасыз етілуінде жылына суару нормаларын анықтау үшін түзету коэффициенттері жасалды;

5. Ауыл шаруашылығы дақылдарының жалпы су тұтынуы және дақыл түріне байланысты суару нормаларының есептік мәні анықталды;

6. Табиғи ылғалмен қамтамасыз ету, яғни топырақтағы судың өнімді қоры, жауын-шашын және жер асты суларымен қоректену үлесі ескерілді;

7. Сумен қамтамасыз етуге арналған су шығындары ескерілді;

8. Өсімдіктердің әр түрлі дамуы үшін суару нормасының мөлшерін көрсете отырып, суару саны, мерзімі, суару кезеңдерінің ұзақтығы анықталды.

Гидромодульді аудандастыру кезінде ауыл шаруашылығы дақылдарын суарудың есептік режимін айқындау келесідей түрде ұсынылады:

1. Суару режимін есептеудің негізі суармалы алқаптың су балансының теңдеуі белсенді топырақ қабаты мен соңғы уақыт аралығы үшін келесідей болады:

$$E_v - [P + (W_1 - W_2) + \Gamma + M + \Phi] = 0 \quad (5)$$

мұндағы, E_v -есептік уақыт аралығында суармалы алқаптың жалпы су тұтынуы (топырақ бетінен транспирацияға және булануға арналған ылғал шығыны); P -сол кезеңде жауған жауын-шашын мөлшері; W_1 және W_2 - кезеңнің басы мен аяғындағы топырақтың белсенді қабатындағы ылғал қоры; Γ - жер асты сулары тарапынан топырақтың белсенді қабатындағы ылғалда; m -суару есебінен топырақтың белсенді қабатына түскен ылғал көлемі; F -топырақтың белсенді қабатынан тереңірек есепті кезеңнің ағуы мен ағымы, ылғалдың мөлшері. Барлық құрамдас теңдеулер мм немесе м³/га-мен есептеледі.

2. Көрсетілген теңдеуді салыстырмалы түрде шешу өсімдіктердің суару арқылы топырақты қосымша ылғалдандыру қажеттілігін немесе суды тұтынудың жетіспеушілігін анықтауға болады:

$$M - E_v = E_v - [P + (W_1 - W_2) + \Gamma - \Phi] \quad (6)$$

мұндағы, E_v -есептік кезеңдегі су тұтынудың тапшылығы.

3. Суарудың қолданыстағы әдістері топырақтың белсенді қабатындағы ылғал қорын оның өзгеруінің белгілі бір шектерінде ғана реттеуге мүмкіндік

беретіндіктен, суаруға су берудің бір реттік нормасы суды тұтыну тапшылығының топырақтың белсенді қабатындағы ылғал қорының жоғарғы және төменгі шектері арасындағы айырмашылықтың тең шарты бойынша анықталады:

$$E_v = W_{max} - W_{min} \quad (7)$$

мұндағы, W_{max} суару кезінде оның ылғалдануының жоғарғы шегіне сәйкес келетін белсенді топырақ қабатындағы ылғал қоры (топырақтың су ұстау мінездемесі); W_{min} - суармалы жерлерде рұқсат етілген, бірақ оның құрғау шегіне сәйкес келеді.

4. Суару кезінде топырақтың ылғалдануының жоғарғы шегі далалық шекті ылғал сыйымдылығына тең деп қабылданады, және негізінен топырақтың механикалық құрамына байланысты, метрлік қабаттағы құмдар үшін 75-тен 100 мм-ге дейін, құмдақтар үшін 160 мм-ден, жеңіл саздақтар үшін 210-дан 500 мм-ге дейін, орташа саздақтар үшін 270-тен 300 мм-ге дейін өзгереді және 320-дан 350 мм-ге дейін-ауыр саздақтар мен саздар.

5. Суармалы жерлердегі топырақ ылғалдылығының төменгі шегі топырақ ылғалының қозғалғыштығымен және механикалық құрамынан, климаттың жылу ресурстарынан және өсімдіктердің құрғақшылыққа төзімділігінен өсімдіктерге қол жетімділігімен анықталады. Өсімдіктерді оңтайлы сумен қамтамасыз ету шартымен топырақтың болжамды қол жетімді кебу кезеңі далалық шекті ылғал сыйымдылығының 50-55% құмдар, құмды саздар - 60-65, жеңіл саздақтар - 60-70, орташа саздақтар - 70-75, ауыр саздақтар мен саздар - 75-80% үшін қабылданады.

Бастапқы деректер және суару режимін есептеу тәртібі келесідей:

1. Суарудың гидрометеорологиялық режимінің сипаттамасы жақын маңдағы метеостанцияның бақылауларына сәйкес анықталады:

а) орташа көпжылдық көрсеткіштер;

б) нақты жылдардағы мәндері.

2. Ауылшаруашылық дақылдарының суару режимінің элементтерін есептеу үшін келесі гидрометеорологиялық мәліметтер қажет:

а) ауа температурасы мен салыстырмалы ылғалдылығының орташа айлық мәндері;

б) жауын-шашынның айлық, онкүндік және жылдық мөлшері;

в) ауаның орташа тәуліктік температурасының 0, 5, 10 және 15 арқылы өту күндері;

г) күзде және көктемде бірінші аяз күндері.

3. Өсімдіктердің вегетациялық кезеңінің басында ылғал қоры мен белсенді топырақ қабаты туралы деректер метеостанцияларды бақылау нәтижелері бойынша қолданылады. Мұндай деректер болмаған кезде ауыл шаруашылығы дақылдарының вегетациялық кезеңінің басында ылғал қоры мен топырақтың белсенді қабаты топырақта жинақталуын және сақталуын ескере отырып, күзгі-қысқы жауын-шашын мөлшері бойынша есептеледі.

4. Топырақтың механикалық құрамы, олардың су-физикалық және химиялық қасиеттері, жер асты сулары деңгейінің тереңдігі және олардың минералдану дәрежесі туралы мәліметтер жобаланған суару массивінде жүргізілген іздестіру жұмыстарының материалдары бойынша алынады.

5. Ауыл шаруашылығы дақылдарының суару режимін есептеу мынадай ретпен орындалады:

а) вегетациялық кезеңнің басталу және аяқталу мерзімдері және өсімдіктердің оңтайлы су тұтыну кезеңдері анықталады;

б) суармалы алқаптан жалпы су тұтынудың онкүндік, айлық және фазалық мәндері есептеледі;

в) әр есептік кезеңнің басында және соңында, сондай-ақ вегетациялық кезеңнің басында және соңында топырақтың белсенді қабатындағы ылғал қоры есептеледі;

г) әрбір есептеу кезеңінде өсімдіктер пайдаланатын жер асты суларының саны есептеледі;

д) суару режимінің көрсеткіштері (суару нормалары мен мерзімдері, олардың сапасы, суару аралық кезеңнің ұзақтығы, суару нормасының шамасы) есептеледі;

е) әр түрлі табиғи ылғалдылық үшін суару режимінің көрсеткіштері анықталады.

Өсімдіктердің вегетациялық кезеңдерін және оңтайлы су тұтынуын белгілеу:

1. Ауыл шаруашылығы дақылдарының вегетациялық кезеңінің мерзімдері тәжірибелік ауыл шаруашылығы станцияларының деректері, сондай-ақ агроклиматтық анықтамалықтарда келтірілген ұсынымдар бойынша белгіленеді;

2. Оңтайлы тұтыну кезеңінің басталуы өсімдік себу немесе вегетациялық кезеңді қайта бастау күні қабылданады;

3. Оңтайлы су тұтыну кезеңінің аяқталуы әдетте келесідей фазаларда қарастырылады:

а) дәнді дақылдар үшін - дәннің балауыз пісу фазасы;

б) қант қызылшасы үшін - техникалық пісудің басталу сәті (Қазақстанның қызылша өсіру аймағында бұл шамамен 10-20 қыркүйек);

в) көпжылдық шөптер үшін - вегетациялық кезеңнің тоқтау уақыты.

4. Егер өсімдіктердің вегетациялық кезеңі туралы ақпарат болмаса немесе олар жеткіліксіз болса, онда оларды өсімдіктердің даму мерзімі тығыз байланысты болатын белсенді температураның мөлшері бойынша анықтауға болады. 4-кестеде вегетациялық кезеңнің оңтайлы басталу кезеңінің температуралық шегі және вегетациялық кезеңді аяқтау үшін қажетті белсенді температураның қосындысы келтірілген.

5. Вегетациялық кезеңнің оңтайлы ағынының температуралық шегі бойынша себу күні графикалық түрде белгіленеді. Ол үшін ауа температурасының 0, 5, 10 және 15°C арқылы өту күндері бойынша ординат осі бойынша ауа температурасы, ал абцисс осі бойынша оның тиісті шектерден өту күні салынатын график салынады. Ординат осіне температура шегінің есептік

мәнін қойып, біз осы нүктеде көлденеңді ауа температурасының белгілі бір шектерден өту күндерінің қисық сызығынан өткенге дейін жүргіземіз. Қиылысу нүктесінен абсцисса осіне перпендикулярды түсіріп, біз вегетациялық кезеңнің басталу күнін табамыз.

6. Оңтайлы су тұтыну кезеңінің аяқталу күнін анықтау белсенді температуралар қосындысының интегралдық қисығы бойынша жүргізіледі. Қосулы интегралдық қисықта оңтайлы су тұтыну кезеңінің басына сәйкес келетін нүкте белгіленеді. Осы сәттен бастап вегетациялық циклден өту үшін қажетті белсенді температураның қосындысы кейінге қалдырылады.

Кесте 4 – Ауылшаруашылық дақылдарының жылу мөлшеріне тәуелділігі

Дақыл және тезпісушілік сұрып топтары	Вегетациялық цикл	Оңтайлы температуралық шама, °С есебімен	Белсенді температура сомасы, °С есебімен
Жаздық бидай: айрықша тез пісетін; – тез пісетін; – орта пісетін; – кеш пісетін.	Егу	5	1200
	Егу – балауызданып пісу		1300
			1400
			1500
			1600
1700			
Судан шөбі, Құмай	Егу Егу-соңғы жинау	10-12	2800-3600
Тары			1600-2000
Сұлы		5	1300-1800
Дәнді-бұршақты дақылдар (атбұршақ, бұршақ, жасымық)	Егу Егу-балауызданып пісу	4-6	1300-1800
Күнбағыс	Егу Егу-пісу	6-8	1800-2500
Күздік бидай	Вегетациялық жаңарту	5	
Жүгері: – айрықша тез пісетін; – тез пісетін; – тез және орта пісетін; – орта пісетін; – кеш пісетін.	Егу Егу- балауызданып пісу	8-10	1900 2100 2200 2300 2400 2500
Қант қызылшасы	Егу Егу – техникалық пісім	8	3000-3200
Арпа – тез пісетін; – орта пісетін; – кеш пісетін.	Егу Егу- балауызданып пісу	5	
Жоңышқа	Вегетациялық жаңарту	5	
Ескерту – Дереккөз [122,с. 28]			

Жалпы су тұтынуды есептеу:

1. Жалпы су тұтынуды есептеу биоклиматтық әдіспен жүзеге асырылады, оның негізгі ережелерін теориялық тұрғыдан негіздеп, әзірлеген А.М. Алпатъев. Бұл әдіс өсімдіктерді оңтайлы сумен қамтамасыз ету кезінде ауылшаруашылық алқабының су шығыны негізінен буланудың физикалық заңдылықтарымен және суармалы дақылдардың биологиялық ерекшеліктерімен анықталады деген болжамға негізделген.

2. Булануды есептеу И.И. Иванов формуласы бойынша жүзеге асырылады:

$$E = 0,0018(25 + t)^2 * (100 - a) \quad (8)$$

мұндағы, E-айдағы булану мөлшері (мм есебімен); t-ауаның орташа айлық температурасы ($^{\circ}\text{C}$ есебімен); a-ауаның орташа айлық салыстырмалы ылғалдылығы (%).

3. Егер булануды есептеу үшін суарылмайтын аумақтарда орналасқан метеорологиялық станцияларда алынған ауа температурасы мен салыстырмалы ылғалдылығы туралы деректер пайдаланылса, онда булану келесі формула бойынша анықталады:

$$E_0 = E * K_0 \quad (9)$$

мұндағы, E_0 - есептелген булану; K_0 - суарудың әсерінен ауа температурасы мен ылғалдылығының өзгеруін ескеретін микроклиматтық коэффициент.

4. Микроклиматтық коэффициенттің шамасы аумақтың табиғи ылғалмен қамтамасыз етілу дәрежесіне байланысты және 5-кесте бойынша айқындалады.

Кесте 5 – Қазақстанның табиғи аймақтары үшін микроклиматтық коэффициенттің мәні

Табиғи зона	Ылғалмен қамтамасыз ету деңгейі	Айлар							
		3	4	5	6	7	8	9	10
Орманды-дала	Бірқалыпты құрғақшылық	1,0	1,0	1,0	0,98	0,95	0,90	0,90	1,0
Дала	Құрғақшылық	1,0	1,0	0,97	0,95	0,85	0,85	0,90	0,95
Шөлейт	Құрғақ	1,0	1,0	0,95	0,95	0,75	0,75	0,80	0,95
Шөл	Өте құрғақ	1,0	0,99	0,85	0,80	0,75	0,75	0,80	0,85
Тауалды шөлді-далалы	Құрғақ	1,0	1,0	1,0	0,90	0,80	0,80	0,80	0,90
Тауалды дала	Құрғақшылық	1,0	1,0	1,0	0,95	0,90	0,85	0,85	0,95

Ескерту – Дереккөз [122,с. 28]

5. Егер булануды есептеу үшін суармалы жерлерде орналасқан метеорологиялық станциялардың деректері пайдаланылса, онда

микроклиматтық коэффициент барлық аймақтар үшін бірлікке тең қабылданады.

6. Су тұтынуды есептеу келесі формула бойынша жүзеге асырылады:

$$E_y = E_0 * K \quad (10)$$

мұндағы, E_y -суды тұтыну, яғни суармалы алқаптың бірлігінен топырақ бетінен булануға және өсімдіктердің транспирациясына кеткен су шығыны; K -суармалы алқаптан ылғал шығынын реттеудегі өсімдіктердің рөлін ескеретін биологиялық коэффициент.

7. Қазақстанның табиғи аймақтары үшін кейбір ауыл шаруашылығы дақылдарының биологиялық коэффициенттерінің мәні б-кестеде келтірілген.

Кесте 6 – Табиғи зоналардағы ауылшаруашылық дақылдарының биологиялық коэффициенттері

Дақыл	Температура сомасы	Табиғи зоналар					
		орманды дала	дала	шөлейт	шөл	шөл далалы	тауалды дала
1	2	3	4	5	6	7	8
Жүгері	0-200	0,60	0,55	0,51	0,50	0,55	0,61
	200-400	0,64	0,60	0,56	0,55	0,60	0,63
	400-600	0,67	0,65	0,65	0,62	0,66	0,69
	600-800	0,75	0,75	0,75	0,72	0,73	0,76
	800-1000	0,87	0,86	0,86	0,78	0,80	0,83
	1000-1200	0,99	0,98	0,88	0,90	0,91	0,89
	1200-1400	1,04	1,04	1,02	0,98	0,98	0,99
	1400-1600	1,02	1,02	1,00	1,03	1,04	1,06
	1600-1800	0,96	0,93	0,90	1,01	1,01	1,04
	1800-2000	-	-	-	0,95	0,95	0,97
	2000-2200	-	-	-	0,85	0,85	0,88
2200-2400	-	-	-	0,75	0,77	0,80	
Күздік, масақты	0-200	0,76	0,74	0,72	0,70	0,84	0,6
	200-400	0,82	0,81	0,81	0,80	0,91	0,92
	400-600	0,92	0,90	0,89	0,88	0,98	0,99
	600-800	1,13	1,12	1,10	1,06	1,10	1,12
	800-1000	1,08	1,08	1,08	1,09	1,12	1,16
	1000-1200	0,73	0,73	0,73	0,72	0,98	1,00
	1200-1400	-	-	-	-	0,72	0,74
Жаздық, масақты	0-200	0,60	0,58	0,55	0,51	0,65	0,70
	200-400	0,67	0,65	0,64	0,63	0,74	0,76
	400-600	0,84	0,83	0,83	0,81	0,86	0,87
	600-800	1,09	1,02	1,01	1,00	0,99	1,00
	800-1000	1,15	1,12	1,10	1,08	1,12	1,12
	1000-1200	1,00	0,98	0,96	0,95	1,12	1,13
	1200-1400	0,70	0,68	0,66	0,65	0,90	0,92
	1400-1500	-	-	-	-	0,65	0,70

6 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
Қаңт қызылшасы	0-200	-	-	-	0,52	0,58	0,64
	200-400	-	-	-	0,57	0,61	0,67
	400-600	-	-	-	0,61	0,65	0,69
	600-800	-	-	-	0,66	0,70	0,74
	800-1000	-	-	-	0,72	0,76	0,79
	1000-1200	-	-	-	0,81	0,83	0,88
	1200-1400	-	-	-	0,91	0,93	0,94
	1400-1600	-	-	-	0,98	0,99	0,99
	1600-1800	-	-	-	1,02	1,06	1,08
	1800-2000	-	-	-	1,07	1,11	1,14
	2000-2200	-	-	-	1,10	1,12	1,15
	2200-2400	-	-	-	1,08	1,10	1,12
	2400-2600	-	-	-	1,00	1,03	1,06
	2600-2800	-	-	-	0,92	0,94	0,97
	2800-3000	-	-	-	0,84	0,85	0,87
Көп жылдық шөптер	0-200	0,81	0,75	0,75	0,72	0,81	0,86
	200-400	0,85	0,81	0,81	0,80	0,87	0,89
	400-600	0,93	0,88	0,87	0,87	0,93	0,94
	600-800	1,04	1,03	1,03	0,98	1,02	1,01
	800-1000	1,10	1,10	1,10	1,06	1,07	1,08
	1000-1200	0,80	0,75	0,70	1,09	1,10	1,10
	1200-1400	0,88	0,87	0,86	0,80	0,87	0,87
	1400-1600	0,98	0,98	0,96	0,92	0,94	0,95
	1600-1800	1,08	1,08	1,06	1,02	1,03	1,03
	1800-2000	0,81	0,74	0,73	1,06	1,08	1,09
	2000-2200	0,85	0,82	0,81	0,72	0,81	0,81
	2200-2400	0,92	0,92	0,91	0,81	0,87	0,88
	2400-2600	-	1,05	1,04	0,92	0,94	0,95
	2600-2800	-	1,10	1,09	1,0	1,02	1,02
	2800-3000	-	0,77	0,77	1,08	1,09	1,10
	3000-3200	-	0,86	0,85	0,72	0,80	0,81
	3200-3400	-	0,98	0,96	0,80	0,86	0,87
	3400-3600	-	1,08	1,06	0,92	0,94	0,95
3600-3800	-	-	-	1,02	1,04	1,09	
3800-4000	-	-	-	1,08	1,09	1,09	
4000-4200	-	-	-	0,72	0,80	0,81	
Ескерту – Дереккөз [122,с. 28]							

Суару режимін есептеу:

1. Ауыл шаруашылығы дақылдарын суару режимінің негізгі көрсеткіштеріне суару мерзімдері, саны, суару нормаларының мөлшері, кезеңдерінің ұзақтығы және нормасының мөлшері жатады.

2. Суару нормасы - бір суару үшін бір гектарға берілетін су мөлшері. Суару мөлшерінің мөлшері топырақтың су-физикалық қасиеттеріне, ылғалдың тереңдігіне және суару алдында топырақтың кебу дәрежесіне байланысты. Оны

анықтау үшін А.Н. Костяков формуласы қолданылады:

$$m = 10ah(Y_n - Y_0) \quad (11)$$

мұндағы, m - суару нормасы (мм есебімен); a -топырақтың көлемдік салмағы, (т/м³); h - ылғалдың есептік тереңдігі (м); Y_n - топырақтың далалық шекті ылғал сыйымдылығы, салмақты %; Y_0 - топырақтың болжамды ылғалдылығы, салмақтың %.

3. Болжалды ылғалдылықтың рұқсат етілген шегі топырақтың су-физикалық қасиеттеріне, атмосфераның термиялық қарқындылығына және өсімдіктердің құрғақшылыққа төзімділігіне байланысты.

4. Суару кезінде топырақты ылғалдандырудың болжамды тереңдігі аэрация аймағының литологиялық құрылымына, гидрогеологиялық жағдайға, өсімдіктердің тамыр жүйесінің қуатына, топырақтың мелиорацияланатын қабатының қуатына, суару әдісіне және т.б элементтеріне байланысты. Қуатты топырақтарда жер асты суларының деңгейі терең болған кезде, өсімдіктердің тамыр жүйесінің таралу тереңдігіне жер үсті суару кезінде топырақ ылғалының тереңдігінің өзгеруі шамамен 7-кестеге сәйкес белгіленеді.

Кесте 7 – Суарудағы топырақ ылғалдылығының есептік тереңдігі (м есебімен)

Егу декадалары (вегетациялық кезеңнің жаңаруы)	Ауылшаруашылық дақылдары			
	жаздық бидай	күздік бидай	жүгері	қант қызылшасы
1	0,40	0,55	0,40	0,40
2	0,45	0,65	0,40	0,40
3	0,55	0,75	0,43	0,45
4	0,60	0,85	0,50	0,50
5	0,70	0,90	0,55	0,55
6	0,75	0,95	0,63	0,65
7	0,85	1,0	0,70	0,70
8	0,90	-	0,77	0,80
9	0,95	-	0,88	0,90
10	1,0	-	0,90	0,95

Ескерту – Дереккөз [122,с. 28]

5. Жер асты суларының деңгейі таяз болған кезде ылғалдандырудың есептік қабаты жер асты суларының тереңдігі мен капиллярлық шекараның қуаты арасындағы айырмашылықтан аспайды. Төмен қуатты топырақтарда ылғалдың болжамды тереңдігі ұсақ жер қабатының қуатынан аспауы керек.

6. Жаңбырлатып суару кезінде суару нормасының мөлшері негізінен машинаның жаңбыр қарқындылығына, жұмысының технологиялық схемасына, топырақтың сіңіру меншігіне және суармалы беттің көлбеуіне байланысты анықталады. Беткі суарудан айырмашылығы, әдетте ауыр механикалық құрамы бар топырақтарда аз, ал жеңіл механикалық құрамы бар топырақтарда көп

болады.

7. Суару мерзімдері, саны және суару кезеңдердің ұзақтығы ұсынған су тұтыну тапшылығының интегралды қисығы (өсімдіктердің суармалы суға қажеттілігі) бойынша графикалық-талдамалық тәсілмен есептеледі, оның құрылысы су тұтыну тапшылығының онкүндік, айлық немесе фазалық мәндері бойынша жүргізіледі.

8. Суарудың ылғалдылық режимі үшін міндетті шарт болып табылатын топырақтың белсенді қабатынан тыс ылғалды сүзу болмаған кезде суды тұтыну тапшылығын есептеу теңдеу бойынша орындалады:

$$E_{vi} = E_{vi} - [P_i + (W_{mi} - W_{ki}) \Gamma_1] \quad (12)$$

мұндағы, E_{vi} -есептік кезеңдегі жалпы су тұтыну (мм); P -кезеңдегі атмосфералық жауын-шашын мөлшері (мм); W_{mi} , W_{ki} - кезеңнің басында және соңындағы белсенді топырақ қабатындағы ылғал қоры (мм).

Кесте 8 – Белсенді ылғал алмасу тереңдігі және суару нормаларының оңтайлы мөлшері (м³/га)

Дақыл	Даму фазалары	Ылғалданудың тереңдігі, см	Топырақтың механикалық құрылымы		
			жеңіл	орта	ауыр
1	2	3	4	5	6
Дәнді, масақты	түптену-масақтану	50-70	500-700	600-700	700-900
	түптену-сүттеніп пісу	70-90	700-800	800-1000	1000-1200
Бұршақ	бүрлену-гүлдену	50-60	500-600	600-700	700-800
	гүлдену-дәннің толысуы	60-80	600-700	700-900	800-1000
Картоп	шығу-гүлденудің басталуы	30-50	400-500	500-600	600-700
	гүлдену-сабақтың жойылуы	50-70	500-700	600-800	700-900
Қант қызылшасы	жапырақ дамуының жеделдеуі	40-60	400-600	500-700	600-800
	жапырақ дамуының жеделдеуі-тамырдың дамуы	60-80	600-700	800-900	800-1000
	қант жинау кезеңі	80-90	700-800	900-1000	1000-1200

8 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
Жүгері	шашақгүлдің дамуына дейін	40-70	500-700	600-800	700-900
	шашақгүлдің дамуы-сүттеніп пісу	70-90	700-800	800-1000	1000-1200
Көп жылдық шөптер	түптену	40-60	400-600	500-700	600-800
	орымнан кейінгі бүрлену	60-80	600-700	700-900	800-1000
	орымнан кейінгі гүлдену	80-100	700-900	900-1200	1100-1300
Былтырғы жылғы дақылдар	Вегетациялық кезең	80-120	800-900	900-1200	1200-1300
Көкөністер (қырыққабат, қызанақ, қиыр, пияз)	көктеу (отырғызу, гүлдену)	20-30	200-300	300-400	400-500
	Гүлдену-даму	30-40	300-400	400-500	500-600
	Пісу, жинау	40-60	400-500	400-600	500-700
Ескерту – Дереккөз [122,с. 28]					

9. Әр кезеңнің соңында ылғал қоры осы кезеңнің белсенді қабатындағы топырақтың ылғалдылығы суармалы жерлерде рұқсат етілетін төменгі шегіне дейін төмендеген жағдайда есептеледі.

Орындалған есептеулердің нәтижесінде суарудың оңтайлы режимдері айқындалып, суару саны, суарудың басталу және аяқталу күні, суаруаралық кезең, гидромодулді аудандастыру кезіндегі барлық табиғи, климаттық, топырақ-мелиоративтік және гидрогеологиялық факторларды ескере отырып, суару және суару нормалары анықталып, ұсыныстар келтірілді.

Әрбір гидромодулді аудан үшін ауыл шаруашылығы дақылдарын суарудың әзірленген режимдерінің деректері арнайы ведомстволарға жинақталатын болады [125,с. 28].

3.3 Гидромодулдік аудандастыруда жерді арақашықтан зондылау және машиналық оқыту моделі

Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптары орналасқан массивтерін анықтау жерді арақашықтан зондылау деректері мен машиналық оқыту кітапханаларына негізделген. Соның бірі ретінде, кең қолданыстағы, әрі Google Earth Engine (GEE) бұлтты есептеу платформасына интеграцияланған *geemap* пакетін атап айтуға болады.

Geemap - интерактивті картаға түсіруге арналған ғарыштық түсірістер мен геокеңістіктік деректер жиынтығымен әрекеттесуге мамандандырылған Python пакеті. GEE Earth Engine серверлеріне есептеу сұрауларын орындау үшін

JavaScript және Python API интерфейстерін ұсынады. Geemap Python пакеті ipyleaflet және ipywidgets негізінде құрастырылып, қолданушыларға Jupyter notebook көмегімен Earth Engine деректер жиынтығын интерактивті түрде талдауға және визуализациялауға мүмкіндік береді.

Geemap пакетін интерактивті картаға түсіру функциясы Ipyleaflet және Folium-ға негізделген, екеуі де интерактивті карталар құрастыру үшін Jupyter Notebook-ке тәуелді. Ipyleaflet пен Folium арасындағы негізгі айырмашылыққа: Ipyleaflet Ipywidgets-ке негізделген және интерфейс пен сервер арасындағы екі бағыттағы байланысты қамтамасыз етеді. Ал Folium тек статикалық деректерді көрсетуге арналған [117,р. 2305].

Әдетте қашықтықтан зондтау деректерін талдаудың 3 негізгі кезеңі бар, атап айтқанда алдын ала өңдеу, талдау және бағалау.

Алдын ала өңдеуді орындағаннан немесе талдауға дайын деректер жиынтығын анықтағаннан кейін мәселені шешуде ең қолайлы аналитикалық тәсіл мен әдісті (немесе әдістерді) таңдау қажет. Осы мақсат үшін зерттелетін құбылыс туралы ақпарат, статистикалық мәліметтерді алу және көрсеткіштерді бағалау кезеңдерін ескеру қажет.

Деректерді басқарудың оңтайлы құрылымы талдау үшін тиісті деректерді біріктіруге мүмкіндік береді немесе балама түрде әртүрлі (виртуалды) орындарда сақталған дерекқорлардан алынған деректер жиынтығына қол жеткізу құралдарын ұсынады. Тәсілдің маңызды артықшылықтарының біріне - талдау үшін тек тиісті деректерді анықтау жалған нәтижелерден қорғауға көмектеседі.

Аналитикалық мәселенің түрін анықтаудан басқа, аналитикалық тәсілді немесе тәсілдердің жиынтығын таңдау керек. Аналитикалық тәсілдерді кең мағынада статистикалық машиналық оқыту әдістері, ақпараттандырылған статистикалық Машиналық оқыту әдістері, физикаға негізделген және объектіге негізделген әдістер ретінде жіктеуге болады.

Статистикалық машиналық оқыту әдістері - қашықтан өлшенетін ковариаттар мен қажетті айнымалылар арасында міндетті себеп-салдар байланысы немесе тіпті белгілі байланысы жоқ статистикалық қатынастарды орнату үшін қолданылатын әдістер.

Аналитикалық тәсілді таңдау қолданушының деректерге және қашықтықтан зондтау кірістері мен мақсатты бағалаулар арасындағы байланыстың негізіндегі физикалық процестерді түсіну дәрежесіне байланысты.

Әдістерді объектілерге де қолдануға болады, мысалы, көптеген пикселдерден тұратын объектілерді өсімдік жамылғысының түріне қарай жіктеу үшін кеңейтілген регрессия ағашы қолданылады. Талдауға дейін объектіге бағытталған пиксельді кластерлеу әдістерін қолдану ғарыштық түсірістерді жоғары ажыратымдылықта өңдеуге және деректердің өлшемін азайтуға, яғни мыңдаған жеке пикселдерді емес, 50 нысанды немесе кластерді талдауға артықшылықтар береді. Кез-келген әдісті таңдау, ажыратымдылық деңгейінде өлшеуде және/немесе белгісіздікте кейбір қателіктерге әкелетінін білу және ескеру маңызды.

Машиналық оқытудың статистикалық әдістері, сондай-ақ эмпирикалық әдістер деп аталады, себеп-салдарлық байланысы жоқ қолданылатын спектрлік жолақтар немесе жиіліктер мен өлшенетін айнымалы (далалық мәліметтер негізінде) арасында статистикалық байланыс орнатылатын жағдайлар ретінде анықталуы мүмкін. Бұл қатынас параметрлік, жартылай параметрлік немесе параметрлік емес болуы мүмкін.

Statistical machine learning тәсілдерінің басты артықшылығы - модельдің үлгісі мен қателігін сипаттаудың, нәтижелері мен айнымалылар арасындағы қатынастарды бағалау мен болжаудың математикалық қатаң әдісін ұсынуы. Олар сондай-ақ белгілі бір болжамдар бойынша гипотезаларды тексеру үшін пайдаланылуы мүмкін, ал шешім ағаштары сияқты кейбір үлгілерде болжамдар жеткіліксіз. Кемшіліктеріне - модельді оқыту немесе нәтижелерін тексеру үшін қажетті бастапқы сенімді деректердің болуы. Сенімді деректерге мұндай тәуелділік оларды экстраполяциялау немесе басқа контексттерге көшіру қиын болуы мүмкін дегенді білдіреді.

Әр түрлі тапсырмаларды орындайтын көптеген өзіндік статистикалық машиналық оқыту алгоритмдері бар. Тұрақты даму мақсаттарына қатысты қашықтықтан зондтау деректеріне қатысты кейбір Алгоритмдер төрт негізгі аналитикалық мақсатқа сәйкес топтастырылған: жіктеу, кластерлеу, регрессия және өлшемді азайту.

Машиналық оқытудың статистикалық әдістері, сондай-ақ эмпирикалық әдістер деп аталады, себеп-салдарлық байланысы жоқ қолданылатын спектрлік жолақтар немесе жиіліктер мен өлшенетін айнымалы (далалық мәліметтер негізінде) арасында статистикалық байланыс орнатылатын жағдайлар ретінде анықталуы мүмкін. Бұл қатынас параметрлік, жартылай параметрлік немесе параметрлік емес болуы мүмкін. Жартылай эмпирикалық әдістер деп те аталатын машиналық оқытудың ақпараттандырылған статистикалық әдістері процесс туралы білімді статистикалық машиналық оқыту немесе эмпирикалық модельдермен біріктіреді.

Әр түрлі бағыттағы тапсырмаларды орындауда көптеген статистикалық машиналық оқыту алгоритмдері қолданылады. Тұрақты даму мақсаттарына қатысты қашықтықтан зондтау деректеріне қатысты алгоритмдер жіктеу, кластерлеу, регрессия және өлшемді азайту атты 4 негізгі аналитикалық мақсатқа сәйкес топтастырылады [67,р. 1365].

Jupyter notebook ортасының көмегімен гидромодульді аудандастырудың геоақпараттық моделін құрастыру. Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульді аудандастыруда Python бағдарламалау тілінің geopandas, geopar, Earth Engine кітапханалары мен фреймворктері қолданылды (сурет 16).

Топырақтың механикалық құрылымы мен ыза суларының тереңдігін geopandas кітапханасын пайдалану арқылы өңдеу номинативті класстарға жіктеумен бірге жүзеге асырылды. Номинативті кластар мәтіндік ақпаратты эквивалентті санмен байланыстыруға негізделіп, математикалық операциялар орындауға мүмкіндік береді.

Ең алдымен, шейп файлды өңдеу және алдын ала дайындау кезеңі жүргізілді. Ауылшаруашылық алқаптары, өңдеу процессін жеделдету мен компьютердің ресурстарын оңтайлы пайдалану мақсатында, жеке суару массивтеріне (алқаптар) бөлініп, ыза суларының тереңдігі мен топырақтың механикалық құрылымын атрибутивті кестеде сақталды. Ыза суларының жату тереңдігі бойынша автоморфты (1), жартылай гидроморфты (2) және гидроморфты (3) класстарға жіктелуі жүзеге асырылды. Ал топырақ механикалық құрылымы мен әдістеме [21,с. 24] бойынша сазды (0), орта саздақты (1), құмайт және құмды (2), орта және жеңіл саздақты (3), ауыр саздақты (4), орта, жеңіл және ауыр саздақты (5), ауыр және әртүрлі саздақты (6) класстарына жіктелді.



Сурет 16 – Суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульді аудандастыру моделінің схемасы

Деректерді өңдеу jupyter notebook бағдаламалау ортасында, geopandas, geemap кітапханаларын пайдаланумен орындалды. geemap кітапханасын пайдалану Earth Engine (ee) пакетін инициализациялаумен басталады (сурет 17).

```
In [1]: import geemap
import ee

In [*]: Map = geemap.Map()
Map

To authorize access needed by Earth Engine, open the following URL in a web browser and follow the instructions:
https://code.earthengine.google.com/client-auth?scopes=https%3A%2F%2Fwww.googleapis.com%2Fauth%2Fearthengine%20https%3A%2F%2Fwww.googleapis.com%2Fauth%2Fcloud-platform%20https%3A%2F%2Fwww.googleapis.com%2Fauth%2Fdevstorage.full_control&request_id=DIU4R8p5Izejcb46PS4k02R0jbsQsYwvdVUa98ZFmY&tc=_VQHIt0Rz

The authorization workflow will generate a code, which you should paste in the box below.

Enter verification code: Sox8qf891g6SpuVjSw1qcwK0qn20uE_e4V2EVeAOIAePz3troKj
```

Сурет 17 – Geemap және Earth Engine пакеттерін импорттау, инициализациялау (токен генерациясы)

Python Earth Engine API пакетінде геомар қолдану кезінде автоматты түрде earth engine-api пайдаланады. Jupiter notebook ұяшығына келесі сценарийді енгізіп, орындау үшін *Shift + Enter* пернелерін басу қажет.

Жоғарыда сипатталған сценарийді іске қосқаннан кейін браузерде Earth Engine кіру сұранысы ашылып, Google Earth Engine аутентификаторы арқылы кіру сұралады. Инициализация процесі Google Earth Engine бұлттық өңдеу жүйесіне сұраныс жасау, gmail.com поштасына жеке рұқсат беру негізінде, токен генерациясымен жүреді. Сандық-әріптік-таңбалық элементтерінен құралған токен jupyter notebook ортасы ұсынған формаға толтырылады. Бетте көрсетілетін аутентификация коды көшіріліп, растау кодын сұрайтын блокнот ұяшығына қойылады. Enter пернесін басып, енгізілген авторизация кодының астында сәтті сақталған хабарлама пайда болады. Инициализация және аутентификация *ee.Authenticate()* және *ee.Initialize()* скриптары арқылы орындалады.

18-суретте pandas кітапханасының құрамындағы georandas арқылы шейп файлды импорттау және matplotlib негізінде бейнелеу орын алды, атап айтқанда *georandas.read_file()* функциясы файл орналасқан директорияны кіріс ақпараты ретінде қабылдап, кейінгі операциялар үшін айнымалы құрайды.

```
In [2]: irrland_massif_shp = gpd.read_file('data/shape_files/irrigated_massif2.shp')
print(irrland_massif_shp)
%matplotlib inline
irrland_massif_shp.plot(column='irr_massiv', cmap=None, legend=True, figsize=(20, 20), legend_kwds={'loc': 'upper left'})
```

	OBJECTID	irr_massiv	hdm_dist	ground_w	soil_mekh	\
0	1	Ақдала алқабы	V	2	3	
1	2	Бестөбе алқабы	I	1	0	
2	3	Күшік-Қалпы суару алқабы	VII	3	4	
3	4	Қаратал күріш жүйесі	II	1	1	
4	5	Қаратал күріш жүйесі	IX	3	6	
...
2712	2713	Шеңгелді алқабы	V	2	3	
2713	2714	Шеңгелді алқабы	V	2	3	
2714	2715	Шеңгелді алқабы	V	2	3	
2715	2716	Шеңгелді алқабы	V	2	3	
2716	2717	Шеңгелді алқабы	V	2	3	

```

geometry
0 POLYGON Z ((76.73069 44.50647 0.00000, 76.7287...
1 POLYGON Z ((79.30786 42.95867 0.00000, 79.3063...
2 POLYGON Z ((77.86772 45.08216 0.00000, 77.8673...
3 POLYGON Z ((78.25204 45.15437 0.00000, 78.2493...
4 POLYGON Z ((78.14161 45.21347 0.00000, 78.1418...
...
2712 POLYGON Z ((77.63904 43.94946 0.00000, 77.6441...
2713 POLYGON Z ((77.54154 43.91616 0.00000, 77.5409...
2714 POLYGON Z ((77.57501 43.96958 0.00000, 77.5796...
2715 POLYGON Z ((77.50240 43.97141 0.00000, 77.5055...
2716 POLYGON Z ((77.55251 44.02010 0.00000, 77.5508...

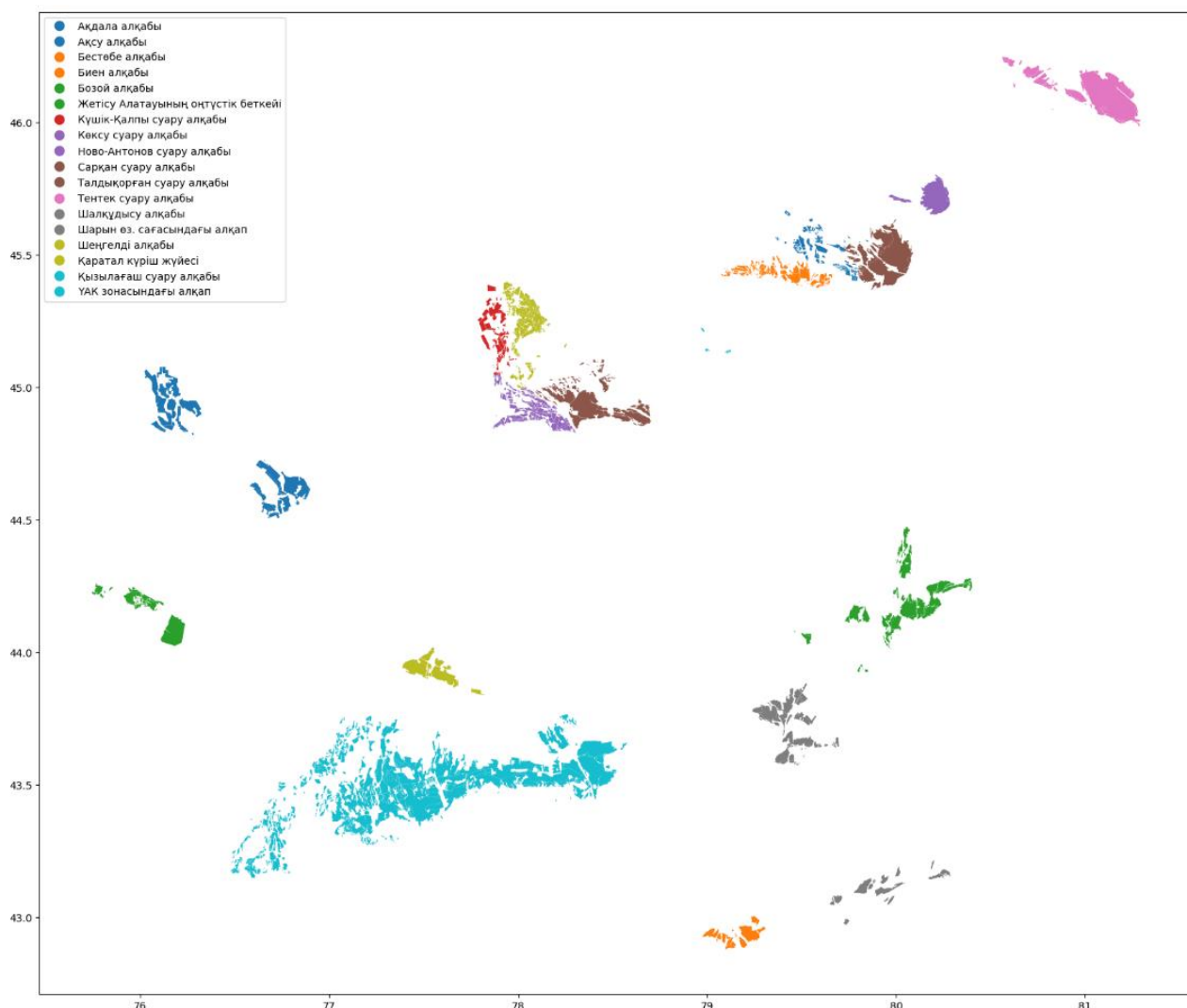
[2717 rows x 6 columns]
Out[2]: <Axes: >
```

Сурет 18 – Georandas кітапханасының негізінде шейп файлды импорттау және бейнелеу

Print() функциясы арқылы шейп файлдың атрибутивті құрылымы анықталды. *%matplotlib inline* және *irrland_massif_shp.plot(column='irr_massiv', cmap=None, legend=True, figsize=(20, 20), legend_kwds={'loc': 'upper left'})* функционалы арқылы деректерді картографиялық бейнелеу орындалды.

19-суреттегі matplotlib көмегімен бейнеленген деректер түстік

ерекшеліктер арқылы суармалы алқаптар негізінде жіктеліп, Алматы және Жетісу облыстарының сәйкес экстенді мен географиялық меридиан, параллель, сонымен қатар шартты белгімен анықталған. Элементтердің орналасу позициясы *legend_kwd* опциясы, ал қажетті бағана *column* әдісі арқылы жүзеге асырылды.

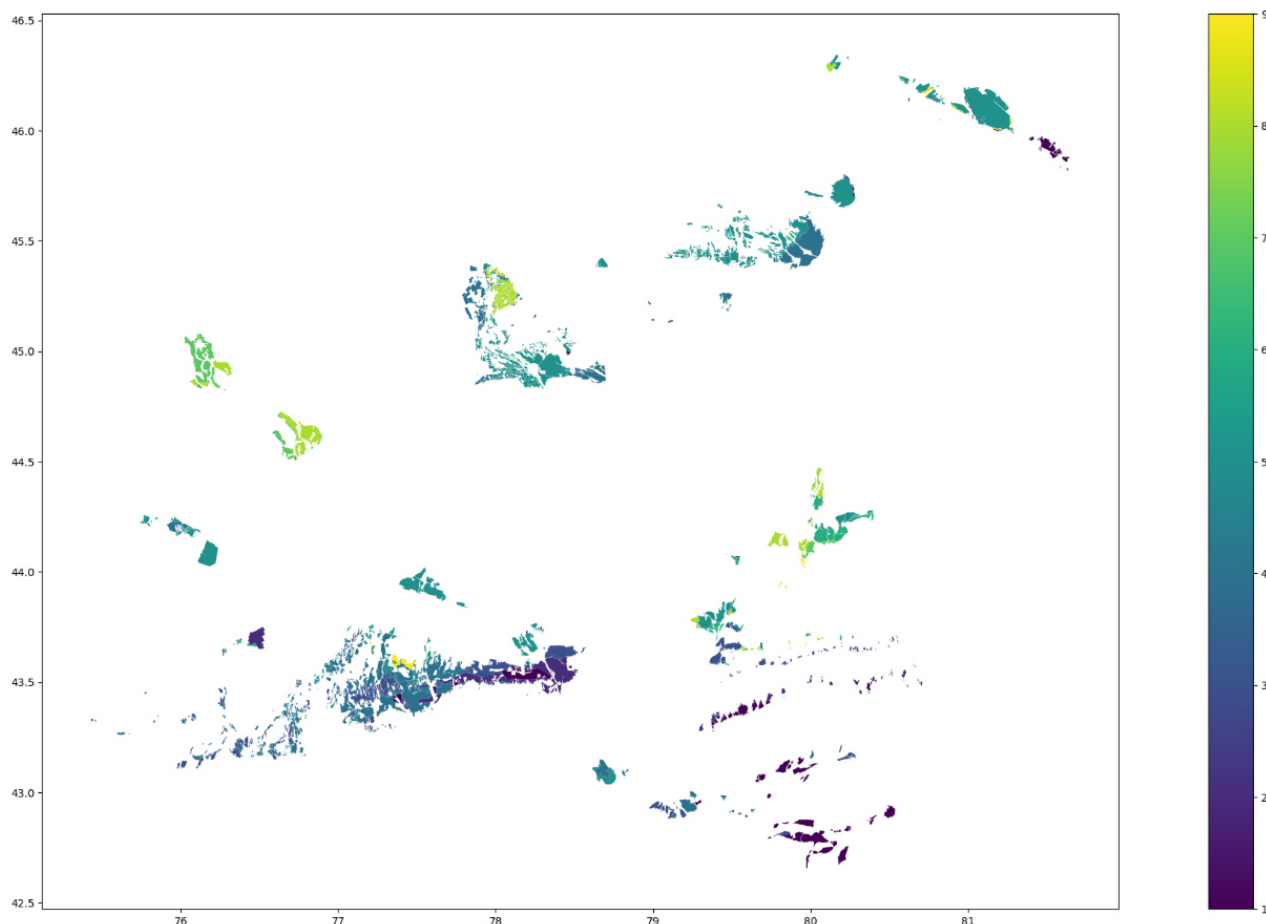


Сурет 19 – Matplotlib кітапханасы негізінде суармалы егіншілік алабтарының визуализациясы

Гидромулді аудандарды анықтау үшін жаңа өріс ашып, ыза сулар мен топырақтың механикалық құрылым номиниативті кластарын қарапайым математикалық қосу амалын орындап, жаңа мән тағайындау қажет. Сол үшін *if* шартының көмегімен, алдымен берілген атта өріс жоқтығына көз жеткізіп, жаңа өріске «0» санын тағайындап, *float* типі автоматты түрде өзгереді (*if 'hyd_m' not in irrland_massif_shp.columns: irrland_massif_shp['hyd_m'] = 0*).

Гидромулді аудандарды анықтау айнаымалы анықталған шейп файлдың өрісіне (*irrland_massif_shp['hyd_m']*) ыза сулар мен топырақтың механикалық құрылым класстарының қосындысын теңестірумен есептеледі (*irrland_massif_shp['ground_w'] + irrland_massif_shp['soil_mekh']*).

20-суретте математикалық операцияның нәтижесі жеке 9 гидромодульді аудан ретінде көрсетілген. Шартты белгі шкаласы #D1F542 және #371FD1 түстерінің арасында диапазон ретінде берілген.



Сурет 20 – Geopandas кітапханасының функционалдық мүмкіншіліктері негізіндегі гидромодульді аудандастырудың нәтижесі

Соңғы нәтижені бейнелеу matplotlib арқылы, ал жаңа шейп файлды экспорттау `irrland_massif_shp.to_file('data/hydromodule_zoning.shp', driver='ESRI Shapefile', encoding='UTF-8')` көмегімен орындалды. Шейп файлды сақтауда аса маңызды опцияларына сақтау директориясы, файлдың кеңейтілімі және кодтаманы айқындау болып табылады. Файлдың директориясы ретінде `hydromodule_model/data` папкасы, драйверлік кеңейтілімді ESRI компаниясының өнімдеріне сәйкес `shapefile`, ал кодтаманы UTF-8 модификациясымен, кириллица және қазақ тілінің таңбаларымен әрекеттесу үшін жасалды.

Сонымен, geopandas кітапханасының функционалдық мүмкіншіліктері арқылы шейп файлдағы мәліметтерді өңдеп, математикалық операцияның нәтижесінде гидромодульді аудандастырудың Python бағдарламалау тіліне негізделген коды жазылды (сурет 21).

geopandas кітапханасын импорттау

```
In [*]: import geopandas as gpd
```

geopandas арқылы shapefile форматын оқу және matplotlib арқылы бейнелеу

```
In [*]: irrigland_massif_shp = gpd.read_file('data/shape_files/irrigated_massif2.shp')
print(irrigland_massif_shp)
%matplotlib inline
irrigland_massif_shp.plot(column='irr_massiv', cmap=None, legend=True, figsize=(20, 20), legend_kwds={'loc': 'upper left'})
```

Суармалы егіншілік алқаптарын 9 гидромодульді ауданға жіктеу

```
In [*]: if 'hyd_m' not in irrigland_massif_shp.columns: # check if field exists
        irrigland_massif_shp['hyd_m'] = 0 # initialize field, float, two decimals

irrigland_massif_shp['hyd_m'] = irrigland_massif_shp['ground_w'] + irrigland_massif_shp['soil_mekh']

print(irrigland_massif_shp)
```

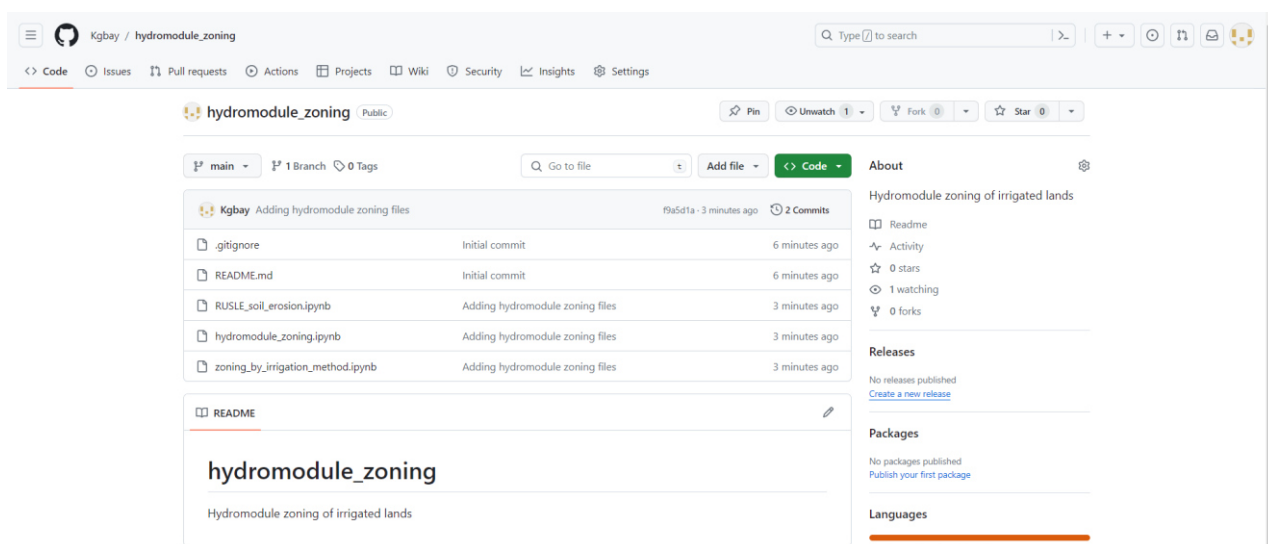
Нәтижені бейнелеу

```
In [*]: %matplotlib inline
irrigland_massif_shp.plot(column='hyd_m', legend=True, figsize=(30, 15))
```

```
In [*]: # Нәтижені сақтау
irrigland_massif_shp.to_file('data/hydrmodule_zoning.shp', driver='ESRI Shapefile', encoding='UTF-8')
```

Сурет 21 – Jupyter notebook бағдарламалық жасақтаманы құрастыру ортасындағы код

Гидромодульді аудандастыру бойынша кодтар Github репозиторийға (https://github.com/Kgbay/hydrmodule_zoning/blob/main/hydrmodule_zoning.ipynb) көшірілген (сурет 22).



Сурет 22 – Репозиторийге көшірілген деректер (https://github.com/Kgbay/hydrmodule_zoning.git)

Суармалы егіншілік алқаптарын суару әдістері бойынша аудандастыру.

Суармалы егіншілік алқаптарын суару әдістері бойынша жіктеу әдістемеге [21,с. 24] сәйкес жер бедерінің еңістік көрсеткіштері бойынша іске асырылды. Earth Engine пакеті арқылы USGS SRTMGL1_003 (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/USGS_SRTMGL1_003) жер бедерінің сандық үлгісіне негізделген ғарыштық түсірісі анықталды (сурет 23). Түстік ерекшеліктер dem_vis айнымалысы арқылы, минималды, максималды және палет опцияларын анықтау арқылы жүргізілді. Map.addLayer функциясы арқылы жердің сандық үлгісін картаға қосу орындалды.

```
In [*]: # Add earth engine dataset
dem = ee.Image('USGS/SRTMGL1_003')

# Set visualization parameters
dem_vis = {
  'min': 0,
  'max': 4000,
  'palette': ['006633', 'E5FFCC', '662A00', 'D8D8D8', 'F5F5F5'],
}

# Add Earth Engine DEM to map
Map.addLayer(dem, dem_vis, 'SRTM DEM')
```

Сурет 23 – USGS SRTM деректерін импорттау, бейнелеу параметрлерін тағайындау және картаға қосу

24-суретке сәйкес, шейп файлды жұмыс ортасына қосу, зерттеу аймағын (ROI) белгілеу және картаға қосу, жер бедерінің еңіс көрсеткіштерін анықтау және суару әдістері бойынша жіктеу жүзеге асырылды.

```
In [4]: path_shapefile = "data/hydromodule_zoning.shp"
ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)
Map.addLayer(ROI, {}, 'Region of Interest')
```

```
In [5]: slope = ee.Terrain.slope(dem).clip(ROI)
Map.add_layer(slope, {
  'min': 0,
  'max': 89.99},
  'Slope')
```

```
js_snippet = "" var slopeclass = ee.Image(1) .where(slopesmrt.gt(10).and(slopesmrt.lte(20)), 1) .where(slopesmrt.gt(20).and(slopesmrt.lte(30)), 2)
.where(slopesmrt.gt(30).and(slopesmrt.lte(40)), 3) .where(slopesmrt.gt(40).and(slopesmrt.lte(50)), 4) .where(slopesmrt.gt(50).and(slopesmrt.lte(90)), 5) ""
geemap.js_snippet_to_py(js_snippet, add_new_cell=True, import_ee=True, import_geemap=True, show_map=True)
```

```
In [6]: slopeclass = ee.Image(1) \
  .where(slope.gt(0).And(slope.lte(1.7)), 1) \
  .where(slope.gt(1.7).And(slope.lte(2.9)), 2) \
  .where(slope.gt(2.9).And(slope.lte(40)), 3)
# 1 - Қарықпен суару
# 2 - Жаңбырлатып суару
# 3 - Тамшылатып суару
```

```
In [7]: Map.add_layer(slopeclass, {}, 'Classified slope values')
```

```
In [8]: Map
```

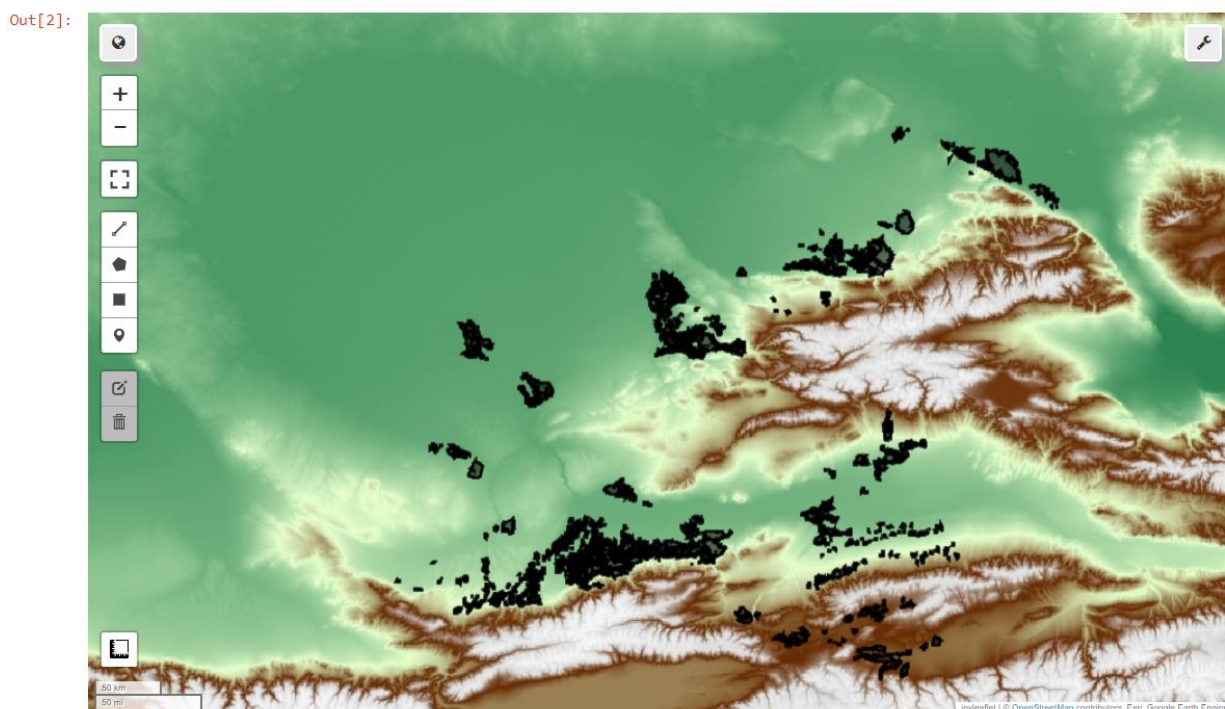
```
Out[8]:
```

Сурет 24 – Жер бетінің сандық үлгісін еңіс көрсеткіштеріне конвертациялау, алқаптарды суару әдістері бойынша жіктеу

Шейп файлды импорттау `path_shapefile = "data/hydromodule_zoning.shp"`

арқылы жүргізіліп, жаңа айнымалы ретінде ұсынылды. Зерттеу аймағын таңдау, яғни ROI (region of interest) айнымалысын анықтау `geemap` пакетінің `shp_to_ee` шейп файлды кеңістіктік фреймворкке айналдыру әдісі қолданылды: `ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)`. Сонымен қатар, `Map.addLayer(ROI, {}, 'Region of Interest')` функционалдық мүмкіншіліктерінің көмегімен деректерді карта бетіне енгізу орындалды.

Жердің сандық үлгісін еңіс көрсеткіштеріне айналдыру `slope = ee.Terrain.slope(dem).clip(ROI)` негізінде жүргізіліп, Earth Engine жүйесіндегі `Terrain.slope()` әдісі арқылы (сурет 25) еңіс көрсеткіштерін анықтау жүргізілді.

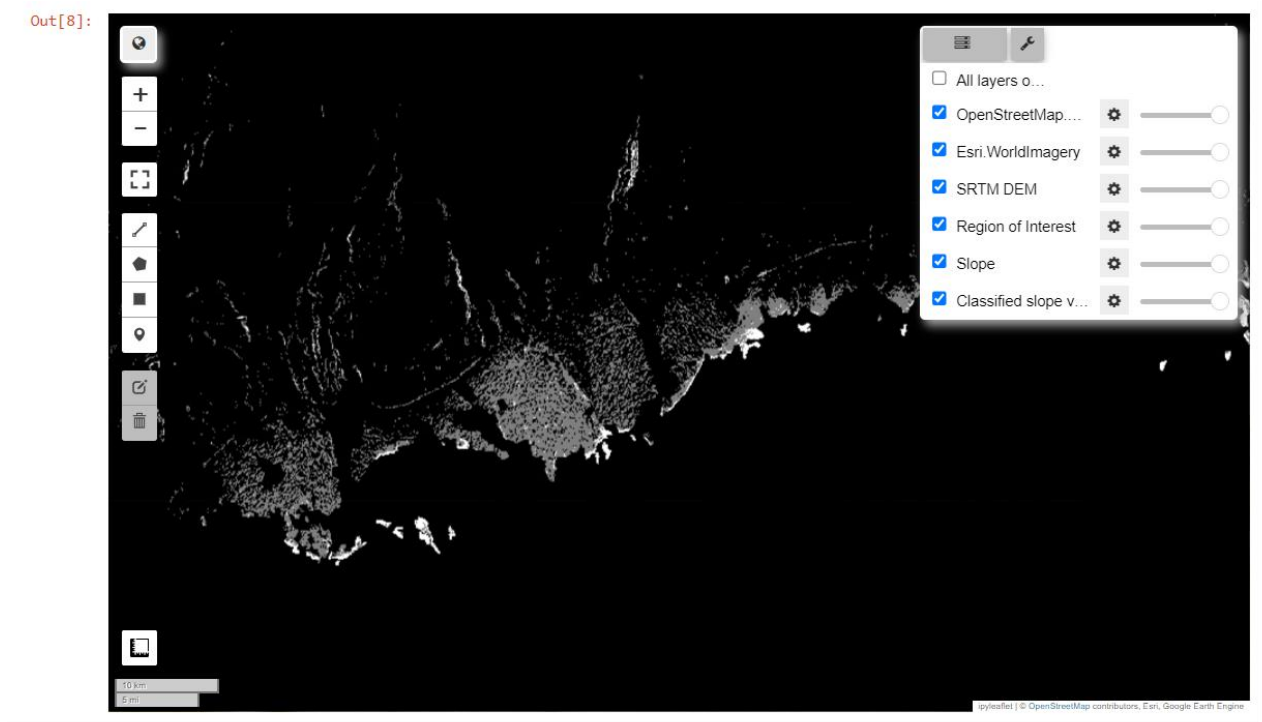


Сурет 25 – Жер бедерінің еңіс көрсеткіштерін анықтап, зерттеу аймағы бойынша кесу операциясы

Орындалған операциялардың нәтижелерін карта бетіне қосу `Map.add_layer(slope, {'min': 0, 'max': 89.99}, 'Slope')` әдісінің көмегімен жүргізілді.

26-суретте еңіс көрсеткіштерін шарт (where) түрінде 3 классқа жіктеу (0-1,7; 1,7-2,9 және 2,9-40 градус аралығы) жүргізілді: `slopereclass = ee.Image(1) \ .where(slope.gt(0).And(slope.lte(1.7)), 1) \ .where(slope.gt(1.7).And(slope.lte(2.9)), 2) \ .where(slope.gt(2.9).And(slope.lte(40)), 3)`

Алынған нәтижелерді карта бетіне қосу `Map.add_layer(slopereclass, {'palette': ['006633', 'E5FFCC', '662A00', 'D8D8D8', 'F5F5F5']}, 'Classified slope values')` құрылымымен жүзеге асырылды.



Сурет 26 – Суару әдістерін еңіс көрсеткіштері бойынша жіктеу

Суару әдістерін жеке кластарға жіктеу сандық мәндермен келтіріліп, соңғы нұсқасы Github репозиторийіне жүктеліп, commit (коммент) қалдырылды (https://github.com/Kgbay/hydromodule_zoning/blob/main/zoning_by_irrigation_method.ipynb).

geemap кітапханасының негізінде *NDVI* индексінің көрсеткіштерін *machine learning* әдісі арқылы жіктеу. Өсімдік жамылғысының өзгеруінің фенологиялық ерекшеліктерін анықтау мақсатында Landsat 8 Collection 2 мультиспектральді ғарыштық түсірістері қолданылды. 27-суретте *jupyter notebook* бағдарламалау ортасында қажетті кітапханалардың импорты және зерттеу аймағының векторлық файлы жүктеуі көрсетілді.

```
In [14]: import ee
import geemap
```

```
In [15]: Map = geemap.Map(center=(44.79, 77.92), zoom=7)
Map.add_basemap('Esri.WorldImagery')
```

```
In [16]: path_shapefile = "data/Alm_zh_regions.shp"
ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)
```

Сурет 27 – Geemap, ee кітапханаларын импорттау, экстентті белгілеу және шейп-файлды инициализациялау

Landsat 8 ғарыштық түсірістерін жүктеу және импорттау. *NDVI* индексі анықтау мақсатында жақын инфрақызыл (Near Infrared – SR_B5) және қызыл (Red – SR_B4) каналдардың деректері пайдаланылды. Талдау жасайтын

қатарлардың логикалық деңгейі ұқсас болғандықтан жалпыға ортақ функция құру іске асырылды, соған сәйкес келесі ретті деректерді таңдау және талдау ортақ жүйеге сәйкес орындалды (сурет 28).

```
In [17]: # function for loading Landsat 8
def choose_landsat_images(year: str):
    return ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')\
        .filterBounds(ROI)\
        .filterDate(f'{year}-05-01', f'{year}-09-30')\
        .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 30))\
        .select('SR_B4', 'SR_B5').median().clip(ROI)

# Loading Landsat 8 images by year
landsat8_2019 = choose_landsat_images('2019')
NIR_2019 = landsat8_2019.select('SR_B5')
Red_2019 = landsat8_2019.select('SR_B4')

landsat8_2020 = choose_landsat_images('2020')
NIR_2020 = landsat8_2020.select('SR_B5')
Red_2020 = landsat8_2020.select('SR_B4')

landsat8_2021 = choose_landsat_images('2021')
NIR_2021 = landsat8_2021.select('SR_B5')
Red_2021 = landsat8_2021.select('SR_B4')

landsat8_2022 = choose_landsat_images('2022')
NIR_2022 = landsat8_2022.select('SR_B5')
Red_2022 = landsat8_2022.select('SR_B4')

landsat8_2023 = choose_landsat_images('2023')
NIR_2023 = landsat8_2023.select('SR_B5')
Red_2023 = landsat8_2023.select('SR_B4')
```

Сурет 28 – Landsat 8 Collection 2 ғарыштық түсірістерін импорттау

Ғарыштық түсірістегі уақыт аралығын таңдау келесі функция арқылы орындалды: *def choose_landsat_images(year: str): return ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2').filterBounds(ROI).filterDate(f'{year}-05-01', f'{year}-09-30').filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 30)).select('SR_B4', 'SR_B5').median().clip(ROI).*

2019-2023 жылдар аралығын қамтитын NDVI индексі есептеу. 29-суретте индекстің формуласына сәйкес (13) жақын инфрақызыл және қызыл каналдардың көрсеткіштерін есептеу жүзеге асырылды.

```
In [18]: # Calculate NDVI by year
ndvi2019 = NIR_2019.subtract(Red_2019).divide(NIR_2019.add(Red_2019))
ndvi2020 = NIR_2020.subtract(Red_2020).divide(NIR_2020.add(Red_2020))
ndvi2021 = NIR_2021.subtract(Red_2021).divide(NIR_2021.add(Red_2021))
ndvi2022 = NIR_2022.subtract(Red_2022).divide(NIR_2022.add(Red_2022))
ndvi2023 = NIR_2023.subtract(Red_2023).divide(NIR_2023.add(Red_2023))

# Palette for NDVI values
palette = [
    'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718', '74A901',
    '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201', '004C00', '023B01',
    '012E01', '011D01', '011301']

# Adding NDVI to the Map
Map.addLayer(ndvi2019, {'palette': palette}, "NDVI 2019")
Map.addLayer(ndvi2020, {'palette': palette}, "NDVI 2020")
Map.addLayer(ndvi2021, {'palette': palette}, "NDVI 2021")
Map.addLayer(ndvi2022, {'palette': palette}, "NDVI 2022")
Map.addLayer(ndvi2023, {'palette': palette}, "NDVI 2023")
Map
```

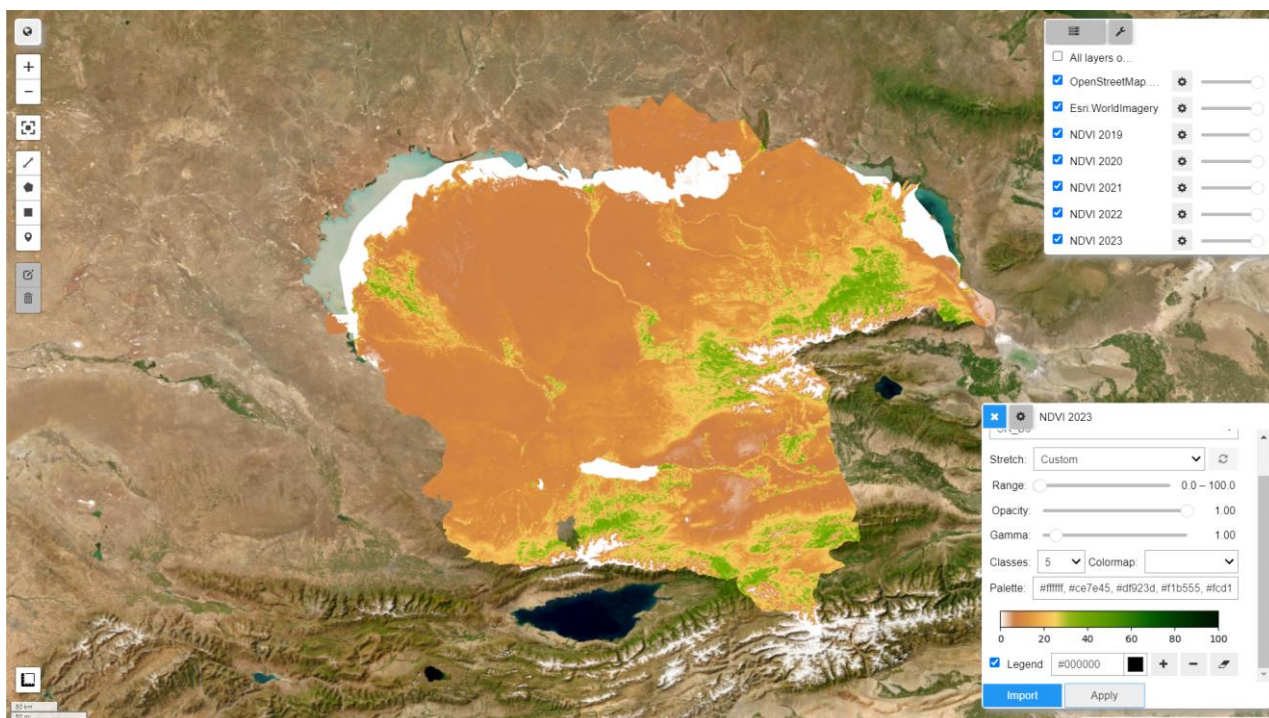
Сурет 29 – Jupyter notebook бағдарламалау ортасында NDVI индексі есептеу

NDVI индексі есептеу төмендегідей формуламен (13) анықталады:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (13)$$

мұндағы, NDVI – өсімдік жамылғысының нормаланған индексі, NIR – жақын инфрақызыл канал, Red – қызыл канал.

Есептеу процессін бағдарламалау ортасына интеграциялау үшін *subtract*, *add* және *divide* математикалық әдістері қолданылды. 30-суретте NDVI индексінің жылдар бойынша нәтижесі картографиялық форматта көрсетілген.



Сурет 30 – NDVI көрсеткіштерінің картада бейнеленуі

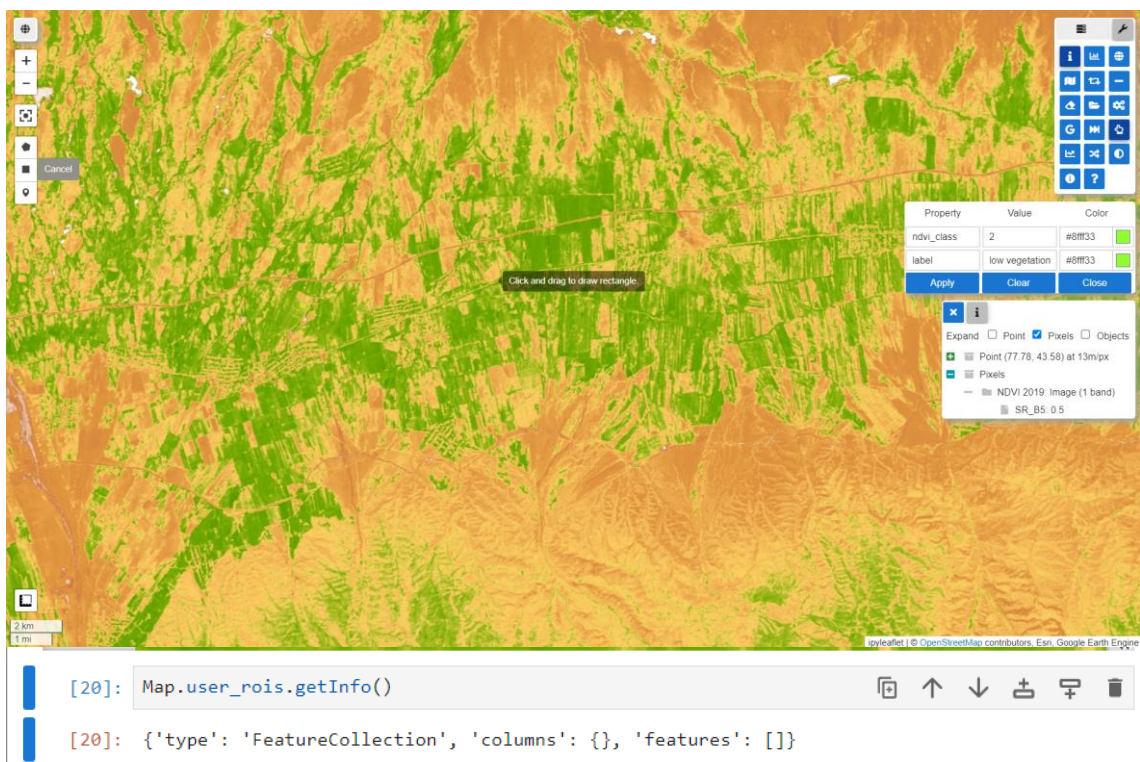
Өсімдік жамылғысының сандық сипаттамаларының 2019 жылдан 2023 жылдар аралығында өзгеруі *subtract* әдісімен жүзеге асырылды (сурет 31).

```
In [20]: # Compute ndvi values difference between the 2019-2023 years
diff2019_2020 = ndvi2020.subtract(ndvi2019)
diff2020_2021 = ndvi2021.subtract(ndvi2020)
diff2020_2021 = ndvi2021.subtract(ndvi2020)
diff2021_2022 = ndvi2022.subtract(ndvi2021)
diff2022_2023 = ndvi2022.subtract(ndvi2023)

Map.addLayer(diff2019_2020, {'palette': ['red', 'orange', 'yellow', 'blue']}, 'difference')
```

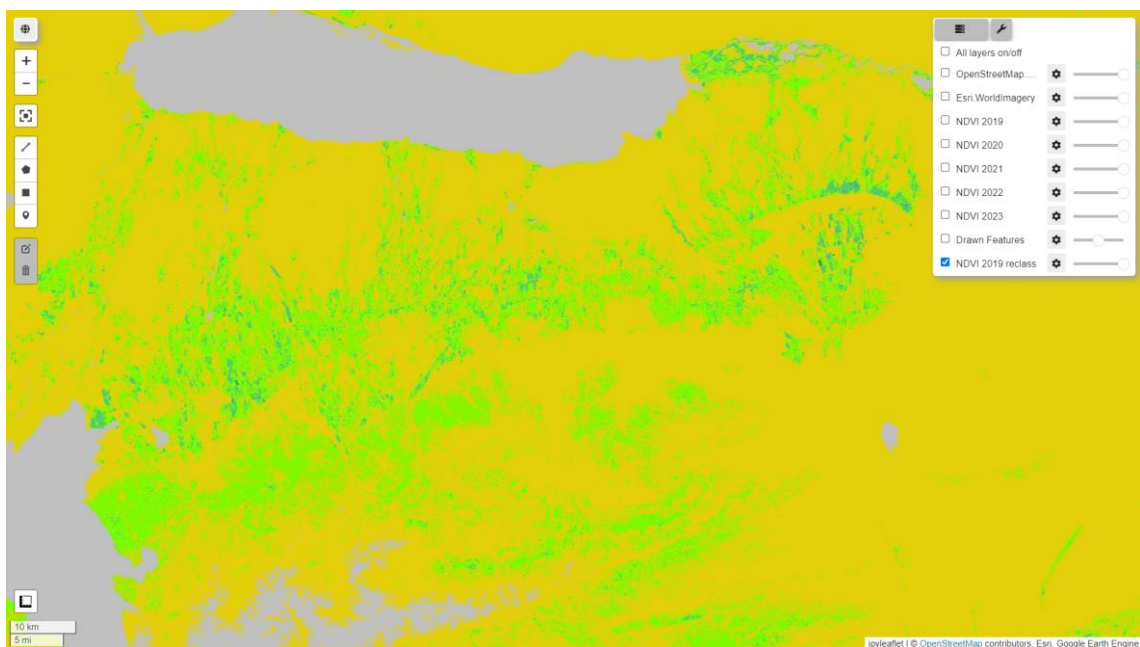
Сурет 31 – Өзгеріс динамикасын анықтау

Үйретуші деректерді құру, жинау және агрегациялау. *Collect training samples* батырмасы арқылы анықталған NDVI индексінің көрсеткіштері -1,0-0, 0-0,3, 0,3-0,4, 0,4-0,5 және 0,5-1,0 аралықтарын қамтитын 5 үйретуші классқа жіктелді (сурет 32).



Сурет 32 – Үйретуші деректерді анықтау

Зерттеу нәтижелері 33-суретке жеке класстарға бөлінген ImageCollection форматында көрсетілген.



Сурет 33 – Жеке класстарға жіктеу нәтижесі

Деректерді экспорттау. Деректерді экспорттау ee.Export функциясының көмегімен орындалды (сурет 34).

```
In [*]: task = ee.batch.Export.image.toDrive(  
    image=ndvi2019,  
    description='image_export',  
    folder='ee_demos',  
    scale=30,  
    crs='EPSG:4326',  
    maxPixels=1e13,  
    fileFormat='GeoTIFF',  
    region=ROI  
)  
task.start()
```

Сурет 34 – Зерттеу нәтижелерін экспорттау

GitHub репозиторийге деректерді көшіру. Гидромодульді аудандастыру және суару әдістерінің irunb форматындағы файлдарын Интернет желісіне, атап айтқанда кодпен бөлісу, сақтау және тарату мақсатында GitHub репозиторийіне (https://github.com/Kgbay/hydromodule_zoning) көшіру орындалды.

GitHub Веб-сервисі IT-жобаларды хостингке салу және бірлесіп әзірлеуде үлкен сұранысқа ие. Жүйеде репозиторийлерді біріктіріп, «жаңа» кодтың мысалдарына түсініктеме беріп, платформаны тұтынушыға жылдам ақпаратты ұсынуға мүмкіндігі бар бұлтты сақтау орны ретінде пайдаланады.

GitHub репозиторийімен жұмыс жасау үшін, ең алдымен жүйеге логин және парольмен тіркелу қажет. Тіркелгеннен кейін, репозиторийді ашу Start a project – репозиторий аты - Initialize this repository with a README - Create project қадамдары арқылы орындалады. Файлдарды импорттау Pull Request - Create Pull Request арқылы жүзеге асырылды.

4 WEB-GIS ТЕХНОЛОГИЯСЫ: СУАРМАЛЫ ЕГІНШІЛІК АЛҚАПТАРЫНЫҢ КЛИМАТ ЖӘНЕ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ БЕЙІМДЕЛУІ

Диссертацияның бұл тарауында геокеңістіктік ақпаратты ГАЖ ортасына интеграциялау арқылы жерүсті метеологиялық станциялар мен ашық климаттық деректерге (WorldClim және CHIRPS) талдау жүргізіліп, алынған нәтижелер негізінде Алматы және Жетісу облыстарының аумағында климаттың өзгеруінің гибриді моделі құрастырылды. Модель максималды және минималды ауа температурасының, орташа және жиынтық жауын-шашын мөлшер көрсеткіштерінің MAD, MSE, RMSE, MAPE көмегімен орташа мәннен ауытқуына негізделеді. Зерттеу нәтижелері бойынша орта есеппен атмосфералық жауын-шашынның орташа мөлшері 2 мм-ге, жиынтық мөлшері 5 мм-ге, ал температураның $+0,8^{\circ}\text{C}$ -қа атқандығы дәлелденді.

Екінші мәселе, суару жүйесінің тиімсіздігі мен су ресурстарын дұрыс пайдаланбау салдарынан пайда болатын су эрозиясын анықтауға бағытталған. Зерттеу барысында geemap, Earth Engine және python бағдарламалау тілінің бірқатар кітапханаларын пайдалану арқылы Алматы және Жетісу облыстарының аумағын RUSLE су эрозиясын анықтауға бағытталған көрсеткішімен аудандастыру жүзеге асырылды.

Үшінші, суармалы егіншілік алқаптарының атрибутивті ақпараты негізінде, Javascript және Python тілдерінің көмегімен Web-GIS қосымшасы құрастырылды. Қосымша Веб серверге жүктеліп, пайдаланушының қажетті ақпаратқа қол жеткізуі Django фреймворкі және Leaflet кітапханасы арқылы жүзеге асырылды.

4.1 Алматы және Жетісу облыстарының климаттық өзгерістері

Климаттың өзгерісін анықтау. Климаттық факторлардың қоршаған ортаға әсерін бақылау алынатын көрсеткіштердің сенімділігі мен қол жетімділігіне айтарлықтай үлесін қосады.

Зерттеуде келтірілген деректерге 1950-2000 жылдар аралығында метеологиялық станциялардың, 1961-2018 жылдар аралығында Worldclim деректерінің, 1981-2021 жылдар аралығында CHIRPS климаттық көрсеткіштерін жатқызамыз.

Worldclim ашық климаттық деректері - кеңістіктік интерполяцияланған, ай сайынғы климаттық деректер, кеңістіктік ажыратымдылығы шамамен 1 км (30 arcsecond), әлем масштабында 47 554 жауын-шашын мөлшерін және 14 835 бекетте максималды/минималды температура көрсеткіштерін тіркейтін бекеттер бар. Климаттық деректер қорын 1970-2000 жылдар аралығындағы температура (орташа, минималды және максималды), жауын-шашын, күн радиациясы, бу қысымы және желдің жылдамдығы туралы мәліметтер жиынтығы құрайды [126-128].

«The Climate Hazards group Infrared precipitation with Stations» (CHIRPS) Климаттық қауіптер тобының деректер жинағы «интеллектуалды» интерполяция әдістеріне және жоғары ажыратымдылыққа, инфрақызыл диапазондағы Cold

Cloud Duration (CCD) көмегімен бақылауларға негізделген жауын-шашынды бағалаудың ұзақ кезеңдерін қамтитын деректер көзі. CHIRPS алгоритмі $0,05^\circ$ климатология негізінде құрылып, өлшемдері шектеулі жерлерді бейнелеу үшін ғарыштық ақпаратты қамтиды, сонымен қатар 1981 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін $0,05^\circ$ негізінде жауын-шашынның күнделікті, бес күндік және айлық бағалау нәтижелері кіреді [128].

Климаттық деректер А.И. Воейков атындағы бас геофизикалық обсерваторияда (Санкт-Петербург қ., Ресей Федерациясы) әзірленген әдістеме бойынша «Қазгидромет» РМК дайындаған метеорологиялық станциялардан алынды. Алматы және Жетісу облыстарының аумағындағы метеорологиялық станцияларда жүргізілетін бақылау материалдарын климатологиялық өңдеу нәтижелері ұзақ және біртекті бақылау қатарларымен қамтылған.

Ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашынның деректерін республикалық ғылыми-өндірістік әдістемелік орталықтың климат бөлімінің қызметкерлері Л.Н. Игнатченко, А.И. Купчишино, А.Б. Жапбасбаева, Д.А. Нурмагамбетова, Б.А. Сазанова, К.Т. Елеуова, Г.А. Боранбай, К.А. Есжанова, Л.П. Морозова, А.С. Новашева, Г.Б. Турбекова Н.Р. Алияқбарова басшылығымен дайындаған. Әдістемелік нұсқаулық Microsoft Excel электрондық кестелерін құру, климаттық сипаттамаларды есептеу үшін макростар жазумен орындалған (Справочник по климату Казахстана).

Климаттық көрсеткіштердің верификациясы. Жер үсті және ашық климаттық деректердің ауытқу қателігін анықтау метеорологиялық станциялардың орналасқан жеріндегі пикселдердің орташа квадраттық мәнін анықтағаннан кейін өлшенді. Көрсеткіштерді тексеру орташа абсолютті ауытқу (MAD), орташа квадраттық қате (MSE және RMSE), орташа абсолютті пайыздық қатені (MAPE) қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Орташа абсолютті ауытқу (MAD) өлшенген мән (A_t) мен болжам (F_t) арасындағы абсолютті айырмашылықтардың қосындысын бақылаулар санына (n) бөліндісін білдіреді:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (14)$$

MAD диапазоны нөлден шексіздікке дейін өлшенеді (ең жақсы нәтиже 0 санын білдіреді).

Орташа квадраттық қате (MSE) - бақылаулар санына (n) бөлінген қате квадратының айырмасы ($A_t - F_t$):

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (15)$$

Орташа квадраттық қате (RMSE) - MSE квадрат түбіріне тең және метеорологиядағы, ауа сапасын зерттеудегі және климаттық зерттеулердегі модельдердің тиімділігін өлшеу үшін стандартты статистикалық көрсеткіш ретінде пайдаланылады:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (16)$$

Орташа абсолютті пайыздық қате (MAPE) - абсолютті қателердің орташа мәні бақылаулардың нақты мәндеріне бөлінеді:

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t}}{n} \times 100 \quad (17)$$

MAPE формуласын қолдану регрессиялық талдау үшін функция ретінде практикалық және теориялық тұрғыдан пайдалану оңтайлы модель құру, тәуекелдерді эмпирикалық азайтуда маңызы зор [129-134].

Климаттық деректердің верификациясы қателікті анықтайтын (14-17) формулаларын пайдалану арқылы, 34 метеорологиялық станцияның шеңберінде жүргізілді.

9-кестеде орташа жылдық және жалпы жауын-шашынның есептеу нәтижелері көрсетілген. 4 метеостанция (Текелі, Ассы, Мыңжылқы, Жаланащ) үшін жауын-шашынның орташа мөлшерінің MAD мәндері орта мәннен ең алыс (11,38-ден 18,67-ге дейін) көрсеткіштермен анықталды. 4 метеостанцияның мәндері (Үшарал, Жаланащкөл, Құйған, Жаркент) 2-ден аз қателікке ие (1,03-тен 1,90-ға дейін) болып, ең аз айырмашылықты анықтайды. MSE ең үлкен мәндері (120,27-ден 432,96-ға дейін) 6 метеостанцияда (Текелі, Ассы, ҰАК, Мыңжылқы, Жалаңаш, Кеген) тіркеліп, ал ең аз ауытқулары (1,92-ден 5,26-ға дейін) 3 метеостанцияда (Үшарал, Жалаңашкөл, Құйған) анықталған. RMSE ең үлкен мәндері (10,97-ден 20,81-ге дейін) 6 метеостанцияда (Текелі, Ассы, ҰАК, Мыңжылқы, Жалаңаш, Кеген), ал ең аз мәндері (1,38-ден 2,29-ға дейін) 3 метеостанцияда (Үшарал, Жаланащкөл, Жаркент) есептелді. MAPE ең жоғары мәндері (31,54%-дан 61,25-ға дейін) 5 метеостанцияда (Текелі, Ассы, Мыңжылқы, Жалаңаш, Кеген), ал ең төмен мәндері (6,68% және 7,71%) 2 метеостанцияда (Үшарал және Жаланащкөл) тіркелді.

Жауын-шашынның жалпы мөлшері метеорологиялық станциялардың барлығында үлкен мәнге ие. MAD (115,73-тен 232,18-ге дейін) ең үлкен мәні 7 метеостанцияда (Текелі, Ассы, Усть-Горельник, ҰАК, Мыңжылқы, Жаланащ, Кеген), ал ең кішісі (15,29-дан 26,31-ге дейін) 4 метеостанцияда (Үшарал, Жаланащкөл, Құйған, Жаркент) анықталды. 11798,0-ден 66112,8-ге дейінгі аралықты қамтитын MSE ең үлкен мәні 7 метеостанцияда (Текелі, Ассы, Алматы (Кам.Плато), ҰАК, Мыңжылқы, Жаланащ, Кеген), ал ең кішісі (366,31-ден 995,96-ға дейін) 4 метеостанцияда (Үшарал, Жаланащкөл, Құйған, Жаркент). RMSE ең үлкен мәні (108,62-257,12) 9 метеостанцияда (Текелі, Алматы (ОГМС), Ассы, Алматы (Кам.Плато), Усть-Горельник, ҰАК, Мыңжылқы, Жаланащ, Кеген), ал ең кішісі (19,14-47,88) 6 метеостанцияда (Үшарал, Алакөл, Жаланащкөл, Құйған, Жаркент, Бақанас). MAPE ең үлкен мәні (41,23%-63,16%) 4 метеостанцияда (Текелі, Ассы, Жаланащ, Кеген), ал ең аз мәні (8,06%-20,40%) 4 метеостанцияда (Үшарал, Жаланащкөл, Құйған, Жаркент) анықталды.

Кесте 9 – Жауын-шашынның орта және жалпы мөлшерін MAD, MSE, RMSE, MAPE формулалары арқылы есептеу (қателік деңгейі: 1,03 - аз; 18,67 - көп)

Метеорологилық станция	Орта жауын-шашын мөлшері				Жиынтық жауын-шашын мөлшері			
	MAD	MSE	RMSE	MAPE	MAD	MSE	RMSE	MAPE
Үшарал	1,03	1,92	1,38	6,68%	15,29	366,31	19,14	8,06%
Алакөл	2,9	12,15	3,49	16,64%	38,76	2165,4	46,53	18,79%
Матай	3,32	19,57	4,42	19,61%	44,35	3252,9	57,03	21,41%
Наймансүйек	3,26	18,99	4,36	25,20%	42,9	3038,1	55,12	26,80%
Жалаңашкөл	1,42	2,7	1,64	7,71%	23,14	751,25	27,41	10,90%
Аул №4	2,72	11,86	3,44	23,62%	37,05	2083,65	45,65	26,19%
Лепсі	4,43	27,24	5,22	16,88%	58,64	4594,31	67,78	18,53%
Құйған	1,9	5,26	2,29	17,96%	26,31	995,96	31,56	20,40%
Сарқан	5,15	38,71	6,22	20,90%	68,03	6404,95	80,03	22,73%
Үштөбе	3,07	17,79	4,22	17,95%	41,31	2923,66	54,07	19,70%
Талдықорған	4,18	28,4	5,33	17,99%	55,45	4680,8	68,42	19,70%
Жетіжол	4,3	29,08	5,39	25,85%	55,99	4692,88	68,5	27,67%
Бақанас	2,87	14,32	3,78	18,00%	37,92	2292,09	47,88	19,44%
Текелі	18,67	432,96	20,81	57,47%	232,18	66112,8	257,12	59,30%
Құғалы	4,89	40,21	6,34	16,72%	64,72	6643,18	81,51	18,38%
Сарыөзек	5,19	51,2	7,16	26,71%	68,45	8093,38	89,96	28,55%
Айдарлы	4,56	38,24	6,18	28,30%	59,02	5967,61	77,25	29,86%
Жаркент	1,59	3,66	1,91	9,83%	22,75	735,05	27,11	11,91%
Қарашоқ	5,26	43,87	6,62	23,32%	64,28	6696,8	81,83	23,35%
Қапшағай	4,58	28,58	5,35	18,81%	56,08	4470,29	66,86	18,93%
Шелек	4,26	35,85	5,99	23,94%	54,73	5477,55	74,01	25,09%
Ақсеңгір	5,37	42,01	6,48	19,27%	70,33	6936,32	83,28	21,08%
Есік	5,63	50,79	7,13	17,57%	73,88	8042,57	89,68	19,02%
Подгорное	5,42	48,59	6,97	23,39%	70,32	7616,28	87,27	24,91%
Ұзынағаш	5,19	39,72	6,3	17,47%	67,99	6477,97	80,49	18,95%
Алматы (ОГМС)	7,61	85,04	9,22	21,27%	99,11	13695	117,03	22,95%
Ассы	12,55	243,76	15,61	61,25%	158,04	37075,9	192,55	63,16%
Алматы	7,16	73,72	8,59	20,53%	92,61	11798	108,62	22,05%
Усть-Горельник	8,79	99,7	9,99	23,05%	115,73	16475,7	128,36	25,40%
Үлкен Алматы көлі (ҰАК)	9,41	120,27	10,97	26,31%	122,48	19422,2	139,36	28,51%
Мыңжылқы	11,38	174,71	13,22	31,54%	145,16	27503,8	165,84	33,40%
Жалаңаш	12,58	242,16	15,56	43,27%	163,66	38678,5	196,67	46,93%
Кеген	9,11	145,65	12,07	39,52%	115,85	22438,8	149,8	41,23%
Нарыңқол	5,14	42,07	6,49	26,34%	66,47	6705,96	81,89	28,18%
Ескерту – Дереккөз [59,р. 100423]								

10-кестеде ауаның максималды және минималды температурасының қателіктері көрсетілген. Ең жоғары ауа температурасы үшін MAD мәні (3,09-4,01) 3 метеостанцияда (Текелі, Сарқан, Үштөбе), ал ең төменгісі (1,49-дан 1,99-ға дейін) 9 метеостанцияда (Алакөл, Жаланаашкөл, Жаркент, Қапшағай, Ақсеңгір, Ұзынағаш, Жаланааш, Кеген, Нарыңкөл) тіркелген.

Кесте 10 – Максималды және минималды ауа температурасының көрсеткіштерін MAD, MSE, RMSE, MAPE формулалары арқылы есептеу (қателік деңгейі: 1,09 - аз; 6,16 - көп)

Метеорологилық станция	Максималды ауа температурасы				Минималды ауа температурасы			
	MAD	MSE	RMSE	MAPE	MAD	MSE	RMSE	MAPE
Үшарал	2,26	8,9	2,98	13,31%	3,61	20,79	4,56	61,24%
Алакөл	1,72	6,88	2,62	9,73%	3,62	30,49	5,52	47,39%
Матай	2,26	8,9	2,98	12,29%	3,65	21,85	4,67	86,81%
Наймансүйек	2,39	9,81	3,13	13,38%	3,52	20,37	4,51	208,84%
Жалаңашкөл	1,87	6,9	2,63	10,60%	3,44	28,99	5,38	32,46%
Аул №4	2,82	14,57	3,82	16,24%	3,57	20,38	4,51	45,41%
Лепсі	2,29	9,11	3,02	16,23%	4,3	33,01	5,75	164,80%
Күйған	2,52	11,6	3,41	14,44%	3,42	19,92	4,46	58,85%
Сарқан	3,09	17,43	4,18	19,17%	3,24	16,86	4,11	1060,82%
Үштөбе	3,1	15,97	4	16,35%	2,71	13,04	3,61	53,82%
Талдықорған	2,48	10,82	3,29	12,89%	3,68	22,07	4,7	49,52%
Жетіжол	2,62	10,91	3,3	13,74%	3,65	22,52	4,75	86,63%
Бақанас	2,28	9,11	3,02	11,53%	3,88	27,1	5,21	42,31%
Текелі	4,01	37,9	6,16	53,15%	1,09	2,46	1,57	11,99%
Құғалы	2,19	8,54	2,92	15,05%	3,05	15,28	3,91	160,04%
Сарыөзек	2,48	10,79	3,29	14,05%	3,26	18,21	4,27	173,60%
Айдарлы	2,32	9,14	3,02	11,44%	3,58	21,77	4,67	14,57%
Жаркент	1,95	7,17	2,68	9,40%	3,57	23,05	4,8	7,34%
Қарашоқ	2,36	9,67	3,11	13,80%	3,3	17,9	4,23	39,19%
Қапшағай	1,49	2,92	1,71	7,97%	3,67	26,57	5,15	10,81%
Шелек	2,57	9,45	3,07	12,68%	3,27	19,11	4,37	22,00%
Ақсеңгір	1,7	3,62	1,9	9,27%	4,01	26,26	5,12	17,30%
Есік	2,54	11,31	3,36	14,78%	2,81	12,96	3,6	14,43%
Подгорное	2,08	7,79	2,79	12,70%	2,52	11,08	3,33	41,65%
Ұзынағаш	1,7	3,67	1,92	9,79%	3,72	24,58	4,96	21,18%
Алматы (ОГМС)	2,35	10,25	3,2	12,50%	3,39	20,2	4,49	0,78%
Ассы	2,2	9,04	3,01	22,98%	3,03	14,16	3,76	44,67%
Алматы (Каменное плато)	2,34	10,05	3,17	14,64%	2,81	17,11	4,14	26,69%
Усть-Горельник	2,59	11,88	3,45	23,65%	2,9	10,95	3,31	96,17%
Үлкен Алматы көлі (ҰАК)	2,43	10,52	3,24	32,21%	2,59	8,6	2,93	36,46%
Мыңжылқы	2,62	8,35	2,89	52,76%	2,98	11,31	3,36	30,19%
Жалаңаш	1,82	5,63	2,37	11,70%	3,13	17,51	4,18	176,90%
Кеген	1,58	4,62	2,15	11,07%	3,61	21,31	4,62	549,14%
Нарыңқол	1,99	7,27	2,7	14,64%	3	15,58	3,95	134,30%
Ескерту – Дереккөз [59,р. 100423]								

MSE ең үлкен мәні (15,97-37,90) 3 метеостанцияда (Текелі, Сарқан, Үштөбе), ал ең кішісі (2,92-4,62) 4 метеостанцияда (Қапшағай, Ақсеңгір, Ұзынағаш, Кеген) анықталды. RMSE ең үлкен мәні (4,00-6,16) 3 метеостанцияда

(Текелі, Сарқан, Үштөбе), ал ең кішісі (19,14-тен 47,88-ге дейін) 3 метеостанцияда (Қапшағай, Ақсеңгір, Ұзынағаш) есептелген. MAPE ең үлкен мәні (19,17%-дан 52,76%-ға дейін) 6 метеостанцияда (Текелі, Сарқан, Ассы, Усть-Горельник, БАО, Мыңжылқы), ал ең кішісі (7,97-ден 9,79-ға дейін) 5 метеостанцияда (Алакөл, Жаркент, Қапшағай, Ақсеңгір, Ұзынағаш) байқалады.

Ең төменгі ауа температурасы үшін MAD ең жоғары мәні Лепсі және Ақсеңгір, ал ең төменгісі 8 метеостанцияда (Үштөбе, Текелі, Есік, Подгорное, Алматы (Каменное плато), Усть-Горельник, ҰАК, Мыңжылқы. MSE ең үлкен мәні 6 метеостанцияда (Алакөл, Жаланашкөл, Лепсі, Бақанас, Қапшағай, Ақсеңгір), ал ең аз мәні Текелі және Алматы (Каменное плато). RMSE ең үлкен мәні (5,12-ден 5,75-ке дейін) 6 метеостанцияда (Алакөл, Жаланашкөл, Лепсі, Бақанас, Қапшағай, Ақсеңгір), ал ең кішісі (1,53-тен 2,93-ке дейін) 2 метеостанцияда (Текелі, ҰАК) анықталды. MAPE ең үлкен мәні (208,84%-дан 1060,82%-ға дейін) 3 метеостанцияда (Наймансүйек, Сарқант Кеген), ал ең аз мәні (0,78%-дан 11,99%-ға дейін) 3 метеостанцияда (Текелі, Алматы (ОГМС), Жаркент) байқалады.

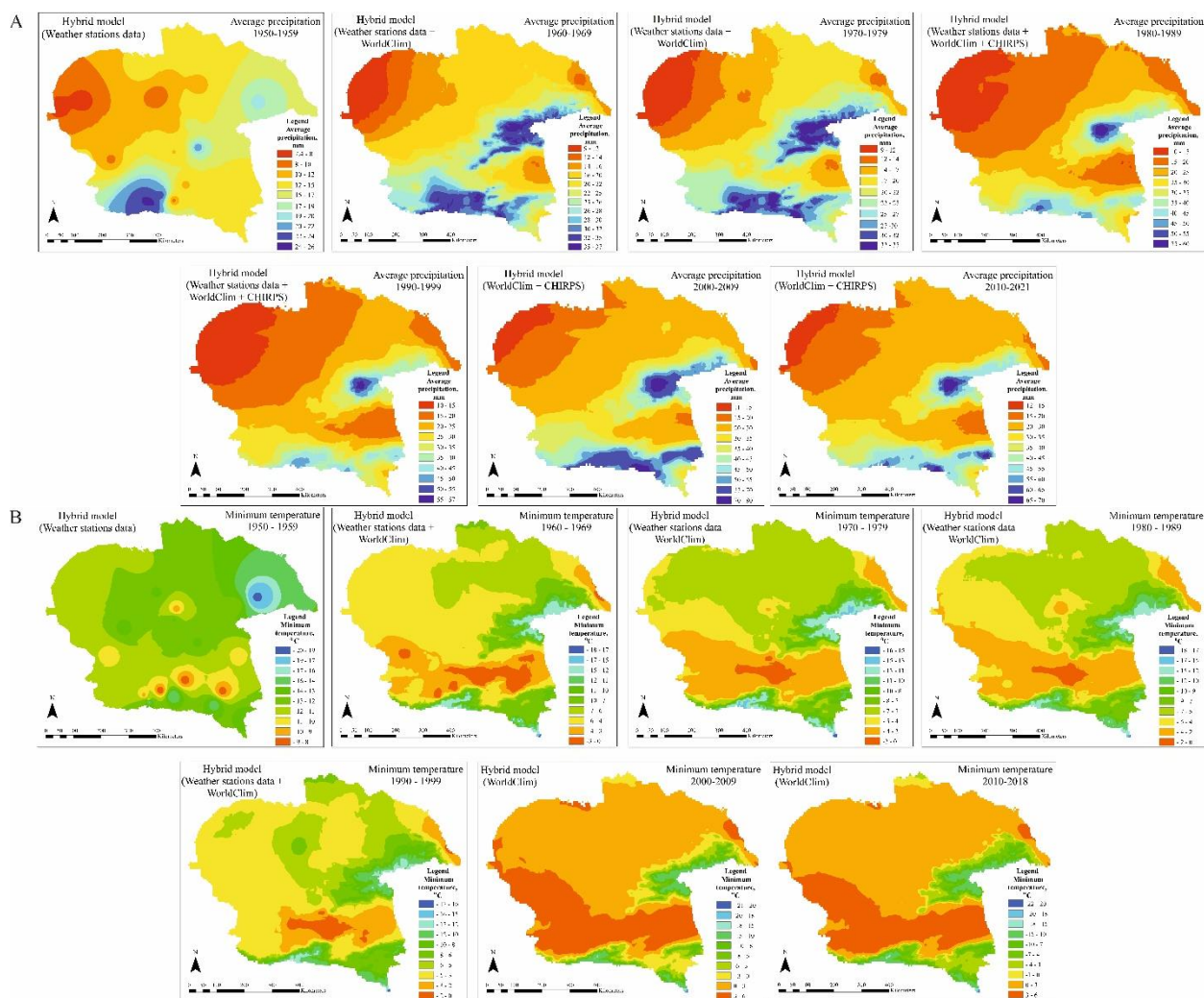
Климаттық көрсеткіштердің орта мәннен ауытқу қателіктері MAD, MSE, RMSE, MAPE көмегімен есептелген, көрсеткіштердің неғұрлым алыс мәндері биік таулы аудандарда және күрделі жер бедері таралған аймақтарда, атап айтқанда, Текелі, Қуғалы, Алматы (ОГМС), Мыңжылқы, Жаланаш, Ассы метеорологиялық станцияларында байқалды. Ең төмен көрсеткіштер ойпаттар мен жазық жер бедеріндегі Үшарал, Жаркент, Жаланашкөлде тіркелді.

Метеорологиялық және ашық климаттық деректердің негізінде гибридті модельдер құрастыру. Климаттық көрсеткіштердің гибридті модельдері арифметикалық ортаны табуда растрдың пиксель көрсеткіштерін қабаттастыру және есептеуге бағытталған (сурет 35, 36).

1950-1959 жылдардағы деректер статистикалық мәліметтерден алынып, орташа жауын-шашынның өзгеру диапазоны 7,4-тен 26 мм-ге дейін өзгерді. 1960-1969 және 1970-1979 кезеңдердің гибридті модельдері метеорологиялық станциялар мен WorldClim деректерінің орташа мәндерін есептеуге негізделіп, диапазоны 9-дан 35-37 мм-ге дейін өзгерген. 1980-1989 және 1990-1999 жылдардағы гибридті модельдер метеорологиялық станциялардың, сонымен қатар WorldClim және CHIRPS деректерін пайдаланып, 10-нан 57-60 мм-ге дейінгі диапазонда өзгерген. 2000-2009 және 2010-2021 гибридті модельдер WorldClim және CHIRPS деректерін өңдеу арқылы алынды, сонымен қатар модельдердің деректер диапазоны 11-12-ден 70-80 мм-ге дейін өзгерді.

1950-1959 жылдар аралығындағы кезең моделі метеорологиялық статистиканың интерполяцияланған нұсқасымен бірдей және 88 мм-ден 330 мм-ге дейінгі диапазонда өзгереді. 1960-1969 және 1970-1979 жылдардағы гибридті модельдер метеостанциялар мен WorldClim орташа арифметикалық мәндерін біріктіру және есептеуге негізделіп, 110-113 мм-ден 418-426 мм-ге дейінгі аралықты қамтиды. 1980-1989 және 1990-1999 кезеңдердің модельдері метеостанциялардың, WorldClim және CHIRPS деректерінің интеграциялауымен жүргізілді, сондай-ақ 121-128 мм-ден 686-720 мм-ге дейінгі диапазонға ие. 2000-

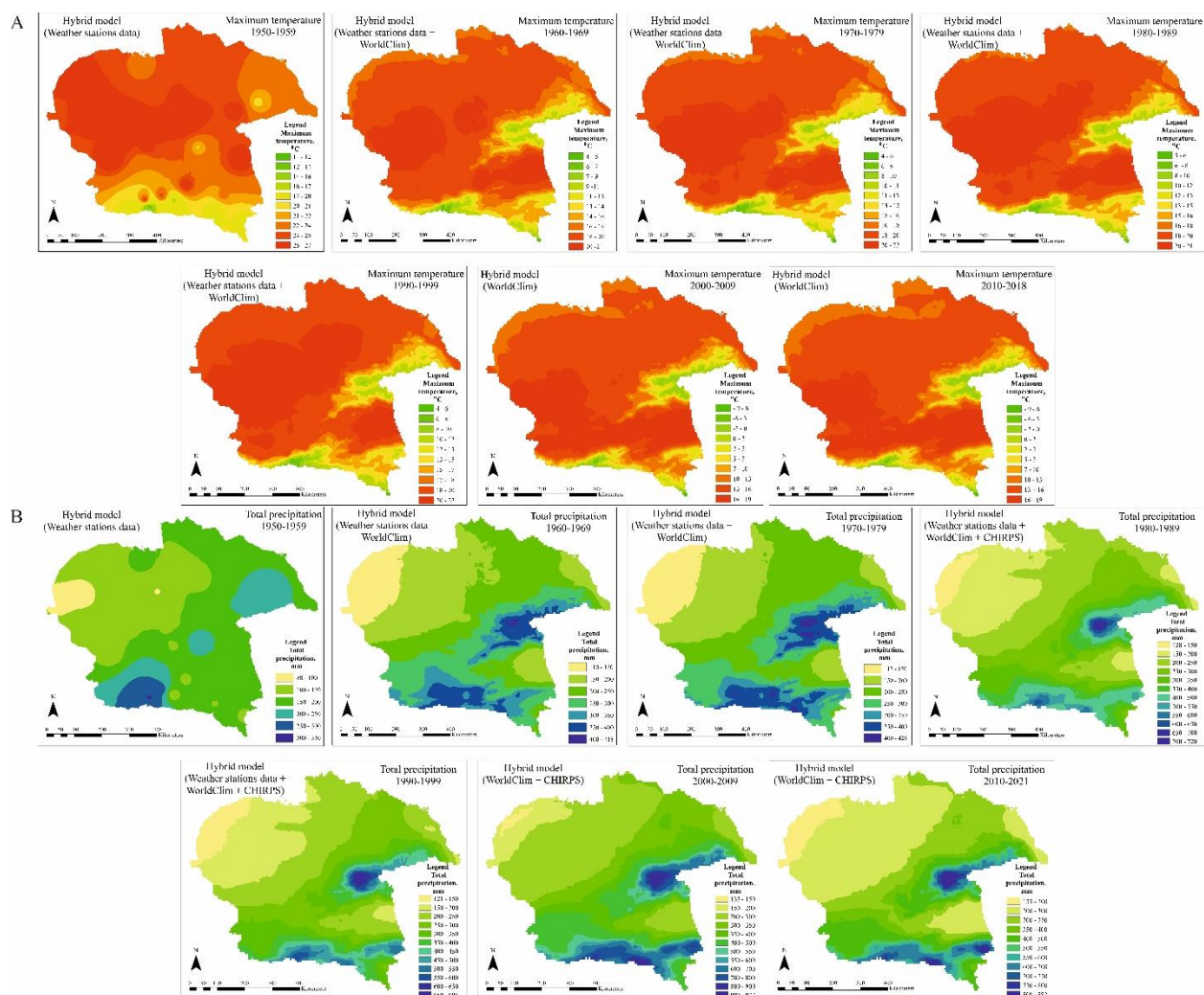
2009 және 2010-2021 кезеңдердің модельдері ашық климаттық деректерді өңдеу арқылы алынып, 135-155-тен 883-977-ге дейін өзгерді.



Сурет 35 – Орта (А) және жалпы жауын-шашынның (В) гибриді модельдері

Ескерту – Дереккөз [59,p. 100423]

36-суретте ауа температурасының максималды (сурет 36А) және минималды (сурет 36В) гибриді модельдері көрсетілген. 1950-1959 жылдардағы максималды ауа температурасының моделі интерполяцияланған метеорологиялық көрсеткіштерімен есептеліп, +11-ден +27⁰С-қа дейін өзгереді. 1960-1969, 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999 жылдардағы кезең модельдері метеорологиялық станциялар мен WorldClim деректерін өңдеу және интеграциялау арқылы алынды, диапазон +4-тен +220С-қа дейін. 2000-2009, 2010-2018 кезеңдерінің модельдері өңделген Worldclim деректерімен есептеліп +9⁰С және +19⁰С диапазонында өзгереді.



Сурет 36 – Максималды (А) және минималды ауа температурасының (В) гибриді модельдері

Ескерту – Дереккөз [59,р. 100423]

36В-суретте 1950 жылдан 2018 жылға дейінгі минималды ауа температурасының гибриді моделі көрсетілген. 1950-1959 жылдар аралығын қамтитын кезеңде метеорологиялық станциялардың климаттық көрсеткіштерін өңдеу арқылы алынды және модель диапазоны -8°C -ден -20°C -қа дейін өзгерді. 1960-1969, 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999 метеорологиялық станциялар мен Worldclim деректерінің интеграцияланған көрсеткіштері -18°C -тан 0°C -қа дейін өзгереді. 2000-2009 және 2010-2018 жылдардағы кезең Worldclim ашық климаттық деректерін өңдеу арқылы алынды.

Климаттық көрсеткіштердің өзгеру деректері мен нәтижелерін талдай отырып, гибриді модельдердің математикалық негіздері құрылды. Орташа жауын-шашын мөлшерінің гибриді моделінің математикалық негізі орташа арифметикалық негіз формуласы бойынша құрылады:

$$A_{av.prec} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (18)$$

мұндағы, $A_{av.prec}$ - орташа атмосфералық жауын-шашынның мәні; x_1, x_2, x_n - атмосфералық жауын-шашын деректерінің мәні; n -пайдаланылатын климаттық деректердің жалпы саны.

Жауын-шашынның жалпы мөлшерінің гибриді моделі келесі математикалық негізбен құрылды:

$$A_{t.prec} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (19)$$

мұндағы, $A_{t.prec}$ -жалпы жауын-шашынның орташа арифметикалық мәні; x_1, x_2, x_n - жауын-шашын деректерінің мәні; n -пайдаланылатын климаттық деректердің жалпы саны.

Максималды ауа температурасының гибриді моделінің математикалық негізі келесі формула бойынша құрылады:

$$A_{t.max} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (20)$$

мұндағы, $A_{t.max}$ -ауаның максималды температурасының орташа арифметикалық мәні; x_1, x_2, x_n - температура деректерінің мәні; n - пайдаланылатын климаттық деректердің жалпы саны.

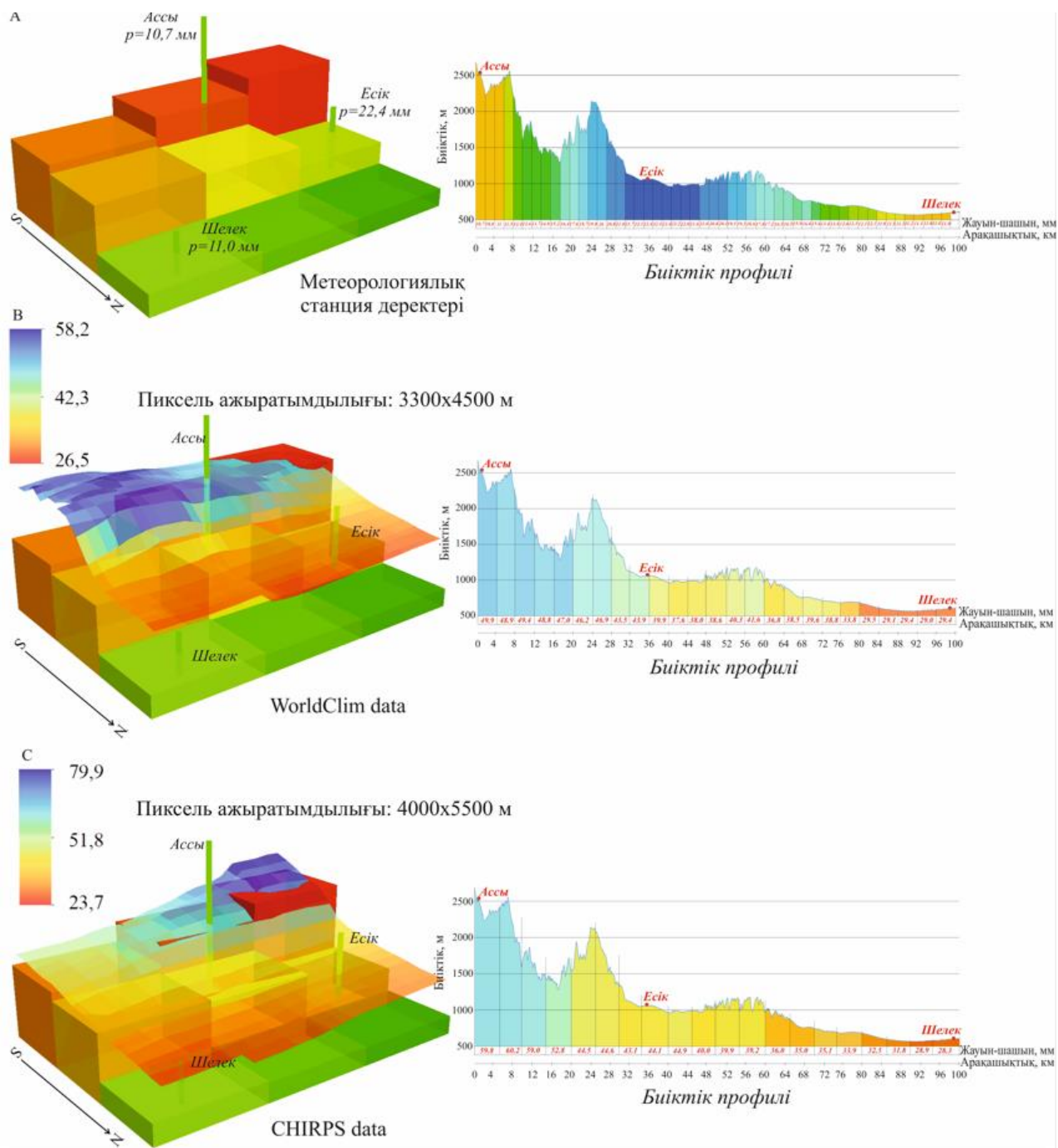
Ауа температурасының минималды гибриді моделінің математикалық негізі келесі формула бойынша құрылады:

$$A_{t.min} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (21)$$

мұндағы, $A_{t.min}$ -ауаның ең төменгі температурасының орташа арифметикалық мәні; x_1, x_2, x_n - температура деректерінің мәні; n - пайдаланылатын климаттық деректердің жалпы саны.

Климаттық көрсеткіштердің биіктік бойынша өзгеру заңдылығы. Климаттық көрсеткіштердің, соның ішінде жауын-шашын мөлшерінің сенімділігі абсолюттік биіктіктің өзгеруіне тікелей тәуелді екендігі дәлелденді. Биіктік жоғарылаған және жер бедерінің формалары өзгерген сайын әр түрлі көздерден алынған климаттық көрсеткіштер, сәйкесінше, әр түрлі мәнге ие болады. Нәтиже ауытқу қателіктерінің формулаларын қолдана отырып, климаттық көрсеткіштерді салыстыру процесінде алынды. Көрсеткіштер жазықта орналасқан метеорологиялық станцияларда салыстырмалы түрде бірдей мәндерге ие, бірақ таулы және таулы-қыратты жерлерде мәндердің айырмашылығы артады.

Алматы облысында биіктік пен табиғи аумақтардың өзгеруі табиғи құбылыс. Сонымен қатар, биіктіктегі айырмашылықтар климаттық ақпараттың сенімділігіне әсер етеді (сурет 37).



Сурет 37 – Теңіз деңгейінен жоғары биіктікте жауын-шашынның жылдық орташа мөлшерінің өзгеру сипаты 3 метеорологиялық станцияның деректеріне негізделген: Шелек (тау бөктеріндегі аймақ), есік (биік таулы-шөлді-дала аймағы), Ассы (биік таулы-орман аймағы)

Ескерту – Дереккөз [59,р. 100423]

Көрсеткіштердегі өзгерістерді салыстыру профілемен суреттелген (Assy-Esik-Shelek). А - метеорологиялық станция деректері; В-WorldClim деректері; С-CHIRPS деректері. (Пиксельдегі көрсетілген мәндер өңдеу нәтижесіне сәйкес келеді).

Климаттың өзгеруіне бейімделу бойынша ұсыныстар. Климаттың өзгеруіне бейімделу және көмірқышқыл газының атмосфераға шығарымдыларын азайту бойынша шараларды реттеу әлемдегі елдердің тығыз ынтымақтастығы мен қатысуына негізделеді. Бір аймақта көмірқышқыл газының көбеюі екінші аймақта температураның жоғарылауына әкелуі мүмкін. Осы ретте Қазақстанның парниктік эффектін реттеудің әлемдік тәжірибесіне қосқан үлесін бағалау маңызды [135-138].

Қазақстан Республикасындағы, оның ішінде елдің оңтүстік-шығысындағы климаттың өзгеруіне бейімделу табиғатты пайдаланудың әдеттегі тәсілдерін қайта құруды білдіреді [139]. Зерттелетін аймақтағы климаттық факторлардың өзгеруі дақылдарды өсіру мен суарудың әдеттегі әдістеріне, суды пайдалану, мұздықтардың еруіне және т.б. әсер етеді. Климаттық деректердің сенімділігі бірқатар салалар үшін ғылыми негізделген климаттық болжамдарды құруға негіз береді.

Ауа температурасының жоғарылауы және жауын-шашынның азаюы агроөнеркәсіптік кешенге әсері байқалуда. Алматы және Жетісу облыстарындағы климаттың өзгеруі үрдістері ауыл шаруашылығын жүргізудің әдеттегі тәсілдерін балама тәсілдермен өзгертуге негіз болады [140]. Осылайша, болашақта көптеген ауылшаруашылық дақылдарын неғұрлым бейімделген түрлермен алмастыруға немесе экономикалық себептерге байланысты егістіктен алып тастау, өз кезегінде, аймақтағы азық-түлік дағдарысына әкелуі мүмкін. Аймақтағы ауылшаруашылық жерлерінің көп бөлігі құрғақ және жартылай құрғақ аймақта орналасқандықтан, суару жер асты суларын қолдану арқылы жүзеге асырылады. Ауа температурасының жоғарылауы эвапотранспирация мен булану деңгейінің жоғарылауына ықпал етіп, топырақтағы ылғалдың жоғалуының негізгі және суару үшін көптеген су ресурстарын қажет етеді.

Ауыл шаруашылығына қатысты тағы бір маңызды мәселе - құрғақшылық [141,142]. Қазақстанда 2021 жылы байқалған қалыптан тыс құрғақшылық табиғи апаттардың алдын алудың және мемлекеттік органдардың дайындығының аса маңыздылығын көрсетті.

Климаттың өзгеруі аймақтағы су ресурстарына [137,р. 12012] да әсер етіп, ауа температурасының жоғарылауы және жауын-шашынның азаюынан көлемдерінің кемуі тіркелуде.

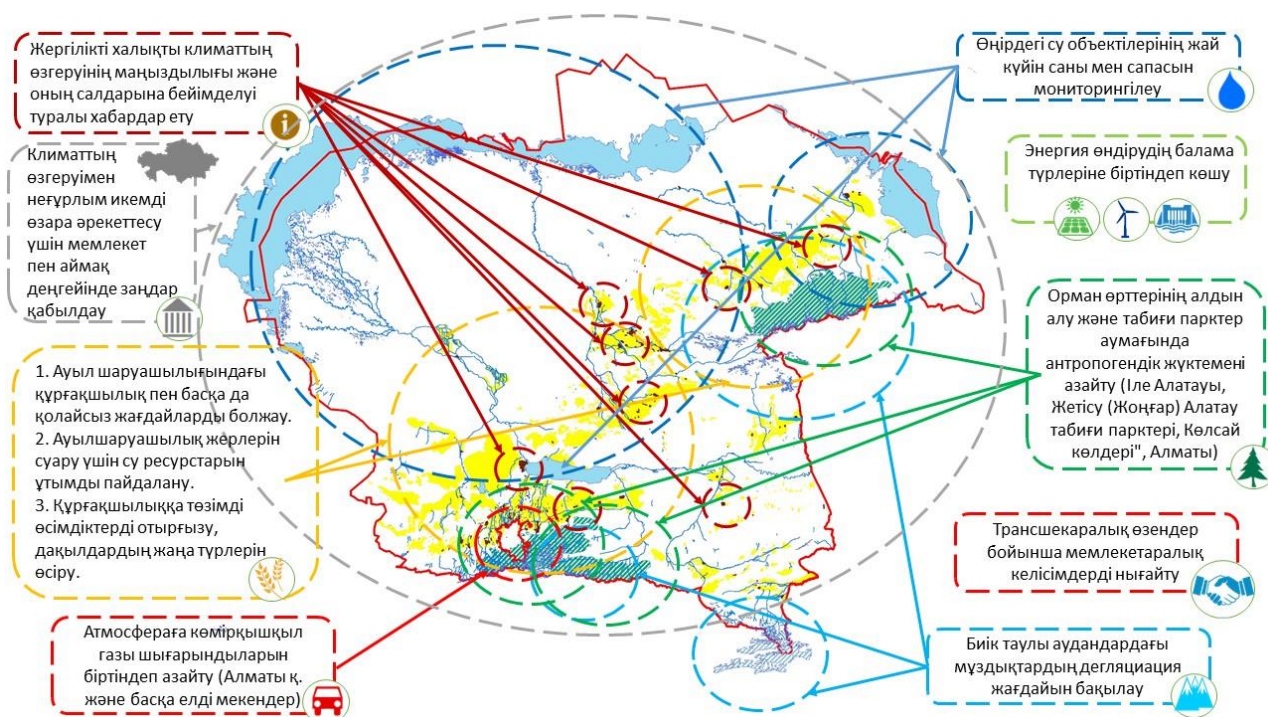
Соңғы бірнеше онжылдықта Орталық Азия аймағында мұздықтардың дегляциациясы ауа температурасының жоғарылауы және жауын-шашынның азаюымен байланыстыруда. Мұздықтардың жоғалуы Іле және Жоңғар Алатау таулы алаптарында кең қарқын алуда. Мұздықтардың тез еруі жақын маңдағы елді мекендерге селдер түрінде қауіп төндіріп, аймақтағы су балансына да кері әсерін тигізеді. Тау бөктеріндегі аудандарда ауыл шаруашылығы алқаптарын суару, қар және мұздық суымен қоректенетін, таулы өзендердің есебінен жүретіндіктен климаттың өзгеруінің салдарларын жеңілдету аса маңызды бағыттардың біріне жатады.

Өңір аумағындағы температураның көтерілуін жеделдететін антропогендік жүктемелер орман алқаптарының азаюымен, Алматы қаласындағы жылу электр

станциялары мен басқа да өнеркәсіптік объектілерден автомобильдер мен көмірсутектерден шығатын газдар шығарындыларының ұлғаюымен байланысты болуы мүмкін.

Жоғарыда келтірілген климаттың өзгеруі әсер ететін бағыттарды ескере отырып, төменде бейімделу және оның салдарын жеңілдету бойынша ұсыныстарды келтіреміз (сурет 38):

- 1) атмосфераға көмірқышқыл газы, метан және басқа қосылыстар шығарындыларын біртіндеп азайту;
- 2) табиғи парктер аумағында орман өрттерінің алдын алу және антропогендік жүктемені азайту;



Сурет 38 – Алматы және Жетісу облыстарының аумағында климаттың өзгеруіне бейімделу және оның салдарын жеңілдету жөніндегі ұсыныстар

Ескерту – Дереккөз [59,р. 100423]

- 3) энергия өндірудің баламалы түрлеріне біртіндеп көшу;
- 4) құрғақшылықты және ауыл шаруашылығындағы басқа да қолайсыз жағдайларды болжау (SPEI, SPI, IWMІ және т.б. индекстер құрғақшылықты анықтау, болжау және талдау үшін кеңінен қолданылады);
- 5) ауыл шаруашылығы алқаптарын суару үшін су ресурстарын ұтымды пайдалану;
- 6) құрғақшылыққа төзімді өсімдіктерді отырғызу, ауыл шаруашылығы дақылдарының жаңа түрлерін өсіру;
- 7) өңір аумағындағы су объектілері санының, сапасының жай-күйіне мониторинг жүргізу;

8) трансшекаралық өзендерге қатысты мемлекетаралық келісімдерді нығайту;

9) биік таулы аудандардағы мұздықтардың азаю мониторингі;

10) жергілікті халықтың хабардарлығын арттыру, климаттың өзгеруінің маңыздылығы және оның салдары туралы ақпарат тарату;

11) климаттың өзгеруімен неғұрлым икемді өзара іс-қимыл жасау үшін ел және өңір деңгейінде заңдар әзірлеу және қабылдау, климаттың өзгеруіне бейімделудің ұзақ мерзімді жоспарларын құру [59,р. 100423].

4.2 Алматы және Жетісу облыстары су ресурстарының өзгеру динамикасы

Су ресурстарының жағдайын анықтау. Қазіргі уақытта, оңтүстік облыстардағы су ресурстары тапшылығының артуы және қалыптасқан экономикалық жағдай негізінде, су тұтынудың төмендеуі байқалуда. Саладағы дақылдар қажеттіліктеріне алынатын су айтарлықтай қысқарып, тұрақты суару алаңы екі есеге жуық кеміді. Қалыптасқан су ресурстарының тапшылығы табиғи әлеуетті толық іске асыруға мүмкіндік бермейді. Судың қажеттілігі мен қол жетімділігі арасындағы теңгерімсіздік әлеуметтік-экономикалық мәселелерді тиімді шешуді, өзен бассейндеріндегі экологиялық жағдайды қалыпқа келтіруді шектейді. Оңтүстікте суармалы егіншілік алқаптарын суаруда судың 70%-дан астамы қолданылады, яғни көрсеткіштер су ресурстарын тиімді пайдалануға баса назар аудартатын экономиканың кіші саласын құрайды.

Қазақстан Республикасында су ресурстарының өсіп келе жатқан тапшылығы, суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайларының нашарлауы және энергия тасымалдаушыларға бағалардың өсуі жағдайында жаңартылатын энергия көздерін пайдалана отырып, суару технологияларын әзірлеу және енгізу бірінші кезектегі өзекті мәселені тудырады [41,с. 152].

Қазақстанның құрғақ аймағында ауыл шаруашылығы дақылдарының тұрақты және жоғары өнімін алудың шешуші факторы суару болып табылады. Көптеген ауылшаруашылық құрылымдарында өсімдіктердің қарқынды фазалық дамуы кезінде су ресурстарының жетіспеушілігі дақылдардың өнімдігіне кері әсерін тигізеді.

Нарық жағдайында Қазақстан Республикасында жыл сайын өсіп келе жатқан суару суының тапшылығы оны ұтымды және үнемді пайдалану қажеттілігін талап етеді. Осыған байланысты суармалы алқапта судың біркелкі бөлінуін қамтамасыз ететін суару әдістері мен тәсілдерін әзірлеу және енгізу, суару процесін автоматтандыру, еңбек өнімділігін арттыру және судың жоғалуын азайту суармалы егіншілік аймағында өзекті мәселелердің біріне айналуда. Сенімді техникалық құралдармен суару жүйелерін құру және суарудың прогрессивті технологиясы суармалы жерлерді жоғары тиімді пайдалануды қамтамасыз етуге және дақылдардың өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді [39,с. 124].

Орталық Азия, соның ішінде Қазақстан аумағында су ресурстарының тапшылығы өңірдегі аса өзекті мәселелердің біріне айналуда. Соңғы 50-60 жылда

Орталық Азиядағы, өзендердің негізгі қоректену көзі саналатын, мұздықтардың ауданы 30%-ға азайғандығы мәлім. Болжамдарға сәйкес ауа температурасының 20⁰С-қа дейін көтерілуі, мұздықтар көлемінің 50%-ы, ал 40⁰С-қа дейін өзгеруі жалпы көлемінің 78%-ға жуығы мұздықсыздануға ұшырауы ықтимал.

Климаттың өзгеруі ашық су айдындары көлемінің 10-15%-ының азаюы мен транспирация және суару нормасының 10-20%-ға көбеюіне әкелуі мүмкін [34,р. 5190].

Суармалы егістік алқаптарының орналасқан орнын анықтау су ресурстарын тиімді пайдалану мен басқаруда маңызды орынға ие [124,р. 3044].

ҚР әртүрлі агроэкологиялық аймақтары үшін ресурс үнемдеу мақсатында жаңартылатын энергия көздерін пайдалана отырып тамшылатып суару жүйелерін қолдану келесідей мүмкіндіктер береді:

- оңтайлы мелиоративтік режимді қамтамасыз ету;
- суару жүйелерінің техникалық деңгейін ПӘК-0,80-0,90 көрсеткіштеріне дейін арттыру;
- суару жүйелерінің пайдалану шығындарын 15-25%-ға төмендету;
- су ресурстарын үнемдеуді 20-30%-ға дейін жеткізу;
- суару жүйелерінің кешенді құрылыс шығындарды 60%-ға дейін төмендету;
- еңбек өнімділігін 2 есе арттыру;
- суармалы жерлерде экологиялық-мелиоративтік жағымдылықты қамтамасыз ету;
- әлеуметтік-экономикалық өмір сүру жағдайларын, өмір сүру сапасын және халықты жұмыспен қамтуды жақсарту [41,с. 152].

Өзендердің ағынын бөгеттермен реттеу және су қоймаларын құру экожүйелердің қалыпты жағдайы мен динамикасында терең, әрі қайтарымсыз өзгерістер тудырады. Осы бағыттардың салдарынан Орталық Азия, соның ішінде Қазақстан аумағында шөлейттену процесстерінің кең қарқын алуы байқалуда. Жиынтық атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің аздығы, эвапотранспирация көрсеткішінің қарқынды көтерілуі мұздық және қар суымен қоректенетін өзендердің қалыпты ағынына әсер етіп, судың азаюы интерзональді экожүйелердің маңызды мәселесіне айналуда. Аймақтық жылыну әсерінен соңғы он жылдықта оңтүстік облыстардағы тау өзендерінің сулылық деңгейінің көтерілгендігі мәлім [10,с. 147].

Алматы облысының аумағында 1990 жылдардан бері метеорологиялық және гидрологиялық бекеттердегі бақылау жұмыстары мен далалық-зерттеу экспедициялардың азаюы көрініс табады. Соған сәйкес, өзен дельтасының жағдайы туралы ақпарат салыстырмалы түрде баяу жинақталуда [10,с. 147].

Аумақтағы су деңгейінің өзгеру динамикасын анықтау. Алматы және Жетісу облыстарындағы су нысандарының дейгейін анықтауда орташа айлық гравитациялық ауытқуларды анықтайтын GRACE Tellus Monthly Mass Grids деректері (CSR, GFZ, JPL) пайдаланылды. Grace Tellus (GRCTellus) Mass Grids ай сайынғы деректер жинағымен CSR (U.Texas/Center for Space Research), GFZ (GeoForschungsZentrum Potsdam) және JPL (NASA Jet Propulsion Laboratory)

орталықтары қамтамасыз етеді. Әрбір орталық GRACE Ground жүйесінің құрамына кіріп, деректер жиынтығында қолданылатын 2-деңгей деректерін (сфералық гармоникалық өрістер) құрайды. Нәтижелер гравитациялық өрістің сфералық гармоникалық коэффициенттерін және оларды есептеу үшін қолданылатын бөлу өрістерін қамтиды. Орталықтар өз коэффициенттерін ұсынатындықтан, соңғы нәтиже бір-бірінен айырмашықтарымен ерекшеленеді, сол себептен орта мәнін қолдану ұсынылады (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_GRACE_MASS_GRIDS_LAND) [143-145].

Түсірістерді талдау jupyter notebook бағдарламалау ортасында, ee API және геомар кітапханаларын пайдаланумен жүзеге асырылды (сурет 39).

```
dataset = ee.ImageCollection('NASA/GRACE/MASS_GRIDS/LAND') \
    .filter(ee.Filter.date('2002-04-01', '2017-01-07'))
equivalentWaterThicknessCsr = dataset.select('lwe_thickness_csr', 'lwe_thickness_jpl', 'lwe_thickness_gfz')
equivalentWaterThicknessCsrVis = {
    'min': -25.0,
    'max': 25.0,
}
Map.addLayer(
    equivalentWaterThicknessCsr, equivalentWaterThicknessCsrVis,
    'Equivalent Water Thickness CSR')

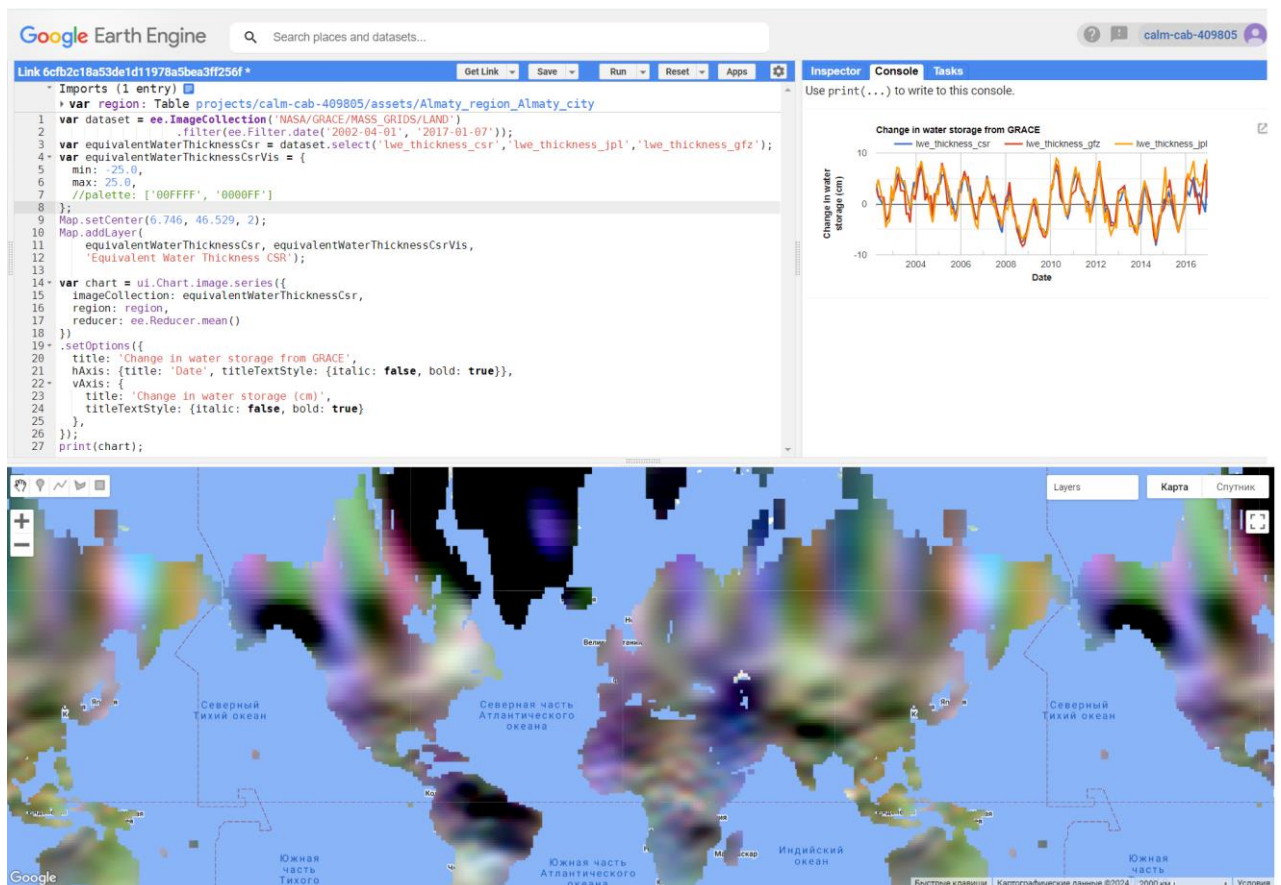
path_shapefile = "data/Alm_Zh_regions.shp"
ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)

fc = geemap.zonal_stats(
    dataset, ROI, stat_type="MEAN", scale=500, return_fc=True, verbose=False
)
print(geemap.ee_to_df(fc))
```

Сурет 39 - Jupyter notebook бағдарламалау ортасында GRACE деректерінің негізінде су деңгейінің өзгеру динамикасын анықтау

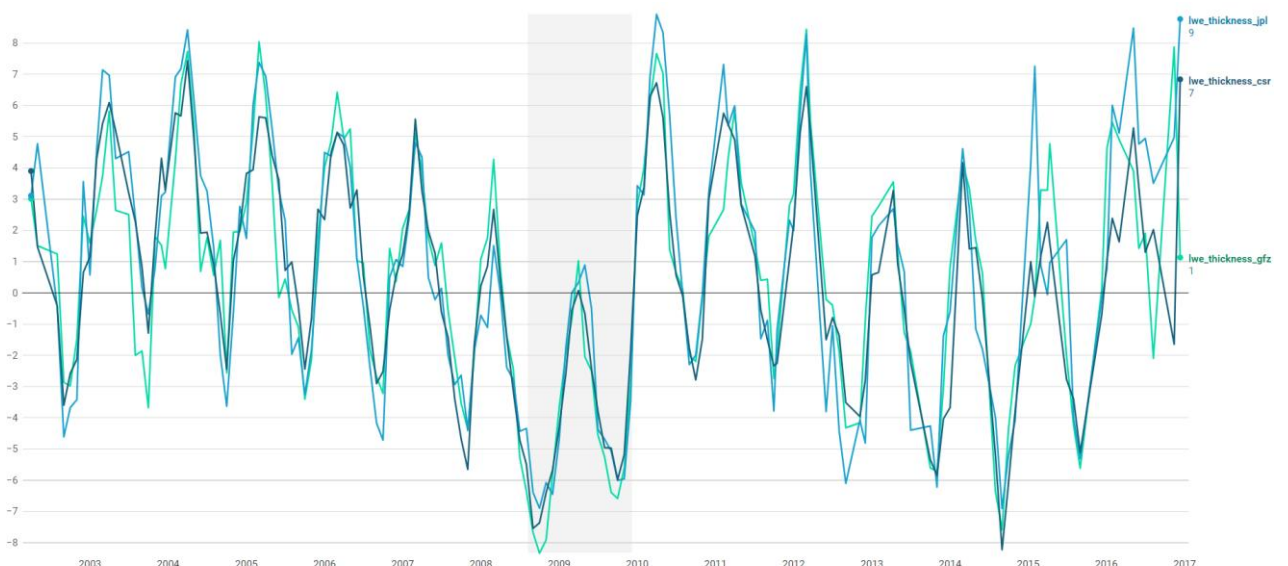
Ең алдымен, `ee.ImageCollection()` түсірістерді анықтау әдісі арқылы `NASA/GRACE/MASS_GRIDS/LAND` деректерінің атауын кіріс ақпарат ретінде енгізіп, `filter` әдісімен қажет уақыт, атап айтқанда 01.04.2002 және 07.01.2017 аралығын анықтаймыз. Келесі операция ретінде 3 каналды (`lwe_thickness_csr`, `lwe_thickness_jpl`, `lwe_thickness_gfz`) таңдауды жүзеге асыратын `select` әдісі қолданылды. Түсірістерді бейнелеу `equivalentWaterThicknessCsrVis = {'min': -25.0, 'max': 25.0,}` айнымалысын жариялап, визуализация опциясымен анықталды. Талданған растрлық түсірістерді карта бетіне импорттау `Map.addLayer(equivalentWaterThicknessCsr, equivalentWaterThicknessCsrVis, 'Equivalent Water Thickness CSR')`, ал шейп файлды қосу `path_shapefile = "data/Alm_Zh_regions.shp"` және `ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)` командалары арқылы орындалды.

GRACE деректері негізінде зерттеу аймағындағы су нысандарының өзгеру динамикасын кесте түрінде экспорттау `fc = geemap.zonal_stats(dataset, ROI, stat_type="MEAN", scale=500, return_fc=True, verbose=False)` командасымен іске асты. Google Earth Engine қосымшасының көмегімен (сурет 40) jupyter notebook ортасында ұсынылмаған функцияларды пайдалану арқылы (`ee.ui.chart`) қосымша талдау орындалды.



Сурет 40 – Google Earth engine платформасында орындалған кодтың бейнеленуі

41-суретке сәйкес, су деңгейінің өзгеру динамикасының интерактивті графигі <https://datawrapper.dwcdn.net/7f3Zl/1/> сілтеме бойынша орналастырылды.

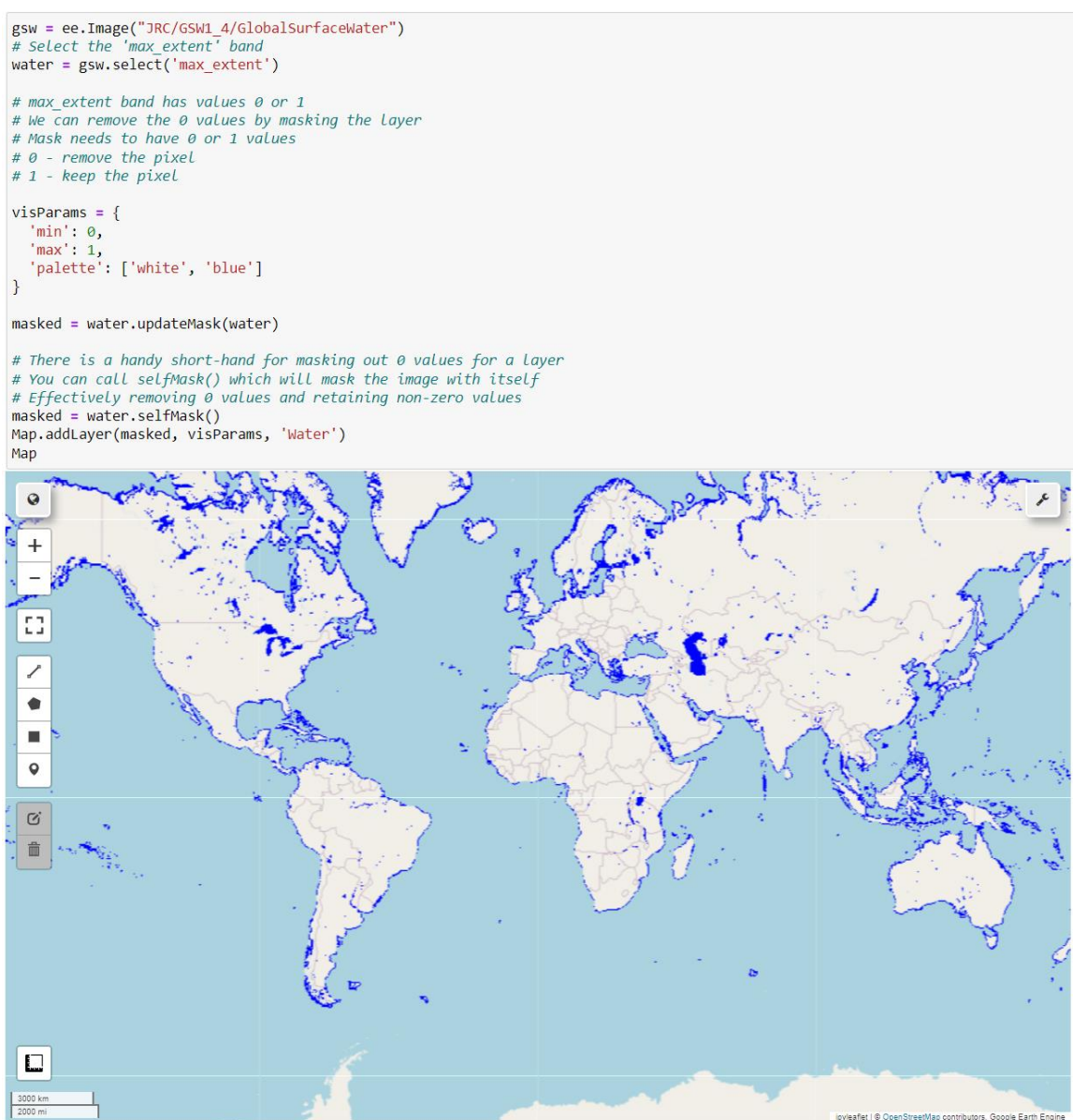


Сурет 41 – 01.04.2002 және 07.01.2017 жылдар аралығында аумақтағы су деңгейінің өзгеру динамикасы, см есебімен (GRACE деректері: CSR, GFZ, JPL)

Зерттеу нәтижесінде, судың ең жоғарғы көрсеткіштері наурыз-сәуір айларына, ал төменгі мәндері қыркүйек-қазан айларына сәйкес келеді. Берілген бақылау қорытындылары, өзен суларының қоректенуімен, атап айтқанда көктемгі толысу кезеңімен және күздегі судың азаю үрдісімен сәйкестендіріледі.

Жер беті суларын анықтау, 1984 жылдың 16 наурызы мен 2020 жылдың 31 желтоқсаны аралығында Landsat 5, 7 және 8 ғарыш жер серіктерінің 4 453 989 түсірістері негізінде бақылау жүргізілген JRC Global Surface Water Mapping деректеріне негізделеді. Деректердің әрбір пикселі сараптамалық жүйе арқылы су немесе су емес нысандарына жеке жіктеліп, нәтижелерді анықтау 2 уақыт кезеңіне (1984-1999, 2000-2020), ай сайынғы топтамаға жіктеліп, жиналды [146].

42-суретте әлемдік деңгейде көпжылдық бақылаулар нәтижесінде алынған жер беті суларын анықтау көрсетілген.



Сурет 42 – Жер үсті су нысандарының шекарасын GlobalSurfaceWater деректері негізінде анықтау

Жер беті суларын анықтау GlobalSurfaceWater деректерінің айнымалысын жариялау ($gsw = ee.Image("JRC/GSW1_4/GlobalSurfaceWater")$) және max_extent каналын таңдау ($water = gsw.select('max_extent')$) операцияларымен жүргізілді. Бейнелеу үшін $visParams = \{ 'min': 0, 'max': 1, 'palette': ['white', 'blue'] \}$ пайдаланылды. $masked = water.selfMask()$ айнымалысы су нысандарын топологиялық және геометриялық тараптан түзетуде қолданылды.

43-суретте Алматы және Жетісу облыстарының шейп-файлын пайдалану арқылы зерттеу аймағын кесу операциясы орындалды ($path_shapefile = "data/Alm_Zh_regions.shp"$, $ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)$, $ROI_water = masked.clip(ROI)$, $Map.addLayer(ROI_water, visParams, 'Almaty \& Zhetysu water')$).

```
path_shapefile = "data/Alm_Zh_regions.shp"
ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)
```

```
output = "clip.tif"
ROI_water = masked.clip(ROI)
Map.addLayer(ROI_water, visParams, 'Almaty & Zhetysu water')
```



Сурет 43 – Зерттеу аймағындағы су нысандарын шейп-файл бойынша кесу процесі

Зерттеу барысында Google Earth Engine ортасында талдау және өңдеу Spatial Thoughts OpenCourseWare сайтының көмегімен жүргізілді (<https://courses.spatialthoughts.com/gee-water-resources-management.html>).

Су тасқынының өзгеру қарқындылығы. Облыстар аумағындағы су көлемінің артуы мен азаюы су тасқынына негізделеді. Су тасқынын анықтау Water Occurrence Change Intensity деректерін пайдалану арқылы 1984-1999 және

2000-2015 жылдар аралығындағы ғарыштық түсіріс нәтижелеріне негізделеді.

44-48 суреттер аралығында деректерді өңдеу және карта бетіне импорттайтын код бөліктері көрсетілген. Ең алдымен (сурет 44) геетар және ее пакеттері импортталды.

```
In [1]: import geemap
import ee
```

Сурет 44 – геетар кітапханасы мен Earth Engine API импорттау

45-суретте картаның ортасын анықтау, масштабты тағайындау және базалық картаны қосу іске асырылады.

```
In [2]: Map = geemap.Map(center=(44.79, 77.92), zoom=7)
Map.add_basemap('Esri.WorldImagery')
Map
```

Сурет 45 – Картаның ортасын анықтау, базалық картаны қосу және жариялау

Шейп файлдарды жүктеп, сол бойынша таңдалған ғарыштық түсірісті кесу 46-суретте көрсетілген.

```
In [11]: path_shapefile = "data/Alm_Zh_regions.shp"
ROI = geemap.shp_to_ee(path_shapefile)

gsw = ee.Image('JRC/GSW1_0/GlobalSurfaceWater')
occurrence = gsw.select('occurrence')
change = (gsw.select("change_abs")).clip(ROI)
```

Сурет 46 – Шейп файлды жүктеу, ғарыштық түсірісті және каналдарын импорттау

Бейнелеу операциялары су нысандарының қалыпты, өзгерген және маска ретінде анықталған күйлерінің айырмашылықтарын көрсетеді (сурет 47).

```
In [4]: vis_occurrence = {
    'min': 0,
    'max': 100,
    'palette': ['red', 'blue']
}

vis_change = {
    'min': -50,
    'max': 50,
    'palette': ['red', 'black', 'limegreen']
}

vis_water_mask = {
    'palette': ['white', 'black']
}
```

Сурет 47 – Бейнелеу опциялары

48-суретке сәйкес, картаға өңдеудің нәтижелерін импорттау көрсетілген. Сонымен қатар, картаға ғарыштық түсірістер түстік ерекшеліктер, атауы және

белсенді немесе белсенді емес форматтар таңдалады.

```
In [12]: Map.addLayer(water_mask, {
  'palette': ['white', 'black']
}, '90% occurrence water mask', 0)

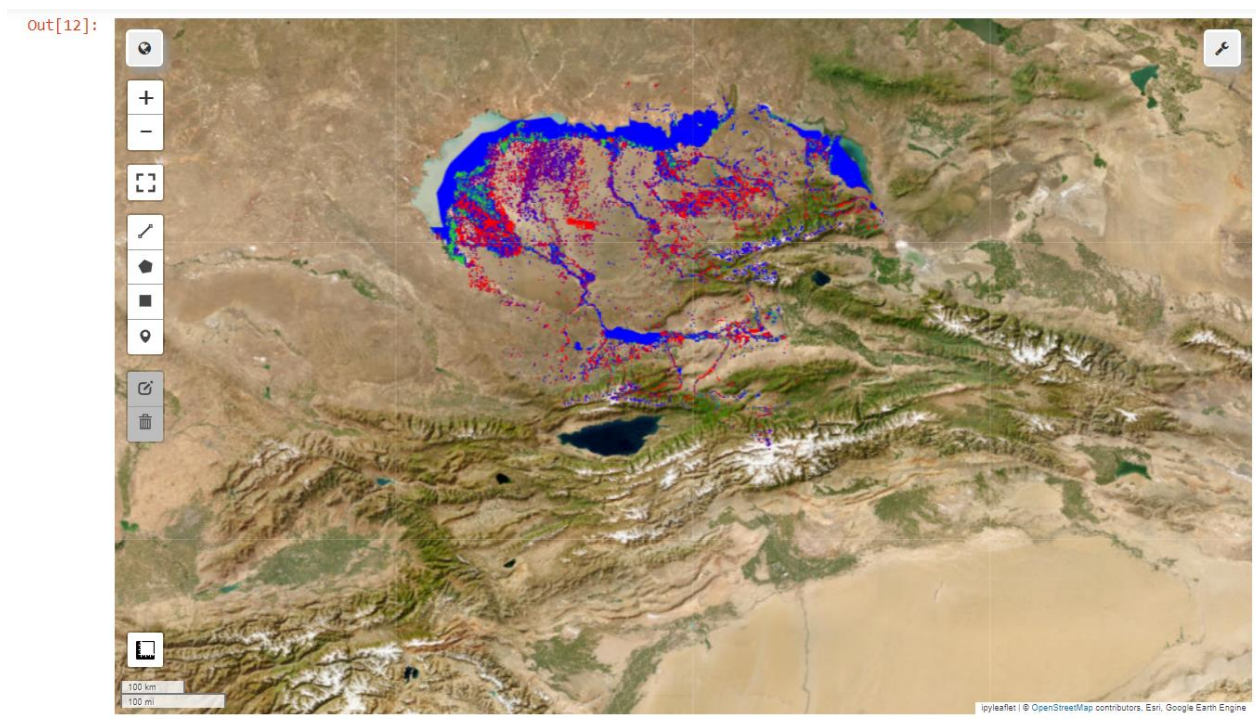
Map.addLayer(occurrence.updateMask(occurrence.divide(100)), {
  'min': 0,
  'max': 100,
  'palette': ['red', 'blue']
}, '90% occurrence water mask', 0)

Map.addLayer(change, {
  'min': -50,
  'max': 50,
  'palette': ['red', 'blue', 'limegreen']
}, 'occurrence change intensity', 1)

Map
```

Сурет 48 – Талдау нәтижелерін картаға импорттау

49-суретте зерттеу нәтижелері карта бетіне интеграцияланған бейнесі көрініс табады (көк – тұрақты су айдыны, жасыл – мезгілдік ағын, қызыл – уақытша ағын).



Сурет 49 – Су тасқынының бейнеленуі

Су тасқынын зерттеу GEE құжатында (https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/tutorial_global_surface_water_03) көрсетілген.

Жоғарыда алынған нәтижелер мен әдебиеттерге сәйкес *құрғақ аймақтағы суды үнемдеу бойынша ұсыныстар төмендегідей:*

1) Ауыл шаруашылығы алқаптарының жалпы ауданындағы суармалы жерлердің үлесін оңтайландыру, яғни қоршаған ортаның жағдайлары ауылшаруашылығы алқаптарының қалыпты өсуіне мүмкіндік беретін аймақта

орналасуы шарт;

2) Ауылшаруашылық дақылдарын құрғақшылыққа төзімді аналогтарымен ауыстыру негізінде құрылымын оңтайландыру;

3) Өсімдік сұрыптары мен тұқым сапасын арттыру есебінен ауыл шаруашылығы дақылдарының егін бірлігіне су тұтынуын азайту;

4) Алқаптың дұрыс конфигурациясын таңдау;

5) Су пайдалану шығынын азайту;

6) Су пайдалану жоспарларын нақты сақтау;

7) Суару техникасын жетілдіру (суару нормалары мен суару мерзімдерін дәлірек сақтау);

8) Күріш жүйелеріндегі суды үнемдеу;

9) Суару кезінде еңбекті ұйымдастыруды жақсарту және суарушылардың біліктілігін арттыру;

10) Суды үнемдеу жөніндегі шараларды ынталандыру, су үшін төлем және басқа да құқықтық-экономикалық шараларды енгізу;

11) Қашыртқы суларды қайта пайдалану;

12) Суаруға басқа да су көздерін, атап айтқанда ағын, дренаж көздерін пайдалану;

13) Жер үсті және жерасты ағындарын реттеу;

14) Суармалы суға деген қажеттілікті азайтатын агроорман-мелиорациялық екпелерін қолдану [42,с. 816].

4.3 Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптарындағы Web-GIS технологиясының геовизуализациясы

Қазіргі уақытта геоақпараттық технологиялар қарқынды дамып, қолдану аясы кеңеюде. Сол себептен геоақпараттық жүйелердің Интернетке интеграциясы арқылы картографиялық қызметтер, геопорталдар және басқа да картографиялық Web-қосымшалар құрастырылуына себеп болды [148].

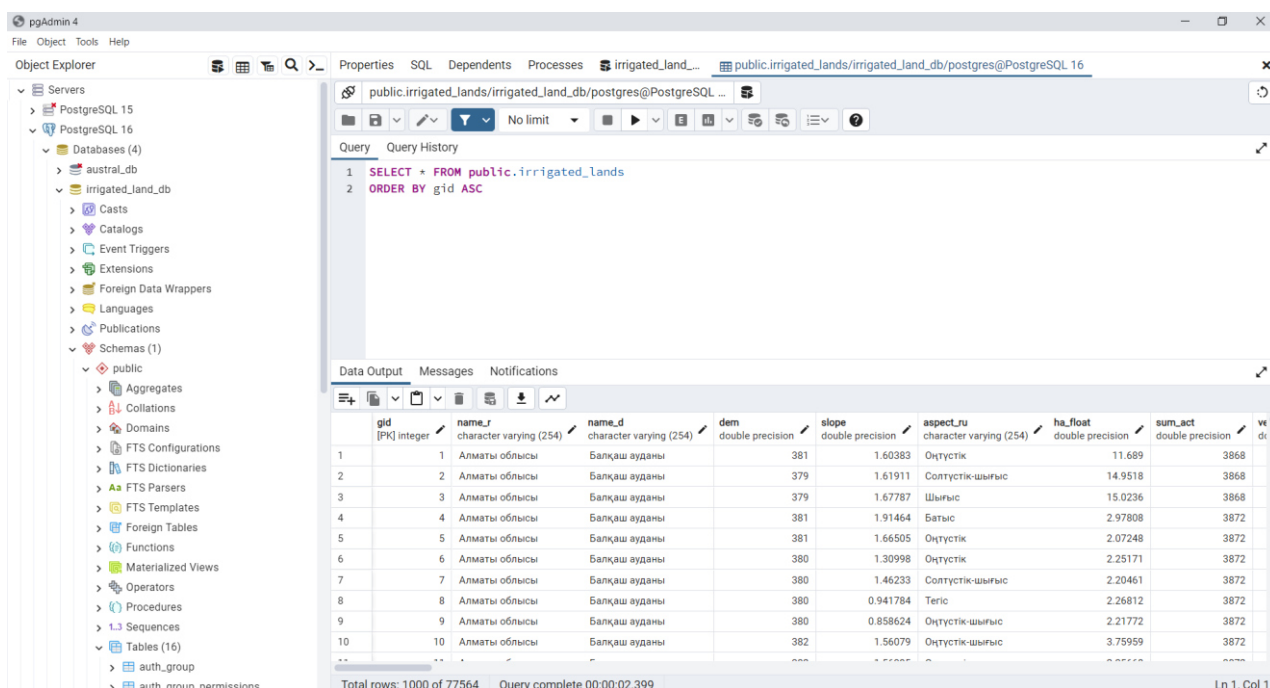
Web-GIS - Интернет пен ГАЖ арасындағы, картографиялық мәліметтерді жеткізетін, гипермәтінді беру протоколы (HTTP), гипермәтінді белгілеу тілі (HTML), бірыңғай ресурстар локаторы (URL), JavaScript, веб-графикалық кітапхана (WebGL), WebSocket және т.б. технологияларды қолданатын жүйе [147]. Интернет желісінде кеңістіктік деректерді жариялау картографиялық қызметтер негізінде share-файлдан бастап, арнайы бағдарламалық ГАЖ-серверлерді қолдана отырып, орналастырылатын күрделі геопорталдарды құруға дейінгі аралықты қамтиды. ГАЖ серверлері геокеңістіктік деректерді бейнелеуден басқа, өңдеу, талдау және қорғауға әртүрлі функционалдық мүмкіншіліктер береді. Сонымен қатар, ГАЖ серверлерінде клиент-серверлік технологиялар негізінде API интерфейстері арқылы серверге сұраныс және одан жауап алуға негізделген қосымшалармен қамтамасыз етілген.

Деректер базасын басқару жүйесін ұйымдастыру. Деректерді сақтау және өңдеу мақсатында арнайы бағдарламалық жасақтама – деректер базасын басқару жүйелері (ДББЖ) қолданылады. ДББЖ деректерді сақтауды ұйымдастыру, тұтастығын және ақпаратқа қол жеткізу мен басқаруды

қамтамасыз етуге арналған.

Деректерді өзгерту, ұйымдастыру және басқару үшін реляциялық ДББЖ-нің арнайы тілі – SQL (Structured Query Language– құрылымдық сұрау тілі) пайдаланады (<https://www.w3schools.com/sql/>), тіл операторлар, нұсқаулар және есептелетін функциялар жиынтығын құрайды. SQL тілінің көмегімен мәліметтер базасынан ақпараттың қажет түрін алу керектігін сипаттайтын сұраулар құрап, ДББЖ мәселені шешу жолдарын анықтайды [148,с. 110]. Зерттеуде қолданылған PostgreSQL ДББЖ жүктеу келесі сілтемемен жүргізілді: <https://www.enterprisedb.com/downloads/postgres-postgresql-downloads>

Берілген зерттеуде, ең алдымен деректер базасын *phAdmin4* PostgreSQL мәліметтер базасын басқару және құруға арналған бағдарламалық өнімінің көмегімен (Servers – PostgreSQL16 – Databases – Create – Database... - irrigated_land_db) құрып, опцияларын таңдау арқылы жаңа объектіні шығарады (сурет 50).

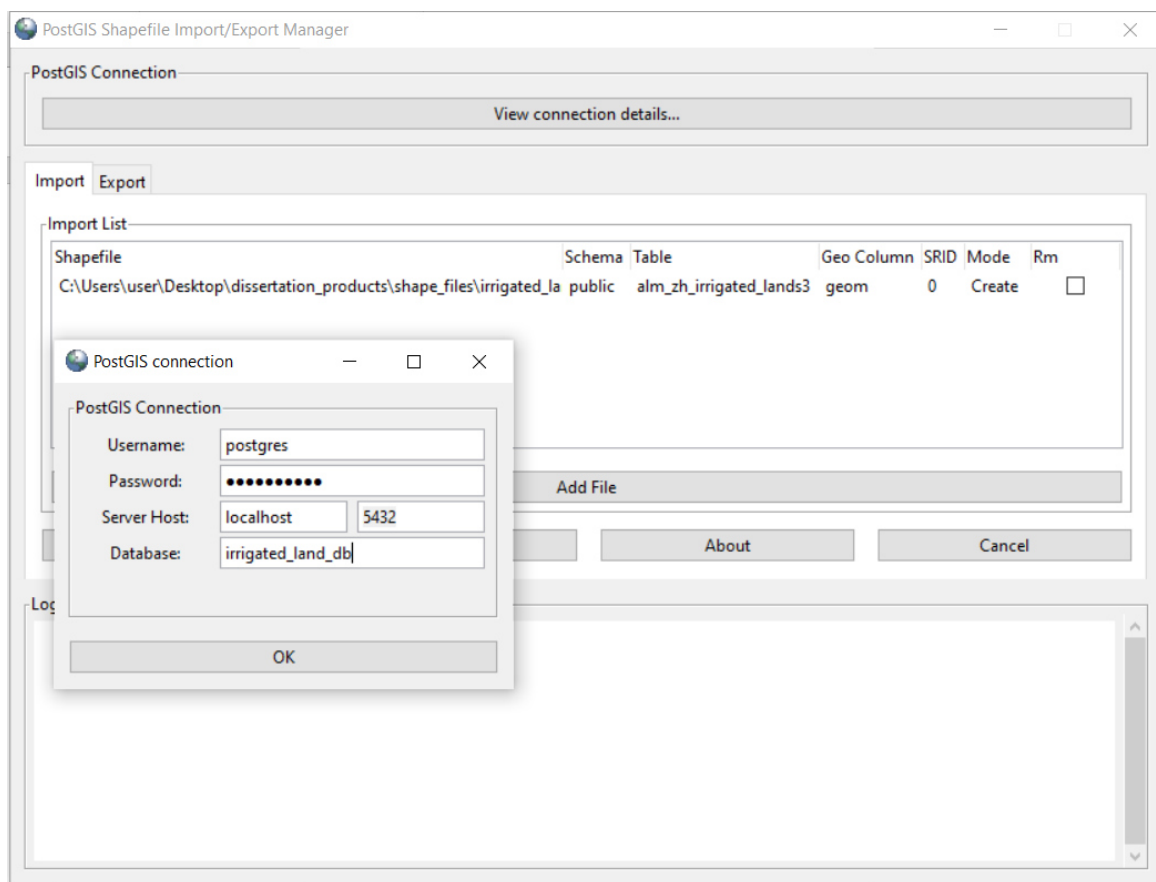


Сурет 50 – PhAdmin4 ортасында irrigated_land_db деректер базасын құру

Суармалы егіншілік алқаптарының кешенді ақпаратын (конфигурациялық, агроклиматтық, гидрографиялық, геоморфологиялық және топырақ жамылғысы) реляциялық деректер базасына кесте ретінде енгізу PostgreSQL ДББЖ кеңейтілімі PostGIS (сурет 51) арқылы орындалды. PostGIS кеңейтілімін пайдалану PostgreSQL ДББЖ орнатқанда арнайы бөлімді таңдау немесе сұраныс жасау арқылы (*SELECT COUNT(1) FROM information_schema.routines WHERE routine_name = 'postgis_version'*) жүзеге асырылады. Сұраныс нәтижесінде 1 – орнатылған, ал 0 - орнатылмаған. Орнатылмаған жағдайда келесі код орындалады: *CREATE EXTENSION postgis*.

Irrigated_land_db деректер базасымен байланыс орнату үшін

пайдаланушының аты (username: postgres), құпиясөз (Password), сервер хосты (Server host: localhost 5432) және деректер базасының аты (irrigated_land_db) енгізіліп, шейп файлдардың атрибутивті ақпараты көшіріледі.



Сурет 51 – PostGIS негізінде шейп файлдарды PostgreSQL ДББЖ кестелерге көшіру

Көшірілген векторлық ақпарат келесі бағаналарды қамтиды:

- gid (Primary key integer) – алқаптардың жеке реттік нөмірі;
- name_r (varchar 254) - облыс атауы;
- name_d (varchar 254) - аудан атауы;
- dem (long integer) - абсолюттік биіктік (метр);
- slope (float) – жер бедерінің еңістігі (градус);
- aspect_ru (varchar 254) - жер бедерінің экспозициясы (азимут бағыттары бойынша, қазақ тілінде);
- mekh_name (varchar 254) - топырақтың механикалық құрамының атауы;
- soil_n_kaz (varchar 254) - топырақ түрлері;
- rr_massiv (varchar 254) - суармалы егіншілік алқаптарының атауы;
- ha_float (float) – ауданы (гектар);
- sum_act (long integer) - белсенді температуралардың қосындысы, +10 С (°C);
- sum_prec (long integer) - вегетациялық кезеңдегі жауын-шашынның мөлшері, сәуір-қазан (мм);

– `veg_days` (long integer) - вегетациялық кезеңнің ұзақтығы (тәулік);
– `htc` (float) - селянинов бойынша гидротермиялық коэффициент (ГТК) көрсеткіштері;

– `htc_zone` (varchar 254) - гидротермиялық коэффициент бойынша аймақтардың атауы;

– `Bass0` (varchar 254) - су шаруашылығы бассейнінің атауы;

– `Bass1` (varchar 254) - негізгі су жинау бассейнінің атауы;

– `Bass2` (varchar 254) - су жинау бассейнінің атауы;

– `hdm_dist` (varchar 254) - гидромодульді аудандардың атауы;

– `rural_kz` (varchar 254) – ауылдық округтердің атауы;

– `geom` (geometry) – полигон нүктелерінің географиялық координаталары.

Атқарылған жұмыстар кешені кестелермен байланыс (one-to-one, one-to-many, many-to-many) орнатуға, басқару операцияларын қолдануға және сайттың серверлік бөлігімен интеграцияға мүмкіндік береді.

Web-GIS қосымшасының серверлік бөлігі. Web-GIS-тің серверлік бөлігі Python тілінің Django фреймворкін (<https://www.djangoproject.com/>), ал код Visual Studio Code мәтіндік редакторын (<https://code.visualstudio.com/>) пайдалану арқылы құрастырылды. Django фрейворкі Python бағдарламалау тілінің негізінде жұмыс істейтіндіктен, тілдің тәуелділіктері дербес компьютерде орнатылуы шарт (<https://www.python.org/downloads/>). Python түпнұсқасын тексеру терминалда `python --version` коды арқылы іске асырылады.

Жаңа жоба басталғанда тілдің жеке пакеттері мен кеңейтілімдерін жеке виртуалды ортаға (virtual environment) орнату орындалды. Виртуалды ортаны құру - `python -m venv env`, белсенді ету - `env\Scripts\activate` арқылы жүргізіліп, `env` атты папка пайда болады.

Django фреймворкін орнату `pip install django`, ал жаңа жобаны ашу `django-admin startproject irrigated_lands` (жобаның аты) командалары арқылы орындалды. Жобаны іске қосу `py manage.py runserver` (сурет 52), frontend және backend қосымшаларын құру `py manage.py startapp irr_lands_backend/ py manage.py startapp irr_lands_frontend` командаларының көмегімен жүргізіледі.

```
PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

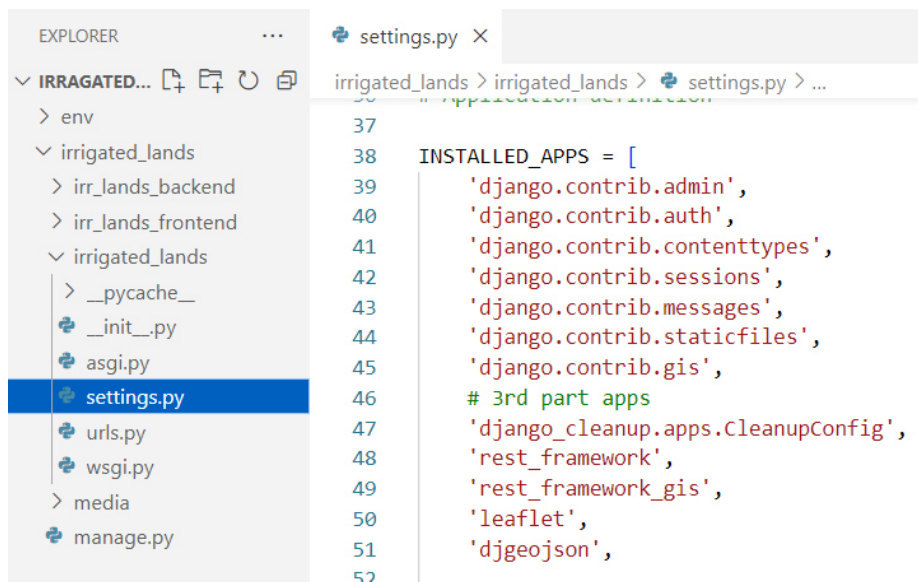
● (env) PS C:\Users\user\Desktop\dissertation_products\irrigated_land_project> cd irrigated_lands
○ (env) PS C:\Users\user\Desktop\dissertation_products\irrigated_land_project\irrigated_lands> py manage.py runserver
Watching for file changes with StatReloader
Performing system checks...

System check identified no issues (0 silenced).
March 06, 2024 - 08:14:37
Django version 5.0.2, using settings 'irrigated_lands.settings'
Starting development server at http://127.0.0.1:8000/
Quit the server with CTRL-BREAK.
```

Сурет 52 – Django жобасын терминалда іске қосу (py manage.py runserver)

Django фреймворкінің географиялық объектілермен жұмыс істеуге Geodjango (<https://docs.djangoproject.com/en/5.0/ref/contrib/gis/>) Веб фреймворкі,

сонымен қатар географиялық абстракция деректерімен жұмыс жасағанда GDAL кітапханасын (<https://gdal.org/index.html>) пайдалану жүзеге асырылды. Geodjango фреймворкін жұмыс директориясына қосу үшін `irrigated_lands` – `irrigated_lands` – `settings.py` файлындағы `INSTALLED_APPS` тізіміне жалғастырып, `'django.contrib.gis'` жазу қажет (сурет 53).



Сурет 53 – Geodjango фреймворкін анықтау

Django жобасының қалыпты жұмыс істеуін тексеру үшін, терминалда `python manage.py check` командасын орындау қажет. Көп жағдайда нәтижесінде орын алатын қателік GDAL кітапханасының дұрыс орнатылмауынан болады, кітапхананы <https://wheelhouse.openquake.org/v3/windows/py310/> арқылы орнату ұсынылады. Жүктелген файлды `pip install C:\Users\user\Downloads\GDAL-3.7.3-cp310-cp310-win_amd64.whl` командасын терминалға енгізу негізінде орнату процесі басталады. Сонымен қатар, `settings.py` файлына GDAL кітапханасының dll форматындағы кеңейтулері жазылады (сурет 54).

```

GDAL_LIBRARY_PATH = r'C:\Users\user\Desktop\Обучение ПРОГРАММИРОВАНИЕ\Web-GIS
App\Project\env\Lib\site-packages\osgeo\gdal.dll'
GEOS_LIBRARY_PATH = r'C:\Users\user\Desktop\Обучение ПРОГРАММИРОВАНИЕ\Web-GIS
App\Project\env\Lib\site-packages\osgeo\geos_c.dll'

```

Сурет 54 – GDAL кітапханасының dll форматындағы қосымша файлдары

Серверлік бөлікті PostgreSQL ДББЖ байланыстыру және жұмыс процессін ұйымдастыру үшін `psycopg2` кітапханасы қолданылып (орнату: `pip install psycopg2`), `settings.py` – `INSTALLED_APPS` тізіміне локальді, `'chbackend.apps.ChbackendConfig'` және `'chbfrontend.apps.ChbfrontendConfig'` қосымшаларын жазу іске асырылды.

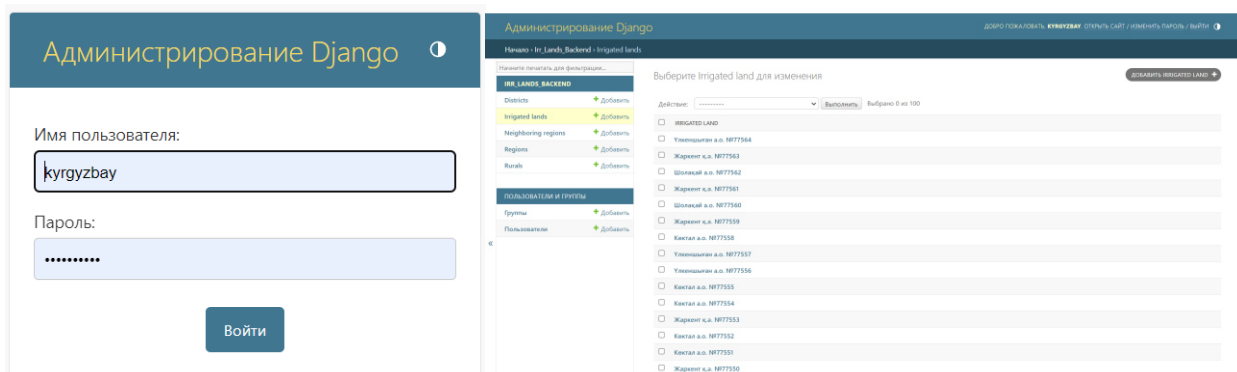
PostgreSQL ДББЖ және PostGIS конфигурациялық компоненттерін ('default': {'ENGINE': 'django.contrib.gis.db.backends.postgis', 'NAME': 'irrigated_land_db', 'USER': 'postgres', 'PASSWORD': '', 'HOST': '127.0.0.1', 'PORT': '5432',}) settings.py – DATABASES сөздігіне жазу жүргізіледі (сурет 55).

```
DATABASES = {
    'default': {
        'ENGINE': 'django.contrib.gis.db.backends.postgis',
        'NAME': 'irrigated_land_db',
        'USER': 'postgres',
        'PASSWORD': '',
        'HOST': '127.0.0.1',
        'PORT': '5432',
    }
}
```

Сурет 55 – Settings.py – DATABASES сөздігінде PostgreSQL баптауларын енгізу

Migrate (*py manage.py migrate*) және makemigrations (*py manage.py makemigrations*) командалары Django баптауларындағы деректер базасына қатысты өзгерістерді PostgreSQL ДББЖ көшіру үшін қолданылады.

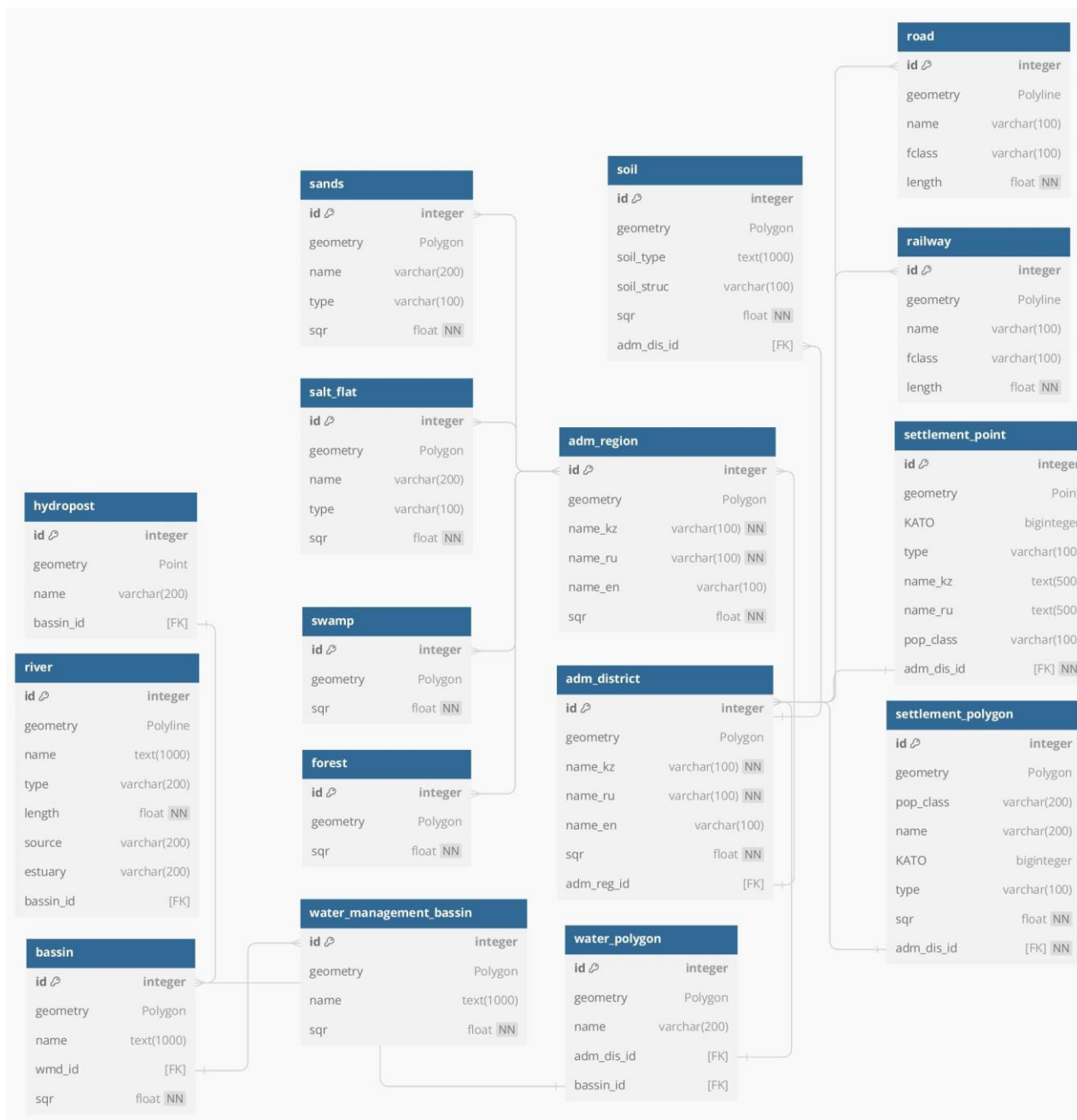
Серверлік бөліктегі *superuser* рөлін құру (*py manage.py createsuperuser*) Django ұйымдастыру (<http://localhost:8000/admin/>) бөлігінде деректі оқу, өзгерту, қосу және жоюға рұқсат береді. 56-суретте супер пайдаланушының логин және паролін енгізу арқылы админ панельге көшу мүмкіншілігі көрсетілген.



Сурет 56 – Django фреймворкінің админ панелі

Irr_lands_backend қосымшасында модельдерді құру деректер базасының архитектурасына сәйкес жүргізілді (сурет 57). Кестелер арасындағы байланыс one-to-many және many-to-many арқылы, primary key (PK) және foreign key (FK) негізінде орын алды. Деректер базасындағы объектілерге суармалы алқаптар, көршілес мемлекеттер мен облыстар, Алматы және Жетісу облыстары, әкімшілік

аудандар, ауылдық округтер, су жинау бассейндер жатады.



Сурет 57 – Деректер базасындағы объектілердің байланысы мен құрылымы

Irr_lands_backend/models.py файлына Geodjango фреймворкінің *from django.contrib.gis.db import models* пакетін импорттау жүргізілді (сурет 58). Модельдің ішіндегі *Meta* классы Django admin бөлігінде деректерді ұйымдастыру мен басқаруда ат салысады, *__str__* фунқисы пайдаланушы немесе бағдарламаны жасақтаушыға аннотациялық-түсіндірме мақсатында қосылған.

Javascript (main.js), CSS (styles.css), HTML (base.html) статикалық файлдарымен жұмыс жасау үшін settings.py файлына *STATIC_URL = '/static/'*,

`MEDIA_ROOT = os.path.join(BASE_DIR, 'media'), MEDIA_URL = '/media/'`
 КОДТАРЫ ЖАЗЫЛДЫ.

```

23
24 class IrrigatedLand(models.Model):
25     gid = models.AutoField(primary_key=True)
26     name_r = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
27     name_d = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
28     dem = models.FloatField(blank=True, null=True)
29     slope = models.FloatField(blank=True, null=True)
30     aspect_ru = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
31     ha_float = models.FloatField(blank=True, null=True)
32     sum_act = models.FloatField(blank=True, null=True)
33     veg_days = models.FloatField(blank=True, null=True)
34     bass1 = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
35     bass2 = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
36     sum_prec = models.IntegerField(blank=True, null=True)
37     htc = models.FloatField(blank=True, null=True)
38     htc_zone = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
39     mekh_name = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
40     irr_massiv = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
41     bass0 = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
42     hdm_dist = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
43     irr_meth = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
44     reg_id = models.IntegerField(blank=True, null=True)
45     irrland_id = models.IntegerField(blank=True, null=True)
46     rural_kz = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
47     rural_id = models.IntegerField(blank=True, null=True)
48     dist_id = models.IntegerField(blank=True, null=True)
49     soil_n_kz = models.CharField(max_length=254, blank=True, null=True)
50     geom = models.MultiPolygonField()
51
52     class Meta:
53         managed = False
54         db_table = 'irrigated_lands'
55         verbose_name = 'Irrigated land'
56
57     def __str__(self):
58         return f'{self.rural_kz} №{str(self.gid)}'
59

```

Сурет 58 – IrrigatedLand кестесінің бағаналарын сәйкестендіру процесі

Серверге BMP, EPS, GIF, IM, JPEG, MSP, PCX PNG, PPM, TIFF, WebP, ICO, PSD, PDF форматтарындағы файлдарды жүктеу үшін Python тілінің Pillow кітапханасы пайдаланылды. Кітапхананы орнату `pip install pillow` (сурет 59) арқылы жүзеге асырылады (Django фреймворкімен қайшылықтар туындағанда, Pillow кітапханасының ескі нұсқаларын орнату ұсынылады: `pip install Pillow == 9.4.0`).

```

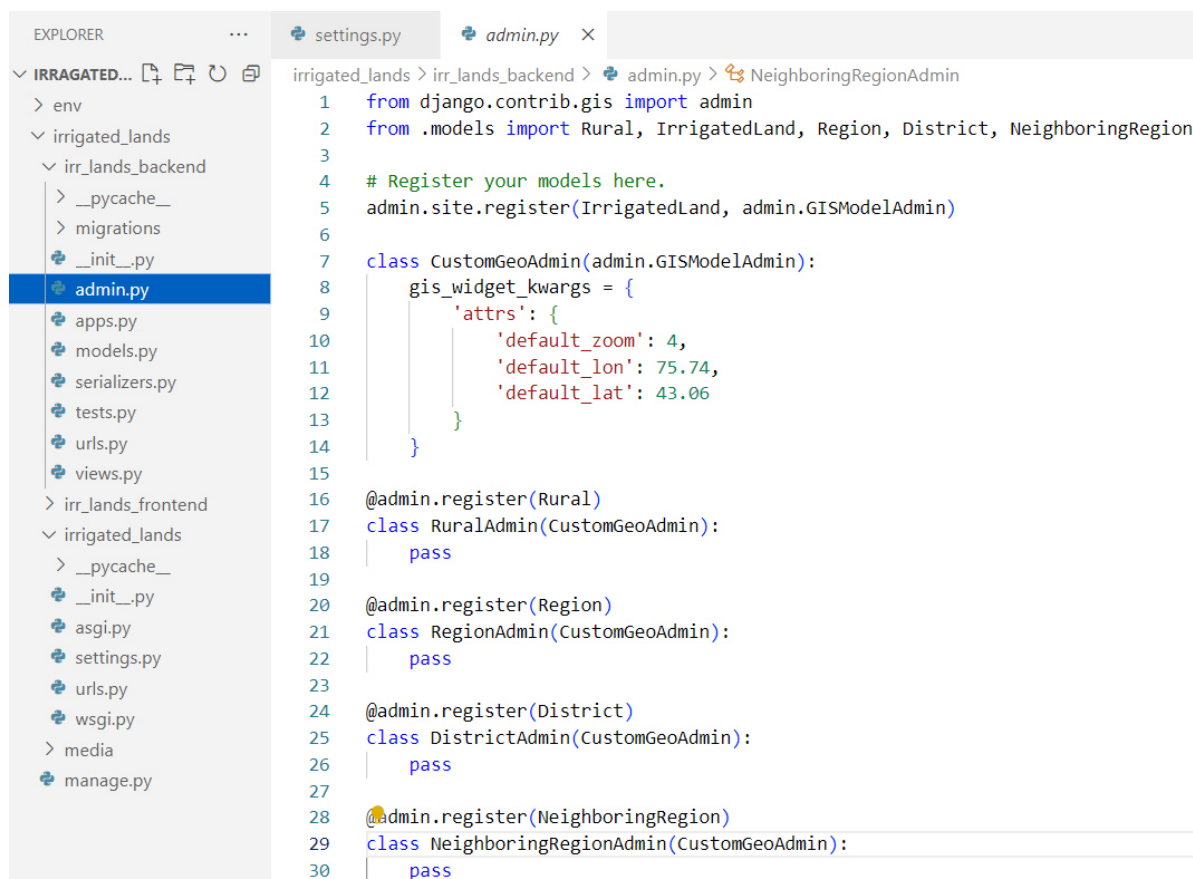
(env) PS C:\Users\user\Desktop\Обучение ПРОГРАММИРОВАНИЕ\Web-GIS App\Project\austral_ch_projec
● t> pip install pillow
Collecting pillow
  Downloading pillow-10.2.0-cp310-cp310-win_amd64.whl.metadata (9.9 kB)
  Downloading pillow-10.2.0-cp310-cp310-win_amd64.whl (2.6 MB)
----- 2.6/2.6 MB 407.6 kB/s eta 0:00:00
Installing collected packages: pillow
Successfully installed pillow-10.2.0
○ (env) PS C:\Users\user\Desktop\Обучение ПРОГРАММИРОВАНИЕ\Web-GIS App\Project\austral_ch_projec
t>

```

Сурет 59 – Pillow кітапханасын орнату

Irr_lands_backend қосымшасы модельдерінің құрылымын толықтырғаннан кейін, өзгерістер PostgreSQL ДББЖ көрініс табуы үшін *py manage.py makemigrations irr_lands_backend* және *py manage.py migrate* командаларын орыдау қажет.

Irr_lands_backend/admin.py (сурет 60) файлына модель класстарын импорттау қажет: *from django.contrib.gis import admin; from .models import Rural, IrrigatedLand, Region, District, NeighboringRegion*. Модельдерді тіркеу *admin.site.register(IrrigatedLand, admin.GISModelAdmin)* командасы арқылы орындалады.

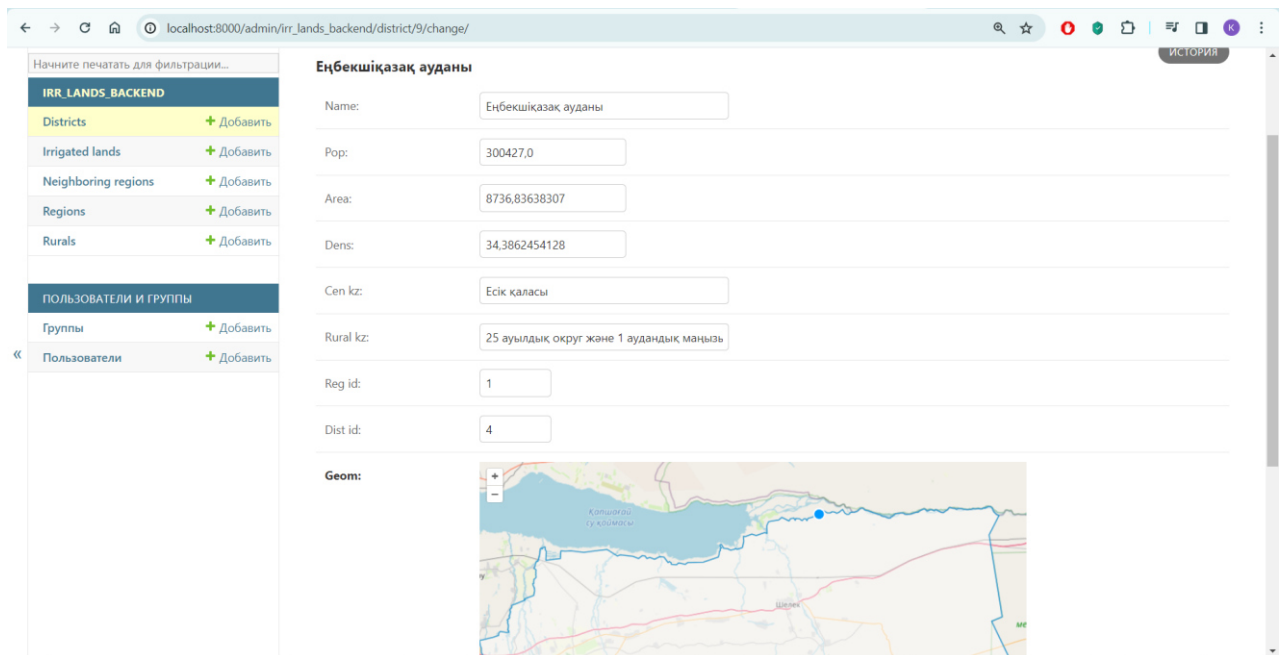


```
1 from django.contrib.gis import admin
2 from .models import Rural, IrrigatedLand, Region, District, NeighboringRegion
3
4 # Register your models here.
5 admin.site.register(IrrigatedLand, admin.GISModelAdmin)
6
7 class CustomGeoAdmin(admin.GISModelAdmin):
8     gis_widget_kwarg = {
9         'attrs': {
10             'default_zoom': 4,
11             'default_lon': 75.74,
12             'default_lat': 43.06
13         }
14     }
15
16 @admin.register(Rural)
17 class RuralAdmin(CustomGeoAdmin):
18     pass
19
20 @admin.register(Region)
21 class RegionAdmin(CustomGeoAdmin):
22     pass
23
24 @admin.register(District)
25 class DistrictAdmin(CustomGeoAdmin):
26     pass
27
28 @admin.register(NeighboringRegion)
29 class NeighboringRegionAdmin(CustomGeoAdmin):
30     pass
```

Сурет 60 – Django admin панелінде деректерді айқындау

Admin.py файлында модельдерді тіркеу *class CustomGeoAdmin(admin.GISModelAdmin): gis_widget_kwarg = { 'attrs': { 'default_zoom': 4, 'default_lon': 75.74, 'default_lat': 43.06 } }* негізінде атқарылды (<https://docs.djangoproject.com/en/5.0/ref/contrib/admin/>). Қалған деректер базасының компоненттерін админ панеліне қосу үшін *@admin.register(Rural) class RuralAdmin(CustomGeoAdmin): pass, @admin.register(Region) class RegionAdmin(CustomGeoAdmin): pass, @admin.register(District) class DistrictAdmin(CustomGeoAdmin): pass, @admin.register(NeighboringRegion) class NeighboringRegionAdmin(CustomGeoAdmin): pass* кодтары жазылды.

<http://localhost:8000/admin/> сілтемесіне өтіп, add немесе change батырмалары арқылы деректерді қосу немесе өзгертуге (сурет 61) болады.



Сурет 61 – Django admin панелінде объектілерді өзгерту

62-суретте Irrigated_lands/urls.py файлында сілтемелерді жариялау көрсетілген.

```

1  """
2  URL configuration for irrigated_lands project.
3
4  The `urlpatterns` list routes URLs to views. For more information please see:
5  | https://docs.djangoproject.com/en/5.0/topics/http/urls/
6  | Examples:
7  | Function views
8  |     1. Add an import: from my_app import views
9  |     2. Add a URL to urlpatterns: path('', views.home, name='home')
10 | Class-based views
11 |     1. Add an import: from other_app.views import Home
12 |     2. Add a URL to urlpatterns: path('', Home.as_view(), name='home')
13 | Including another URLconf
14 |     1. Import the include() function: from django.urls import include, path
15 |     2. Add a URL to urlpatterns: path('blog/', include('blog.urls'))
16 | """
17 from django.contrib import admin
18 from django.urls import path, include
19 from django.conf import settings
20 from django.conf.urls.static import static
21
22
23 urlpatterns = [
24     path('admin/', admin.site.urls),
25     path('api/v1/', include('irr_land_backend.urls')),
26     path(settings.MEDIA_URL, document_root=settings.MEDIA_URL)
27 ]

```

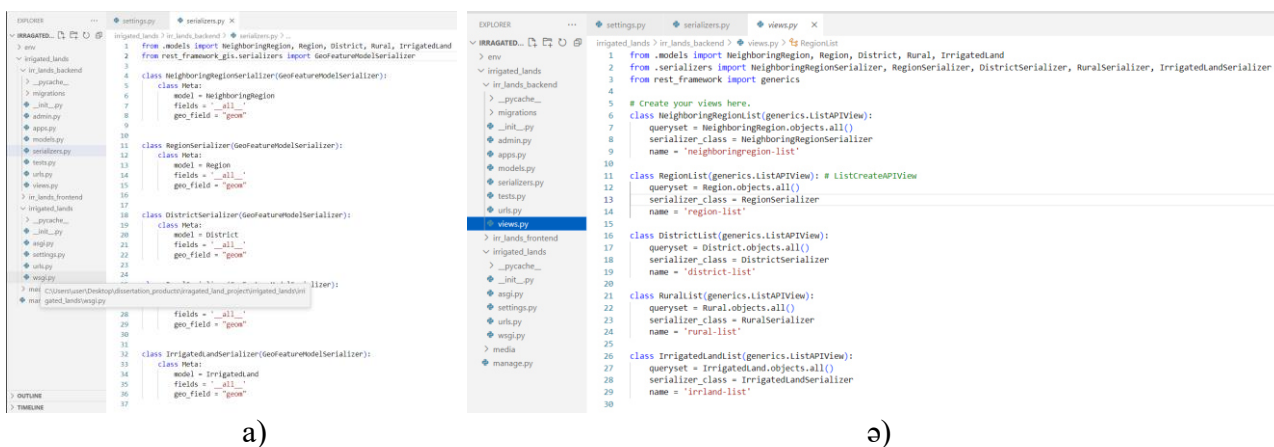
Сурет 62 – Irrigated_lands/urls.py файлындағы сілтемелер

Сілтемелер `urlpatterns = [path('admin/', admin.site.urls), path('api/v1/', include('irr_lands_backend.urls'))]` + `static(settings.MEDIA_URL, document_root=settings.MEDIA_URL)` түрінде жазылады.

Серверлік бөлікте медиа-файлдардың жинақталмауын, қолданылмайтындарын жоюға арналған Django-cleanup модулі пайдаланылды (`pip install django-cleanup`). `Settings.py` файлына кеңейту ретінде жазылды `'django_cleanup.apps.CleanupConfig'`. `Irr_lands_backend` қосымшасында `views.py` файлын ашып, сілтемелер арқылы жаңа Веб беттерге көшу функционалы атқарылған. Сұраныс-жауап процесстерін өңдеу сериализаторлар арқылы іске асты (`serializer.py` файлын ашып, `from rest_framework_gis.serializers import GeoFeatureModelSerializer` пакетін импорттау жүзеге асты).

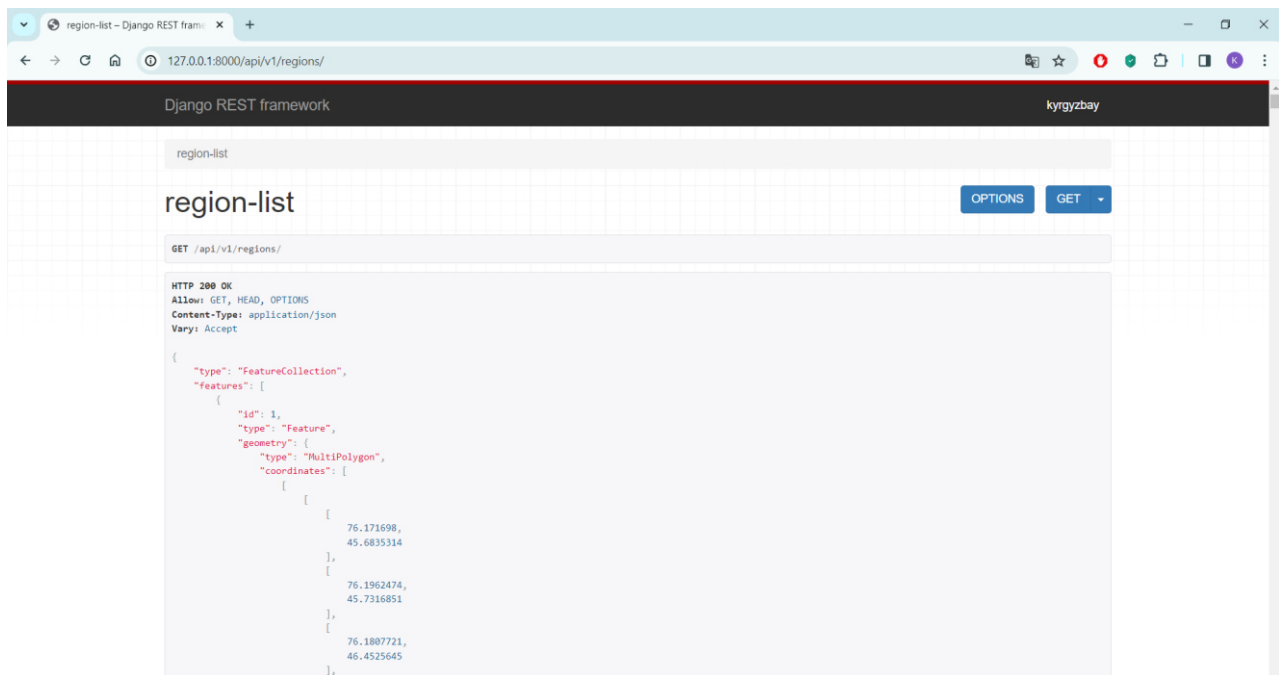
Django REST Framework көмегімен сервер мен клиенттік бөліктерді байланыстыратын API ұйымдастыру. Django REST Framework (DRF) қуатты және икемді API әзірлеу құралдарын ұсынып, деректерді сериялау, аутентификация және авторизация, көріністер және маршруттау сияқты функционалды ұсынады (https://www.nic.ru/help/dlya-chego-ispol6zuetsya-django-rest-mework_11684.html).

DRF орнату үшін терминалда `pip install djangorestframework, pip install djangorestframework-gis` командалары жазылып, `settings.py` файлында `'rest_framework', 'rest_framework_gis'`, қосымшаларын қосу жүргізілді. `Serializer.py` файлына (сурет 63) `models.py` файлынан `NeighboringRegion, Region, District, Rural, IrrigatedLand` модельдерін енгізу, сонымен қатар `views.py` файлында сериализатор негізінде сілтемелер орнату орындалды.



Сурет 63 – DRF сериализаторларының `serializer.py` (а) және `views.py` (ә) файлдарына өзгеріс енгізу

64-суретке сәйкес <http://localhost:8000/api/v1/regions/> сілтемесі арқылы облыстар жайындағы деректерге қол жеткізуге болады. DRF негізінде `generics ListCreateAPIView, RetrieveAPIView, RetrieveUpdateDestroyAPIView, ListAPIView` және т.б түрлеріне жіктеліп, API көмегімен деректермен алмасу барысында көптеген функционалдық мүмкіншіліктер (ақпаратты қосу, жою, өзгерту) береді.



Сурет 64 – Django Rest Framework API сұраныс жасау

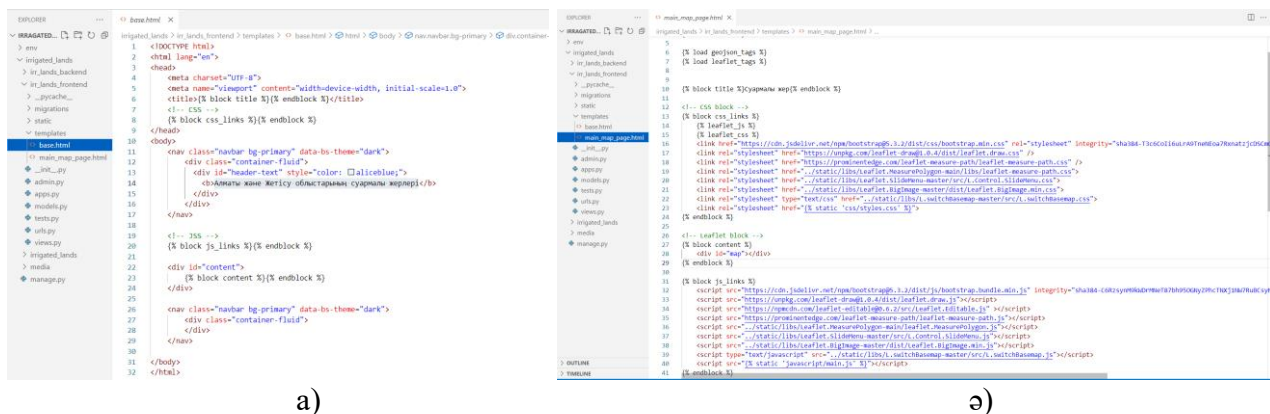
Web-GIS қосымшасының клиенттік бөлігі. Web-GIS қосымшасының серверлік бөлігі мен байланыс орнататын API құрылғаннан кейін, `irr_lands_frontend` қосымшасымен жұмыс істеу басталды. Ең алдымен, бас директорияда `views.py` файлын ашып, *from django.shortcuts import render* арқылы пакетті импорттап, `index` функциясын модельдердің конфигурацияларымен толықтыру жүргізілді (сурет 65).



Сурет 65 – `Irr_lands_frontend/views.py` файлына статикалық файлдарды модельдермен байланыстыру

Templates папкасын ашып, `base.html` және `main_map_page.html` файлдарын

құру қажет (сурет 66). base.html файлында сайттың барлық Веб беттерінде кездесетін header, footer, navbar блоктары қосылады.



Сурет 66 – base.html (a) және main_map_page.html (э)

66а-суретке сәйкес, head тегіне `{% block css_links %}{% endblock %}`, body тегіне `{% block js_links %}{% endblock %}`, `{% block content %}{% endblock %}` конструкцияларын қосу, негізгі html форматындағы файлға қосалқы файлдармен толықтыру кезінде шаблондық қызмет атқарады.

66ә-суретте `main_map_page.html` файлындағы тегтер, атап айтқанда `base.html` функциясын `{% extends './base.html' %}`, статикалық файлдарды `{% load static %}`, CSS форматындағы файлдарын `{% block css_links %}{% endblock %}`, негізгі контент `{% block content %} <div id="map"></div> {% endblock %}` және javascript файлдарын `{% block js_links %}{% endblock %}` қосуға арналған конструкциялар. CSS және JavaScript блоктарына, интерактивті картаны құрастыруда маңызды технологиялардың бірі – Leaflet JS кітапханасы қосылды (`<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css" integrity="sha256-p4NxAoJBhIIN+hmNHrzRCf9tD/miZyoHS5obTRR9BMY=" crossorigin="" />`, `<script src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js" integrity="sha256-20nQCchB9co0qIjJZRGuk2/Z9VM+kNiyxNV1lvTlZBo=" crossorigin=""></script>`, `https://leafletjs.com/`).

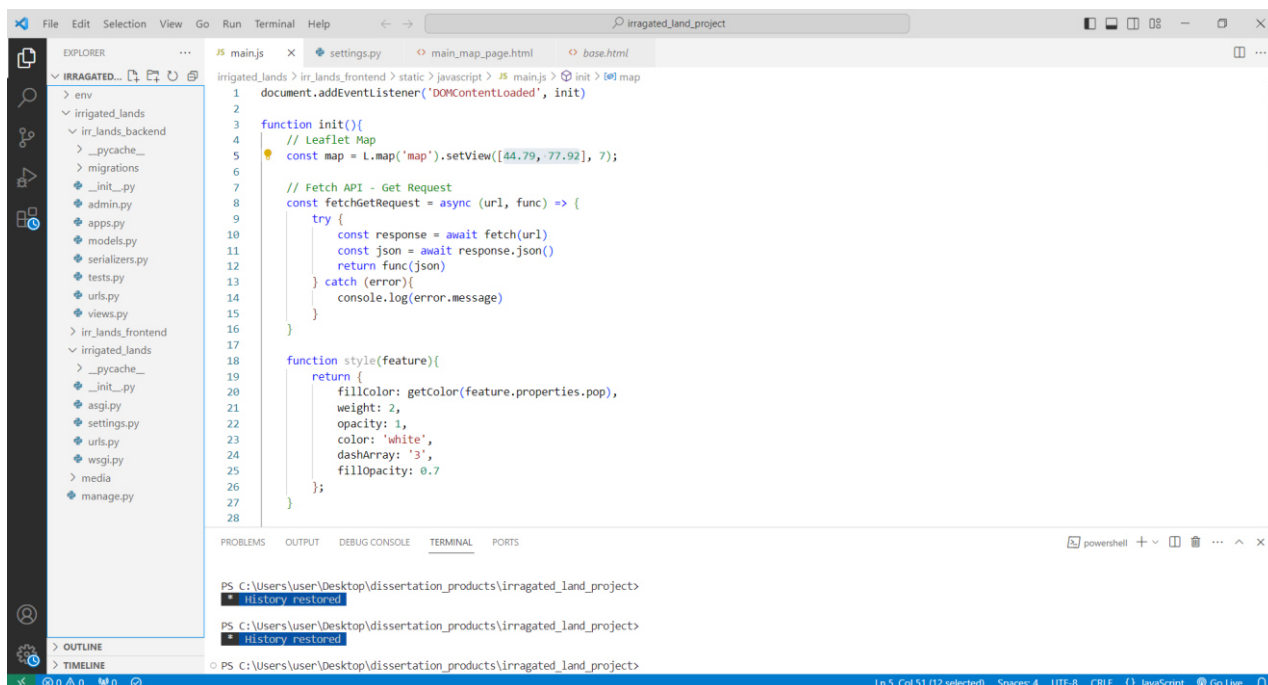
Templates папкасындағы html файлдарын Django фреймворкімен байланыстыру үшін `Irr_lands_frontend/urls.py` файлына жаңа сілтемелерді (`from django.urls import path from . import views app_name = 'irrlandfrontend' urlpatterns = [path("", views.index, name='main_page'),]`) қосу жүргізілді (сурет 67). Кейінгі кадамда `Irr_lands_frontend` сілтемелері мен қосымшаның атын жариялау басты `urls.py` файлына келесідей код арқылы жүзеге асты: `path("", include('irr_lands_frontend.urls'))`.

Django статикалық файлдарын сақтау үшін басты директорияда `static` папкасы құрылып, қолданылатын технологиялар бойынша 3 папкаға (`javascript`, `css`, `Lib`) бөлінді. CSS папкасында `styles.css`, javascript папкасында `main.js` файлдары ашылып, `main_map_page.html` файлында директориялары көрсетіліп, жарияланған.


```
urls.py ×
irrigated_lands > irr_land_frontend > urls.py > ...
1 from django.urls import path
2 from . import views
3
4 app_name = 'irrlandfrontend'
5 urlpatterns = [
6     path('', views.index, name='main_page|'),
7 ]
```

Сурет 67 – Irr_land_frontend/urls.py сілтеме және қосышаның атын жариялау

68-суретте main.js файлының құрылымы көрсетілген. Leaflet кітапханасының қажетті тәуелдіктерін жариялағаннан кейін (58ә-сурет), main.js файлында `document.addEventListener('DOMContentLoaded', init)` DOM элементін қосып, `init` функциясы (`function init(){ // Leaflet Map const map = L.map('map').setView([44.79, 77.92], 7); }`) жазылды. Функция Leaflet кітапханасын іске қосу үшін `id`, координаталар мен масштаб опцияларын, сонымен қатар тайлдық карталарды қажет етеді. `Style.css` файлында картаның ұзындығы мен ені көрсетіледі (`#map { height: 95vh; width: 100% }`).



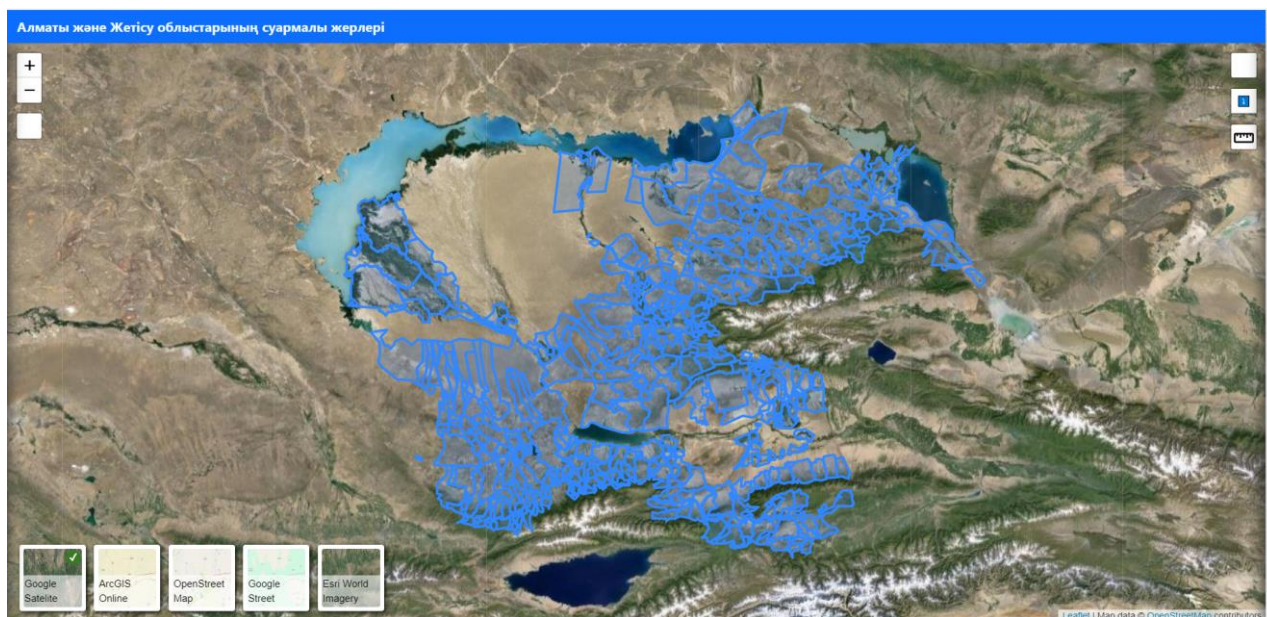
Сурет 68 – Javascript тілінің функционалы жүзеге асатын main.js файлы

Web-GIS қосымшасының серверлік және клиенттік бөліктерін байланыстыру үшін асинхронды `fetchGetRequest` функциясы (`const`

```
fetchGetRequest = async (url, func) => { try { const response = await fetch(url) const json = await response.json() return func(json) } catch (error){ console.log(error.message) } }
```

 қолданылды.

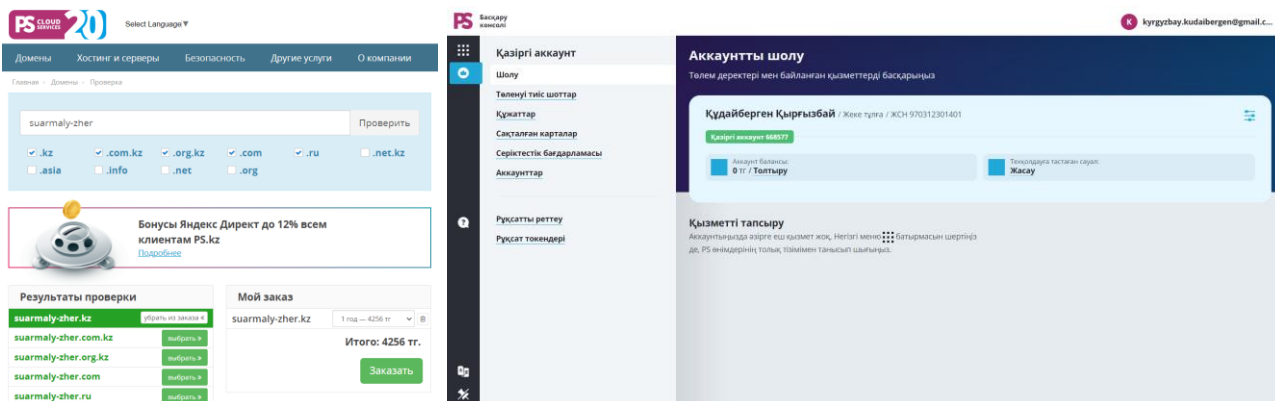
69-суретте Web-GIS қосымшасының басты беті көрсетілген. Интерактивті карта мен векторлық ақпараттан бөлек жүйеде базалық карталарды ауыстыратын, масштаб өзгертетін, геометриялық өлшеулер жүргізетін, сонымен қатар атрибутивті деректерді идентификациялауға арналған құралдар келтірілген.



Сурет 69 – «Suarmaly zher» Web-GIS қосымшасының басты беті

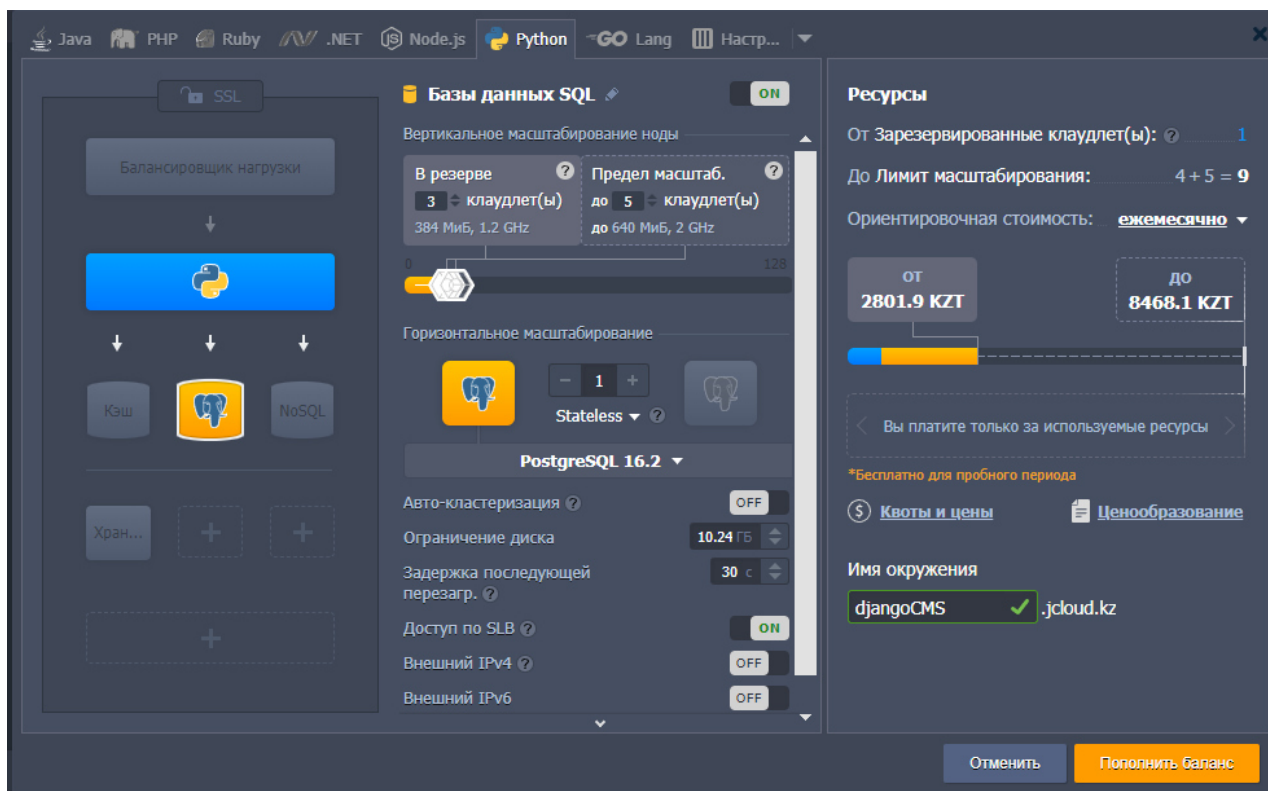
Web-GIS қосымшасын құрастыру бойынша кешенді жұмыстар Udemу порталындағы Michael Miller (Introduction to web programming for GIS applications, Display and analyze GIS data on the web with Leaflet, Server-side web GIS applications with Leaflet and PostGIS) және Ikrom Nishanbaev (Leaflet From Scratch With A GeoDjango Project) оқытушыларының жұмыстарын негізге ала отырып атқарылған.

«Suarmaly zher» Web-GIS қосымшасын хостингте орналастыру, домен тағайындау. Қазақстан Республикасының Қорғаныс және аэроғарыш өнеркәсібі министрінің 2018 жылғы 13 наурыздағы №38/НҚ Интернеттің қазақстандық сегментінің кеңістігінде домендік аттарды тіркеу, пайдалану және бөлу қағидаларын бекіту туралы Заңына (<https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V1800016654>) сәйкес Қазақстан сегментінде орын алатын Интернет-ресурстарын тіркеу көрсетілген 12 тіркеуші-компанияның негізімен жүзеге асырылуы шарт (<https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/activities/490?lang=kk>). Соған сәйкес, құрастырылған Web-GIS қосымшасына «suarmaly-zher.kz» домендік атауын таңдау «Интернет компания PS» ЖШС (сурет 70) қызмет көрсетуімен жүргізілді (<https://www.ps.kz/>).



Сурет 70 – PS Cloud Services жүйесінде доменді таңдау

Web-GIS қосымшасын хостингте Python және PostgreSQL технологияларының көмегімен орналастыру үшін PS Cloud бұлттық жүйесі (сурет 71) қолданылды (<https://www.ps.kz/faq/hosting/jelastic/django-cms>).



Сурет 71 – Django CMS және PostgreSQL технологияларын бұлттық хостингке орналастыру (<https://app.jcloud.ps.kz/>)

ҚОРЫТЫНДЫ

Әлемдегі азық-түліктің үштен бірі суару жүйелерінің негізінде өңделетін жерлердің 21 пайызында өндіріледі. Бұл ирригацияның ауыл шаруашылық өндірісін күшейтуде және бүкіл әлемді азық-түлікпен қамтамасыз етуде атқаратын маңызды рөлін анық көрсетеді. Әлемнің көптеген елдерінде суармалы егіншілік су ресурстарының едәуір бөлігін, атап айтқанда жалпы көлемнің 75%-дан астамын тұтынып, ауылшаруашылығының интенсивті бағыттарының бірі болып саналады. Сол себептен су ресурстарын тиімді пайдалану қазіргі кездегі аса маңызды мәселелердің біріне айналууда.

Климаттың өзгеруі және өңірдегі суды ұтымды пайдалануды ескере отырып, Орталық Азия аумағы үшін ауыл шаруашылығы дақылдары су тұтынуының оңтайлы жүйесін таңдау кезінде гидромодульді аудандастыру оң нәтижелер көрсетті. Бұл бағыт аймақтағы су ресурстары тапшылығымен және жедел аридизацияға ұшырау кезінде қолданудың өзектілігін көрсетті.

Зерттеу нысаны ретінде Қазақстанның оңтүстік-шығысында орналасқан, Алматы және Жетісу облыстарының суармалы егіншілік алқаптары таңдап алынды. Бұл аймақтағы суармалы егістікті жүргізу климаттың өзгерісі мен су ресурстарының оңтайлы пайдалануын қажет етеді.

Жоғарыда келтірілген тұжырымдардың негізінде келесідей қорытындылар жасауға болады:

1. Суарудың әлемдегі және Қазақстандағы жағдайы, гидромодульді аудандастырудың ерекшеліктері, климаттың өзгеру динамикасы және машиналық оқыту мен Жерді арақашықтан зондылауды қолдану жайында әдебиеттерге шолу суармалы егіншілік алқаптарын оңтайлы аудандастыруда орнын анықтады.

2. Зерттеу аумағының, ГАЖ-технологияларын пайдалану негізінен, физикалық-географиялық, климаттық, гидрографиялық және топырақ жамылғысының карталары құрастырылып, суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульді аудандастыруда негіз болды.

3. Жерді арақашықтан зондылау деректері және машиналық оқыту алгоритмінің негізінде суармалы егіншілік алқаптарын гидромодульді аудандастыру мен суару әдістері бойынша жіктеу жүргізілді.

4. Метеорологиялық және ашық климаттық деректердің верификациясын пайдалану арқылы климаттық көрсеткіштердің (орта және жиынтық жауын-шашын, максималды және минималды ауа температурасы) өзгеру динамикасы талданып, өзгерісіне бейімделу бойынша ұсыныстар құрастырылды.

5. Суармалы егіншілік алқаптарының гидромодульді аудандастыруы және суару әдістері жайындағы, сонымен қатар әкімшілік-аумақтық, гидрографиялық деректерді қамтитын, анықтамалық-ақпараттық Web-GIS қосымшасы құрастырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауы. – 2022, қыркүйек 1 <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtyyn-kazakstan-halkyna-zholdauy-181416> 18.06.2023.

2 «Қазақстан Республикасының 2025 жылға дейінгі Стратегиялық даму жоспарын бекіту және Қазақстан Республикасы Президентінің кейбір жарлықтарының күші жойылды деп тану туралы» Қазақстан Республикасының Президенті Жарлығының жобасы туралы <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1700000799> 20.05.2023.

3 Брекешев С. 2030 жылға дейін Қазақстанда суармалы жерлер көлемі 3 млн га дейін жеткізіледі // Қазақстан Республикасы Премьер-Министрінің ресми ақпараттық ресурсы <https://primeminister.kz/news/2030-zhylga-deyin-kazakstanda-suarmaly-zherler-kolemi-3-mln-ga-deyin-zhetkiziledi-s-brekeshev-594825> 10.12.2023.

4 Комплексная карта земельных угодий Алматинской области. Масштаб – 1: 300 000. – 2015 <https://www.zakon.kz/redaksiia-zakonkz/4727316-v-almatinskoi-j-oblasti-prezentovana.html> 11.04.2023.

5 «Карта размещения площадей регулярного и лиманного орошения». Масштаб: 1: 3000 000. – Алматы: Институт Казгипроводхоз, 2010.

6 Керімбай Н.Н. Закономерности структурной организации геосистем бассейна р. Шарын и вопросы рационального природопользования: дис. ... канд. геогр. наук. – Алматы: КазНУ им. аль-Фараби, 2000. – 150 с.

7 Ақтымбаева Б.И. Геоэкологическое состояние природно-сельскохозяйственных систем бассейна р. Иле: дис. ... канд. геогр. наук. – Алматы, 2003. – 170 с.

8 Асылбекова А.А. Арақашықтан зерделеу мәліметтерін пайдалану арқылы Іле Алатауының солтүстік беткейіндегі ландшафттарды зерттеу: филос. док. (PhD) ... дис. – Алматы, 2010. – 130 б.

9 Шокпарова Д.К. Бейімделмелі егіншілік жүйесін жобалаудағы ландшафттарды дифференциациялаудың әдіснамалық негіздері: филос. док. (PhD) ... дис.:6D060900. – Алматы: әл-Фараби атын. ҚазҰУ, 2014. - 139 б.

10 Салмурзаулы Р. Причины и тенденции трансформации состояния экосистем дельты реки Иле: дис. ... док. филос. (PhD). – Алматы: КазНУ им. аль-Фараби, 2016. – 147 с.

11 Какимжанов Е.Х. Іле Алатауының солтүстік беткейіндегі агроландшафттардың геоақпараттық-картографиялық негізі: филос. док. (PhD) ... дис. – Алматы: Әл-Фараби атын. ҚазҰУ, 2018. – 168 б.

12 Амиргалиева А.С. Оценка изменения водных ресурсов и перспективы прогноза водности основных рек Иле-Балкашского бассейна в условиях современного потепления климата: дис. ... док. филос. (PhD). – Алматы: КазНУ им. аль-Фараби, 2021. – 139 с.

13 Талипова Э.К. Климаттың заманауи және келешектегі өзгерістерінің Іле өзені алабының су ресурстарына әсері: филос. док. (PhD) ... дис. – Алматы: Әл-

Фараби атын. ҚазҰУ, 2023. – 135 б.

14 Tsoraeva E., Mezhyan S., Kataeva M., Hugaeva L., Rogova T. GIS technologies used in zoning agricultural land for optimizing regional land use // E3S Web of Conferences. - 2020. – 120 p.

15 Karimov E., Akhrorov A., Tolibov Sh. Natural Geographical Zoning of Agricultural // Land. – 2022. - Vol. 2, №2. – P. 15-20.

16 Kapitulina N., Kotsur E., Dolmatova O. Technology of specialized zoning of agricultural land for the purpose of their effective use // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2020. – 102 p.

17 Rakhimbaev F.M., Bepalov N.F., Khamidov M.K. Agricultural crop irrigation characteristics of Amu Darya sheep. – Tashkent: Science, 1992. - 167 p.

18 Kostyakov A.N. Basics amelioration. - M.: Selkhozgiz, 1960. – 120 p.

19 Abdurakhmonov S., Bekanov K., Embergenov N., Eshnazarov D. Hydrological modeling of agricultural lands on the basis of GIS technologies (On the example of the Chimbay district of the Republic of Karakalpakstan) // E3S Web Conf. – 2023 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338602004> 11.07.2023.

20 Stulina G.V., Solodky G.F. The use of the improved FAO methodology for assessing the water consumption of agricultural crops in the irrigation process in Central Asia. – Tashkent, 2020. – 108 p.

21 Методические указания по проведению гидромодульного районирования орошаемых земель юго-востока Казахстана: рекомендации / сост.: Оспанбаев Ж.О., Жапаев Р.К., Капашев А.Х., Куньпияева Г.Т., Сембаева А.С., Майбасова А.С. – Алматы: Типография ТОО «Асыл кітап», 2022. – 24 с.

22 Eisenhauer D.E., Martin D.L., Heeren D.M., Hoffman G.J. Irrigation Systems Management, ASABE. – 2021 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> 06.05.2023.

23 Burton M.A. Irrigation management: principles and practices. – Cambridge, 2010 - 375 p.

24 Сейітов І., Өрісбаев Қ. Суармалы егіншілік өнімін арттыру. – Алматы: Қайнар, 1984. –159 б.

25 Lal R. Encyclopedia of Soil Science. - 2nd ed. - CRC Press, 2005. - Vol. 2 <https://doi.org/10.1201/NOE0849338304> 11.06.2023.

26 Rau G. Irrigation water efficiency on irrigation systems of Kazakhstan //Scientific proceedings i international scientific conference «conserving soils and water». – 2016. – P. 113-115.

27 Курманова Г.К., Мейримова Г.А. Анализ использования орошаемых земель в Казахстане. Қазақстандағы жер ресурстарын мемлекеттік басқару мен жерге орналастыру және кадастр саласындағы кадрларды даярлаудың өзекті мәселелері // Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары. – Алматы: Қазақ университеті, 2013. – Б. 36–37.

28 Қожабекова З.Е. Қазақстан Республикасында ауыл шаруашылық жерлерін ұтымды пайдалану мәселелері. Қазақстандағы жер ресурстарын мемлекеттік басқару мен жерге орналастыру және кадастр саласындағы кадрларды даярлаудың өзекті мәселелері // Халықаралық ғылыми-тәжірибелік

- конференция материалдары. – Алматы: Қазақ университеті, 2013. – Б. 105–107.
- 29 FAO. 2013. AQUASTAT country profile of Kazakhstan, version 1998. FAO. – Rome: Italy, 1998.
- 30 World Bank. Kazakhstan, irrigation and drainage improvement project // Staff appraisal report. Report. – Washington: DC, 1996. - №15379. – P. 15-33.
- 31 UNDP. 2004. Water resources of Kazakhstan in the new Millennium. United Nations Development Programme (UNDP). - Алматы, 2004 http://www.undp.kz/library_of_publications/start.html?redir=center_view&id=2496 20.08.2023.
- 32 Мирзакеев Э.К., Сапаров А.С. Эрозия орошаемых почв предгорной зоны Казахстанского Тянь-Шаня и меры борьбы с ней. – Алматы: КазНИИПиА им. У.У. Успанова, 2010. – 230 с.
- 33 Қазақстан диқандарды егістік суымен қамтамасыз ету бойынша көршілес елдермен жұмыс жүргізіп жатыр // Қазақстан Республикасы Премьер-Министрінің ресми ақпараттық ресурсы <https://primeminister.kz/news/kazakhstan-dikhandardy-egistik-suymen-kamtamasyz-etu-boynsha-korshiles-eldermen-zhumys-zhurgizip-zhatyr-24649> 05.12.2023.
- 34 Khamidov M., Isabaev K., Urazbaev I., Islamov U., Inamov A., Mamatkulov Z. The Use Of Innovative Technologies In Water Use In Conditions Of A Shortage Of Water Resources // Nat. Volatiles & Essent. Oils. – 2021. – Vol. 8, №4. – P. 5190-5201.
- 35 Khamidov M., Inamov A., Islamov U., Mamatkulov Z., Inamov B. Determination of irrigation regimes based on geospatial technologies in water scarcity areas // E3S Web of Conferences. – 2023 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338602001> 13.08.2023.
- 36 Khamidov M., Urazbaev I., Xamidova Sh. Hydro-modular zoning of irrigated lands in South Karakalpakstan and optimal irrigation regime for cotton // AIP Conf. Proc. - 2023. - Vol. 2612, №1 <https://doi.org/10.1063/5.0113264> 11.09.2023.
- 37 Urazbaev I., Khamidov M. Hydromodule zoning of irrigated lands in South Karakalpakstan and the optimal mode of cotton irrigation // Cotton Science. – 2022. - Vol. 2, issue 1. – P. 22-29.
- 38 Urazbaev I. Hydromodule zoning southern Karakalpakstan and cotton irrigation regime // Journal of Agro processing. – 2021. - Vol. 3, issue 2. – P. 32-36.
- 39 Зубаиров О.З. Инновационные способы полива и использование их для орошения: учебное пособие. - Алматы: Эверо, 2014. – 124 с.
- 40 Балгабеков К.Б. Гидромодульное районирование и защита почв от ирригационной эрозии на юго-востоке Казахстана. – Алматы, 1999. – 120 с.
- 41 Разработка эффективной системы и технологии капельного орошения с использованием возобновляемых источников энергии за 2015-2017 гг: отчет о НИР. - Тараз: ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства», 2017. – 152 с.
- 42 Мелиорация земель: учебник / под ред. А. И. Голованова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 816 с.
- 43 IPCC: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working

Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). - Geneva: Switzerland, 2014. – 151 p.

44 Dilinuer T., Yao J.Q., Chen J., Mao W.Y., Yang L.M., Yeernaer H., Chen Y.H. Regional drying and wetting trends over Central Asia based on Koppen climate classification in 1961-2015 // *Advances in Climate Change Research*. – 2021. - №12. – P. 363-372.

45 Sheffield J., Wood E.F., Roderick M.L. Little change in global drought over the past 60 years // *Nat.* - 2012. - №491. – P. 435-438.

46 Dai A. Increasing drought under global warming in observations and models // *Nat. Clim. Change*. - 2013.- №3. – P. 52-58.

47 Huang J.P., Yu H., Guan X., et al. Accelerated dryland expansion under climate change // *Nat. Clim. Change*. – 2016. - Vol. 6, №2. – P. 166–172.

48 Huang J.P., Li Y., Fu C. et al. Dryland climate change: recent progress and challenges // *Rev. Geophys.* – 2017. - №55. – P. 719–778.

49 COP26. COP26 Goals. – 2021 <https://ukcop26.org/cop26-goals/> 11.06.2023.

50 Dwivedi Y., Hughes L., Kar A. etc. Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action // *International Journal of Information Management*. – 2022. - Vol. 63. – P. 102456.

51 IPCC 2007. Climate Change: The Physical Science Basis, contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. - Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 976 p. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf 01.02.2023.

52 Broecker W.S. Climatic change: are we on the brink of a pronounced global warming? // *Science*. – 1975. - Vol. 189, №4201. – P. 460–463.

53 Lin M.L., Tsai C.W., Chen C.K. Daily maximum temperature forecasting in changing climate using a hybrid of Multi-dimensional Complementary Ensemble Empirical Mode Decomposition and Radial Basis Function Neural Network // *Journal of Hydrology: Regional Studies*. – 2021. – Vol. 38. – P. 100923.

54 Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Midgley P.M. IPCC. Climate change 2013: the physical science basis. In: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. - Cambridge; New York; USA: University Press; United Kingdom, 2013. – 1535 p.

55 Meinshausen M., Smith S.J., Calvin K., Daniel J.S. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300 // *Climatic Change*. - 2011. – Vol. 109, №213. – P. 10-18.

56 Li Z.L., Mu C.C., Chen X., Wang X.Y., Dong W.W., Jia L., Mu M., Streletskaia I., Grebenets V., Sokratov S., Kizyakov A. Changes in net ecosystem exchange of CO₂ in Arctic and their relationships with climate change during 2002-2017 // *Advances in Climate Change Research*. – 2021. - Vol. 12. – P. 475-480.

57 World Meteorological Organization, 2020a. WMO statement on the state of

the global climate in 2019 // World Meteorological Association. – 2020. - №1248. – P. 10.

58 World Meteorological Organization, 2020b. The global climate in 2015–2019 // World Meteorological Association. - 2020. - №1249. – P. 15.

59 Kyrgyzbay K., Kakimzhanov Y., Sagin J. Climate data verification for assessing climate change in Almaty region of the Republic of Kazakhstan // Climate Services. – 2023. – Vol. 32. – P. 100423.

60 Қошқаров С.И., Қалманов Г.Қ., Олжабаева А.О. Суару мелиорациясы: оқу құралы. – Алматы: Білім, 2014. – 160 б.

61 Жүсіпбеков Д.Қ., Арынбекова Г.Е. Іле өзенінің Қапшағай шатқалы тұстамасындағы ағынды қатарының біртектілігін бағалау // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – 2007. – №1(24). – Б. 73–77.

62 Әмірғалиева А.С., Дюсенова Р.Х. Іле атырауының гидрографиялық сипаттамаларының өзгеруі // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – 2007. – №1(24). – Б. 77–81.

63 Kenjabaev S., Frede H. G., Begmatov I., Isaev S., Matyakubov B. Determination of actual crop evapotranspiration (ETC) and dual crop coefficients (KC) for cotton, wheat and maize in Fergana Valley: Integration of the FAO-56 approach and budget // Journal of Critical Reviews. – 2010. - Vol. 7, №5. – P. 340–349.

64 Байшоланов С.С. Многолетняя динамика агрометеорологических показателей в южной половине Казахстана // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – 2007. – №1(24). – С. 43–50.

65 Lary D.J., Alavi A.H., Gandomi A.H., Walker A.L. Machine learning in geosciences and remote sensing // Geoscience Frontiers. - 2016. – Vol. 7, issue 1. – P. 3-10.

66 Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change // Science. – 2013. - №342. – P. 850–853.

67 Holloway J., Mengersen K. Statistical Machine Learning Methods and Remote Sensing for Sustainable Development Goals: A Review // Remote Sens. – 2018. - №10. – P. 1365.

68 Tripathy R., Chaudhary K.N., Nigam R., Manjunath K.R., Chauhan P., Ray S.S., Parihar J.S. Operational semi-physical spectral-spatial wheat yield model development // ISPRS Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. – 2014. - №8. – P. 977–982.

69 Yi J.S., Prybutok V.R. A neural network model forecasting for prediction of daily maximum ozone concentration in an industrialized urban area // Environmental Pollution. – 1996. - Vol. 92, №3. – P. 349-357.

70 Atkinson P.M., Tatnall A.R.L. Introduction: neural networks in remote sensing // International Journal of Remote Sensing. – 1997. - Vol. 18, №4. – P. 699-709.

71 Carpenter G.A., Gajja M.N., Gopal S., Woodcock C.E. Art neural networks for remote sensing: vegetation classification from landsat tm and terrain // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 1997. - Vol. 35, №2. – P. 308-325.

72 Lary D.J., Remer L.A., MacNeill D., Roscoe B., Paradise S. Machine learning and bias correction of MODIS aerosol optical depth // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. – 2009. - Vol. 6, №4. – P. 694-698.

73 Lary D.J., Muller M.D., Mussa H.Y. Using neural networks to describe tracer correlations // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2004. - Vol. 4. – P. 143-146.

74 Brown M.E., Lary D.J., Vrieling A., Stathakis D., Mussa H. Neural networks as a tool for constructing continuous NDVI time series from AVHRR and MODIS International // Journal of Remote Sensing. – 2008. - Vol. 29, №24. – P. 7141-7158.

75 Azamathulla H.M. Linear programming for irrigation scheduling – a case study (Book Chapter). Linear Programming // New Frontiers in Theory and Applications. – 2012. - Vol. 1. – P. 174-192.

76 Zahabiyoun B., Goodarzi M.R., Bavani A.R.M., Azamathulla H.M. Assessment of climate change impact on the Gharehou river Basin using // SWAT Hydrological model Clean – Soil, Air, Water. – 2013. - Vol. 41, №6. – P. 601-609.

77 Madadi M.R., Azamathulla H.M., Yakhkeshi M. Application of Google Earth to investigate the change of flood inundation area due to flood detention dam // Earth Science Informatics. – 2015. - №1. – P. 15-27.

78 Shahin M.A., Jaksa M.B. Neural network prediction of pullout capacity of marquee ground anchors // Computers and Geotechnics. – 2005. - Vol. 32, №3. – P. 153-163.

79 Shahin M.A., Jaksa M.B., Maier H.R. Artificial neural network applications in geotechnical engineering // Australian Geomechanics. – 2001. - Vol. 36, №1. – P. 49-62.

80 Das S.K., Basudhar P.K. Prediction of residual friction angle of clays using artificial neural network // Engineering Geology. – 2008. - Vol. 100, №3–4. – P. 142-145.

81 Samui P. Support vector machine applied to settlement of shallow foundations on cohesionless soils // Computers and Geotechnics. – 2008. - Vol. 35, №3. – P. 419-427.

82 Samui P. Slope stability analysis: a support vector machine approach // Environmental Geology. – 2008. - Vol. 56, №2. – P. 255–267.

83 Samui P. Application of statistical learning algorithms to ultimate bearing capacity of shallow foundation on cohesionless soil // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 2012. - Vol. 36, №1. – P. 100-110.

84 Azamathulla H.M., Wu F.C. Support vector machine approach for longitudinal dispersion coefficients in natural streams // Applied Soft Computing. – 2011. - Vol. 11, №2. – P. 2902-2905.

85 Azamathulla H.M., Ghani A.A., Fei S.Y. ANFIS-based approach for predicting sediment transport in clean sewer // Applied Soft Computing. – 2012. - Vol. 12, №3. – P. 1227-1230.

86 Azamathulla H.M., Guven A., Demir Y.K. Linear genetic programming to scour below submerged pipeline // Ocean Engineering, – 2011. - Vol. 38, №8–9. – P. 995-1000.

87 Garg A., Tai K., Sreedeeep S. An integrated SRM-multi-gene genetic programming approach for prediction of factor of safety of 3-D soil nailed slopes // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. – 2014. - Vol. 30. – P. 30–40.

88 Garg A., Tai K., Savalani M.M. State-of-the-Art in empirical modeling of rapid prototyping processes // *Rapid Prototyping Journal*. – 2014. - Vol. 20, №2. – P. 164-178.

89 Garg A., Tai K., Gupta A.K. A modified multi-gene genetic programming approach for modelling true stress of dynamic strain aging regime of austenitic stainless steel 304 // *Meccanica*. – 2014. - Vol. 49, №5. – P. 1193-1209.

90 Jeon G. Advanced Machine Learning and Deep Learning Approaches for Remote Sensing // *Remote Sens*. – 2023. - Vol. 15. – P. 2876.

91 Anil Kumar Priyadarshi Upadhyay A. Senthil Kumar. Fuzzy Machine Learning Algorithms for Remote Sensing Image Classification. - Taylor & Francis Group; LLC, 2021. – 201 p.

92 Wei S., Xu T., Niu G.Y., Zeng R. Estimating Irrigation Water Consumption Using Machine Learning and Remote Sensing Data in Kansas High Plains // *Remote Sensing*. – 2022. - Vol. 14, №13. – P. 3004.

93 Ketchum D., Jencso K., Maneta M.P., Melton F., Jones M.O., Huntington J. IrrMapper: A Machine Learning Approach for High Resolution Mapping of Irrigated Agriculture Across the Western U.S // *Remote Sensing*. – 2020. - Vol. 12, №14. – P. 2328.

94 Акмолдаева Б.К., Токаева Ж.Т. Современная структура землепользования в низовьях р.Иле. Қазақстандағы жер ресурстарын мемлекеттік басқару мен жерге орналастыру және кадастр саласындағы кадрларды даярлаудың өзекті мәселелері // Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары. – Алматы: Қазақ университеті, 2013. – Б. 74–77.

95 Hassan-Esfahani L., Torres-Rua A., McKee M. Assessment of optimal irrigation water allocation for pressurized irrigation system using water balance approach, learning machines, and remotely sensed data // *Agricultural Water Management*. – 2015. – Vol. 153. – P. 42-50.

96 Paolini G., Escorihuela M.J., Merlin O., Sans M.P., Bellvert J. Classification of Different Irrigation Systems at Field Scale Using Time-Series of Remote Sensing Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth // Observations and Remote Sensing*. – 2022. - Vol. 15. – P. 10055-10072.

97 Wen Y., Shang S., Rahman K.U. Pre-Constrained Machine Learning Method for Multi-Year Mapping of Three Major Crops in a Large Irrigation District // *Remote Sensing*. – 2019. - Vol. 11, №3. – P. 242.

98 Қазақстан Республикасының әкімшілік-аумақтық құрылысы туралы заңы https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z930004200_06.09.2023.

99 2022 жылдың 4 мамырындағы Қазақстан Республикасының әкімшілік-аумақтық құрылысының кейбір мәселелері туралы жарлығы https://www.akorda.kz/kz/kazakstan-respublikasynyn-akimshilik-aumaktyk-kurylysynyn-keybir-maseleleri-turaly-44412_06.09.2023.

100 Жетісу. Энциклопедия. – Алматы: «Арыс» баспасы, 2004. – 712 б.

- 101 Алматинская область. Википедия
https://ru.wikipedia.org/wiki/Алматинская_область 06.09.2023.
- 102 Жетысуская область. Википедия
https://ru.wikipedia.org/wiki/Жетысуская_область 06.09.2023.
- 103 Акмолдаева Б.К., Чигаркин А.В. Геосистемный анализ территории Баканасской древнедельтовой равнины // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – 2007. – №1(24). – С. 3–7.
- 104 Уваров В.Н., Крылова В.С. Сравнительный анализ химического состава снежного покрова, талой ледниковой и речной воды высокогорной зоны Северного и Восточного Тянь-Шаня // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – 2001. – №2(13). – С. 3–13.
- 105 Макаревич К.Г., Полякова С.Е., Смирнова А.Ю. Тұйықсу мұздығының қазіргі зерттелу жағдайы // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – 2012. – №2 (35). – С. 24–34.
- 106 Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов Э.А. Современное экологическое состояние экосистем Иле-Балхашского бассейна. - Алматы, 2009. – 104 с.
- 107 Достай Ж.Д. Управление гидроэкосистемой бассейна озера Балкаш. - Алматы, 2009. – 236 с.
- 108 Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / под ред. А. Б. Самаковой. – Алматы: Издательство «Каганат», 2003. – 150 с.
- 109 Давлетғалиев С.К. Водные ресурсы бассейна озера Балхаш в зоне формирования стока // Природные ресурсы Или- Балхашского региона. - Алма-Ата, 1990. – С. 57-65.
- 110 Madibekov A., Ismukhanova L., Opp C., Saidaliyeva Z., Zhadi A., Sultanbekova B., Kurmanova M. Spatial Distribution of Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Ni in the Soils of Ili River Delta and State Natural Reserve «Ili-Balkhash» // Appl. Sci. – 2023. - Vol. 13. – P. 5996.
- 111 Линник А.С., Мамилов Н.Ш., Бедненко О.Г., Ибраев С.М. Изменение ихтиофауны рек Большая Алматинка и Малая Алматинка в условиях усилившейся антропогенной нагрузки // ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы. – 2001. – №2(9). – С. 79-83.
- 112 Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security. Food and agriculture organization of the united nations. FAO water reports. – Rome, 2012. – 140 p.
- 113 Knox J.W., Kay M.G. Weatherhead, E.K. Water regulation, crop production, and agricultural water management-Understanding farmer perspectives on irrigation efficiency // Agric. Water Manag. – 2012. - Vol. 108. – P. 3–8.
- 114 Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: учебник. – Изд. 3-е. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
- 115 Сарсенбаев М.Х., Калдарбеков Ж.М. Суммарное испарение: его расчет, режим и изменчивость по территории Казахстана // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – 2014. – №1(38). – С. 56–62.
- 116 Герасименко В.П. Практикум по агроэкологии: учебное пособие. – Спб.:

Издательство «Лань», 2016. – 432 с.

117 Wu Q. geemap: A Python package for interactive mapping with Google Earth Engine // *The Journal of Open Source Software*. – 2020. - №5. – P. 2305.

118 Алматы облысының суармалы жерлерінің мелиорациялық жай-күйі бойынша 2022 жылға Есеп. Қазақстан Республикасы Ауылшаруашылық министрлігі. Аймақтық гидрогеологиялық-мелиоративтік орталық РММ. – Алматы, 2022.

119 Жетісу облысының суармалы жерлерінің мелиорациялық жай-күйі бойынша 2022 жылға Есеп. Қазақстан Республикасы Ауылшаруашылық министрлігі. Аймақтық гидрогеологиялық-мелиоративтік орталық РММ. – Алматы, 2022.

120 Семенов В.А., Щеголева Н.Н. Исследование водного баланса естественных и орошаемых территорий юго-востока Казахстана // *Труды Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института*. - Алма-Ата, 1972. - 152 с.

121 Kunyupiyeva G.T., Zhapayev R.K., Mustafayev M.G., Kakimzhanov Y., Kyrgyzbay K., Seilkhan A.S. Soil cultivation methods' impact on soil water-physical properties under rainfed conditions of Southeast Kazakhstan // *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. – 2023. - Vol. 55, №6. – P. 18-36.

122 Kyrgyzbay K., Kakimzhanov E. Creation of a geodatabase of Almaty region based on GIS technologies // *Известия НАН РК. Серия физико-математическая*. – 2023. - №1. – С. 136–153.

123 Kyrgyzbay K., Kakimzhanov E. Agro-climatic zoning of Almaty region using GIS technologies // *Известия НАН РК. Серия физико-математическая*. – 2022. - №2. – С. 76–91.

124 Pageot Y., Baup F., Inglada J., Baghdadi N, Demarez V. Detection of Irrigated and Rainfed Crops in Temperate Areas Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time Series // *Remote Sensing*. – 2020. - Vol. 12, №18. – P. 3044.

125 Методические указания и рекомендации для составления и расчетов дифференцированных режимов орошения сельскохозяйственных культур при гидромодульном районировании РК: рекомендации / сост. Оспанбаев Ж.О., Жапаев Р.К., Капашев А.Х., Куньпияева Г.Т., Сембаева А.С., Майбасова А.С. – Алматы: Типография ТОО «Асыл кітап», 2022. – 28 с.

126 Hijmans R.J., Condori B., Carillo R., Kropff M.J. A quantitative and constraint-specific method to assess the potential impact of new agricultural technology: the case of frost resistant potato for the Altiplano (Peru and Bolivia) // *Agricultural Systems*. – 2003. - №76. – P. 895–911.

127 Fick S.E., Hijmans R.J. bWorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology* // *Int. J. Climatol.* - 2017. - №1. – P. 16-20.

128 Sanabria E.L.Q. The body temperature of active desert anurans from hyper-arid environment of South America: The reliability of WorldClim for predicted body temperatures in anurans // *Journal of Thermal Biology*. – 2019. - №1. – P. 1-9.

129 Funk C., Peterson P., Landsfeld M., Pedreros D., Verdin J., Shukla S., Husak

G., Rowland J., Harrison L., Hoell A., Joel M. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. - 2015. - 66 p.

130 Myttenaere B.G., Grand B.L., Rossi F. Mean absolute percentage error for regression models // *Neurocomputing*. - 2016. - №1. – P. 18-33.

131 McKeen S. and etc. Assessment of an ensemble of seven realtime ozone forecasts over eastern North America during the summer of 2004 // *Geophys. Res.* – 2005. - №1. – P. 13-27.

132 Savage N.H., Agnew P., Davis L.S., Ordóñez C., Thorpe R., Johnson C.E., O'Connor F. M., Dalvi M. Air quality modelling using the Met Office Unified Model (AQUUM OS24-26): model description and initial evaluation // *Geosci. Model Dev.* 2013. - №6. – P. 353–372.

133 Chai T., Draxler R.R. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? Arguments against avoiding RMSE in the literature // *Geosci. Model Dev.* – 2014. - №7. – P. 1247–1250.

134 Emrullah S. Verifying regional climate model results with web-based expert-system // *Procedia Technology*. - 2012. - Issue 1. – P. 24–30.

135 Masson-Delmotte P. Zhai H.O., Pörtner D., Roberts J. Skea P.R., Shukla T. IPCC 2018 IPCC V. Waterfield (Eds.). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development and Efforts to Eradicate Poverty. – Geneva; Switzerland: WMO, 2018. – 104 p.

136 Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Pean C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. eds. IPCC 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf 11.07.2023.

137 Cherednichenko A.V., Cherednichenko V.S., Storozhenko N.D, Kozhachmetova E.P., Kupchishin A.I., Abdrahimov R.G. Dynamic of Balkhash lake level under climate change conditions // *IOP Conf. Series: Earth and Environ.* - 2019. - Vol. 321. – P. 12012.

138 Cherednichenko A.A., Vilesov E.N., Cherednichenko V.S. Climate change in the Almaty during the past 120 years // *Quat. Int.* - 2015. - Vol. 358. – P. 101-105.

139 Karatayev M., Clarke M., Salnikov V., Bekseitova R., Nizamova M. Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan // *Heliyon*. – 2022. - №8. – P. 8660.

140 Salnikov V., Turulina G., Polyakova S., Petrova Y., Skakova A. Climate change in Kazakhstan during the past 70 years // *Quat. Int.* - 2014. - №358. - P. 77-82.

141 Funk C.C., Peterson P.J., Landsfeld M.F., Pedreros D.H., Verdin J.P., Rowland J. D., Romero B.E., Husak G.J., Michaelsen J.C., Verdin A.P. Quasi-global

precipitation time series for drought monitoring. U.S. - Geological Survey, 2014. – P. 4.

142 Funk C., Peterson P., Landsfeld M. et al. The climate hazards infrared precipitation with stations - a new environmental record for monitoring extremes // Sci. - 2015. – P. 150066 <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66> 16.09.2023.

143 Swenson S.C. GRACE monthly land water mass grids NETCDF RELEASE 5.0. Ver. 5.0. PO.DAAC, CA. – USA, 2012 <https://doi.org/10.5067/TELND-NC005> 14.08.2023.

144 Landerer F.W., Swenson S.C. Accuracy of scaled GRACE terrestrial water storage estimates // Water Resources Research. – 2012. – Vol. 48. – P. 11.

145 Swenson S.C., Wahr J. Post-processing removal of correlated errors in GRACE // Geophys. Res. Lett. - 2006. - №33. - P. 8402.

146 Pekel J.L., Cottam A., Gorelick N., Belward A.S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes // Nature. – 2016. - №540. – P. 418-422.

147 Fu P. Web GIS. Esri Press. New York Street // Redlands. – California, 2018. - №380. – P. 9237-88100.

148 Быков А.В., Пьянков С.В. Web-картографирование: учеб. пособие.– Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2015. – 110 с.

ҚОСЫМША А

Алматы және Жетісу облыстарының жер бедерінің еңістігі картасы



Сурет А 1

ҚОСЫМША Б

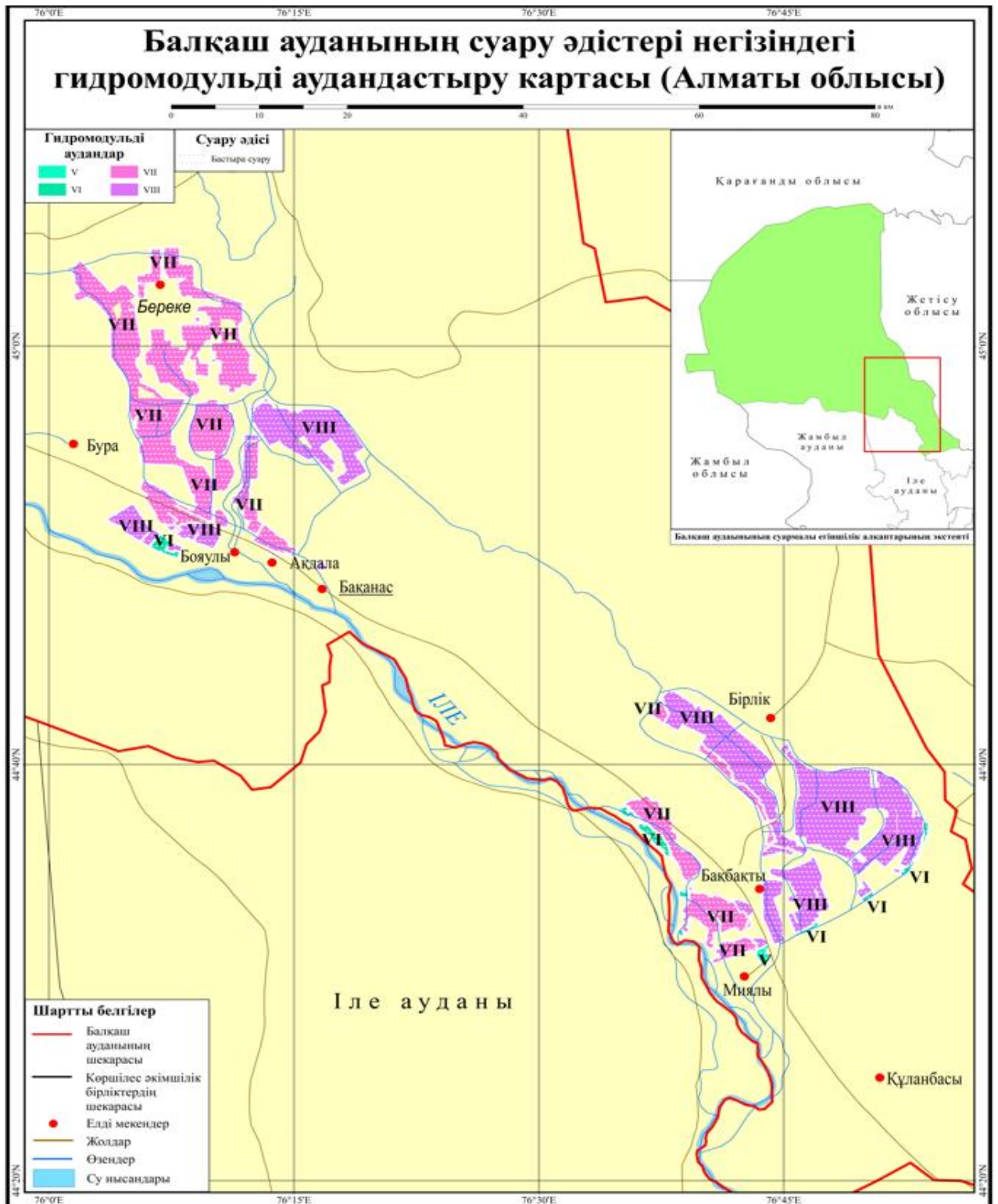
Алматы және Жетісу облыстарының жер бедерінің экспозициясы картасы



Сурет Б 1

ҚОСЫМША В

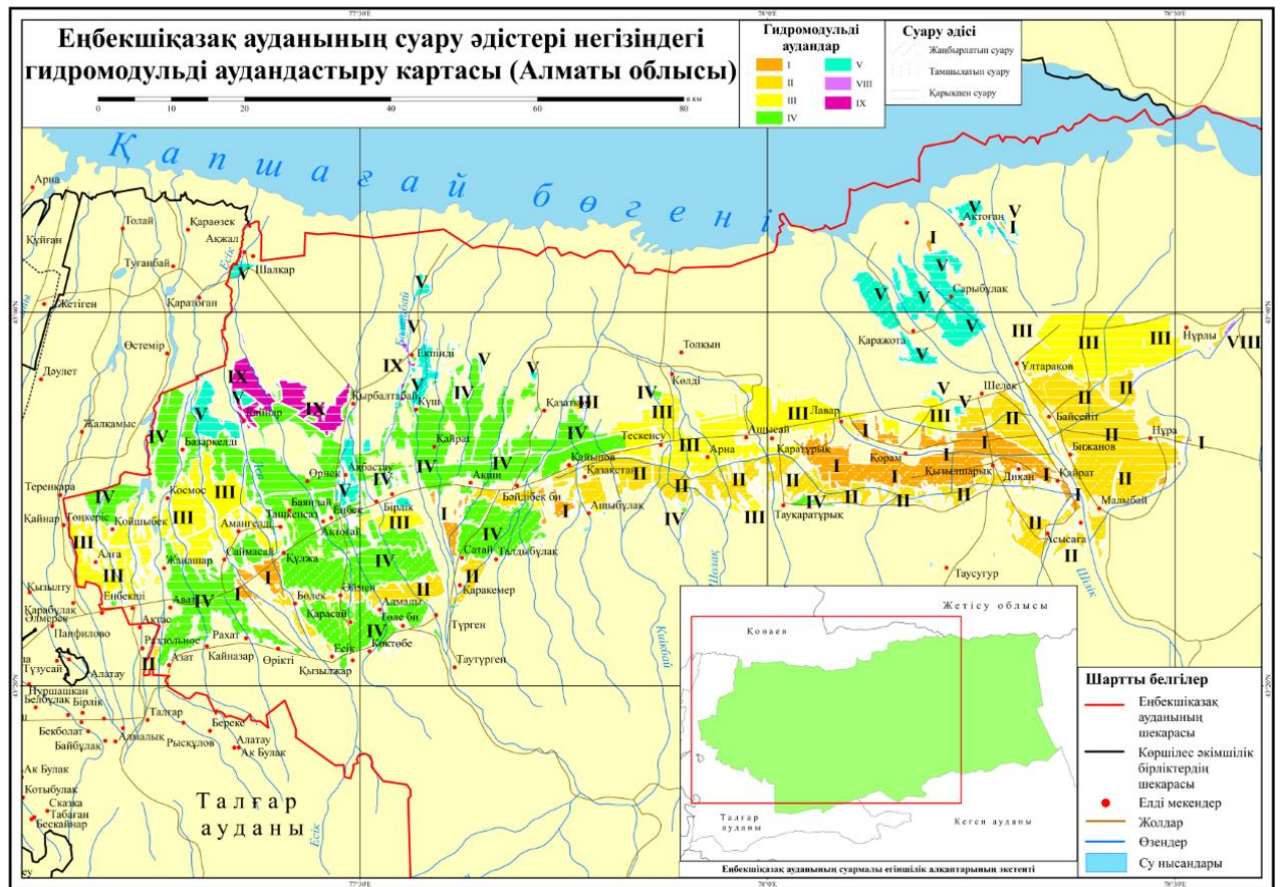
Балқаш ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 125 000)



Сурет В 1

ҚОСЫМША Г

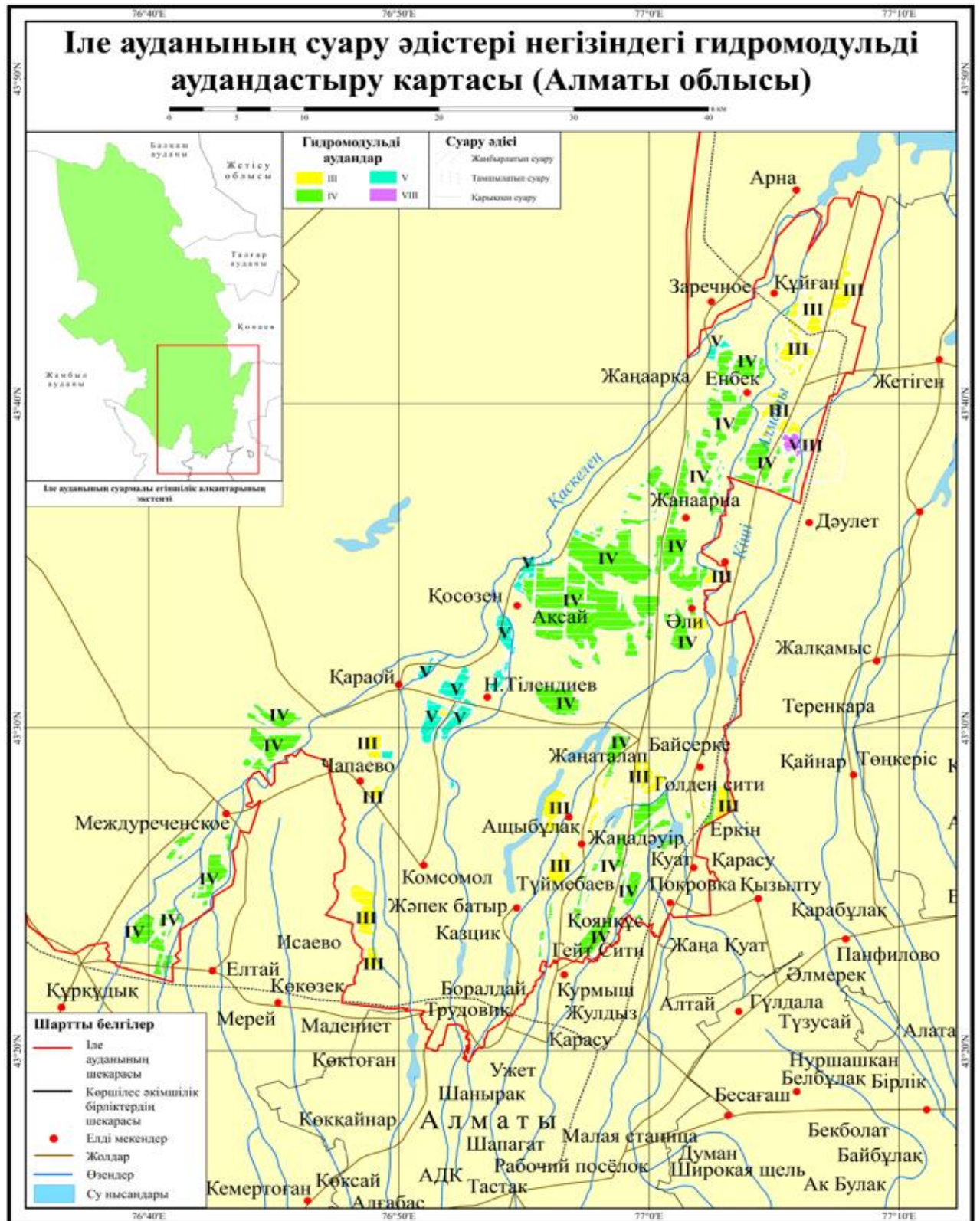
Еңбекшіқазак ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 150 000)



Сурет Г 1

ҚОСЫМША Д

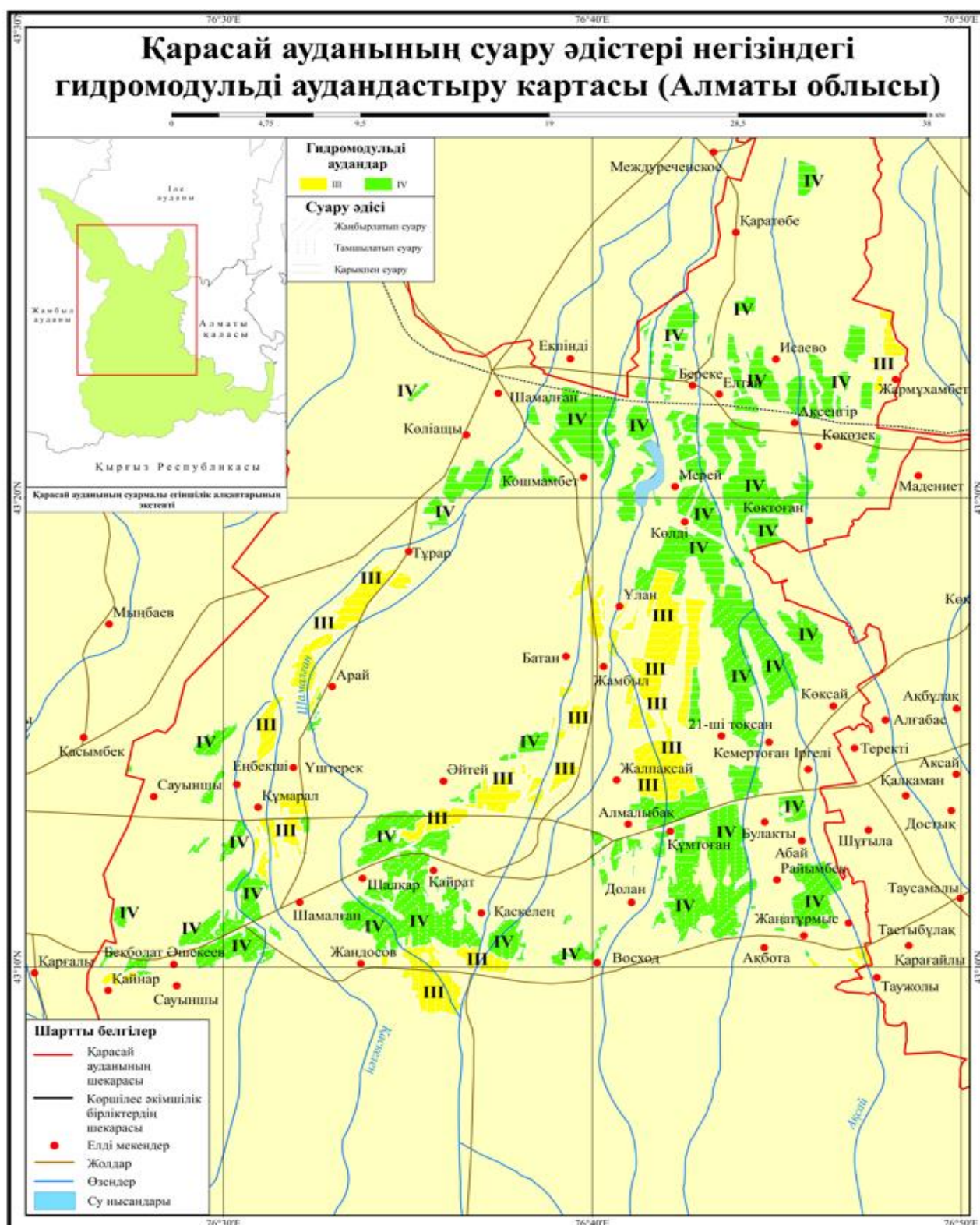
Іле ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 80 000)



Сурет Д 1

ҚОСЫМША Е

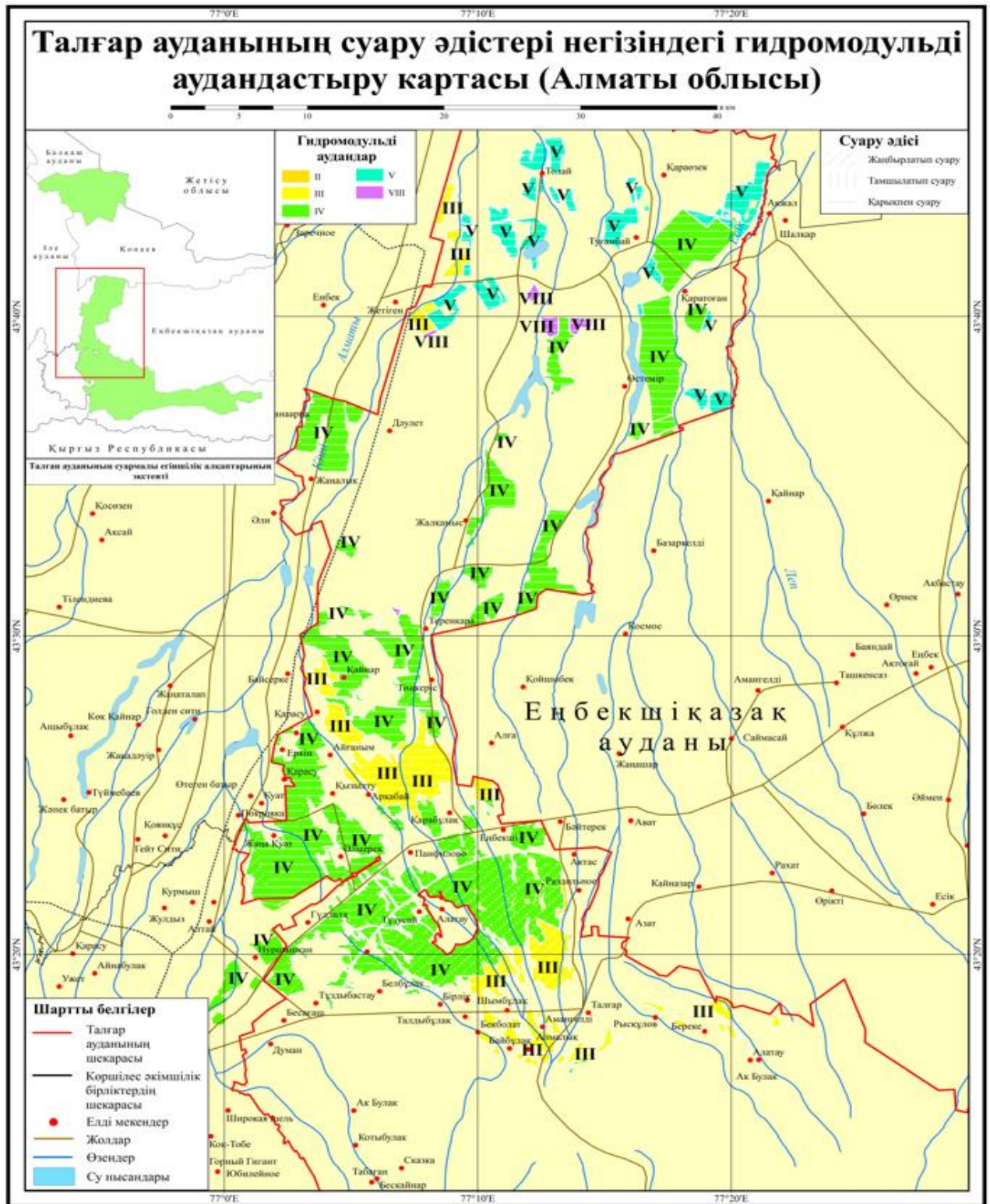
Қарасай ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 55 000)



Сурет Е 1

ҚОСЫМША Ж

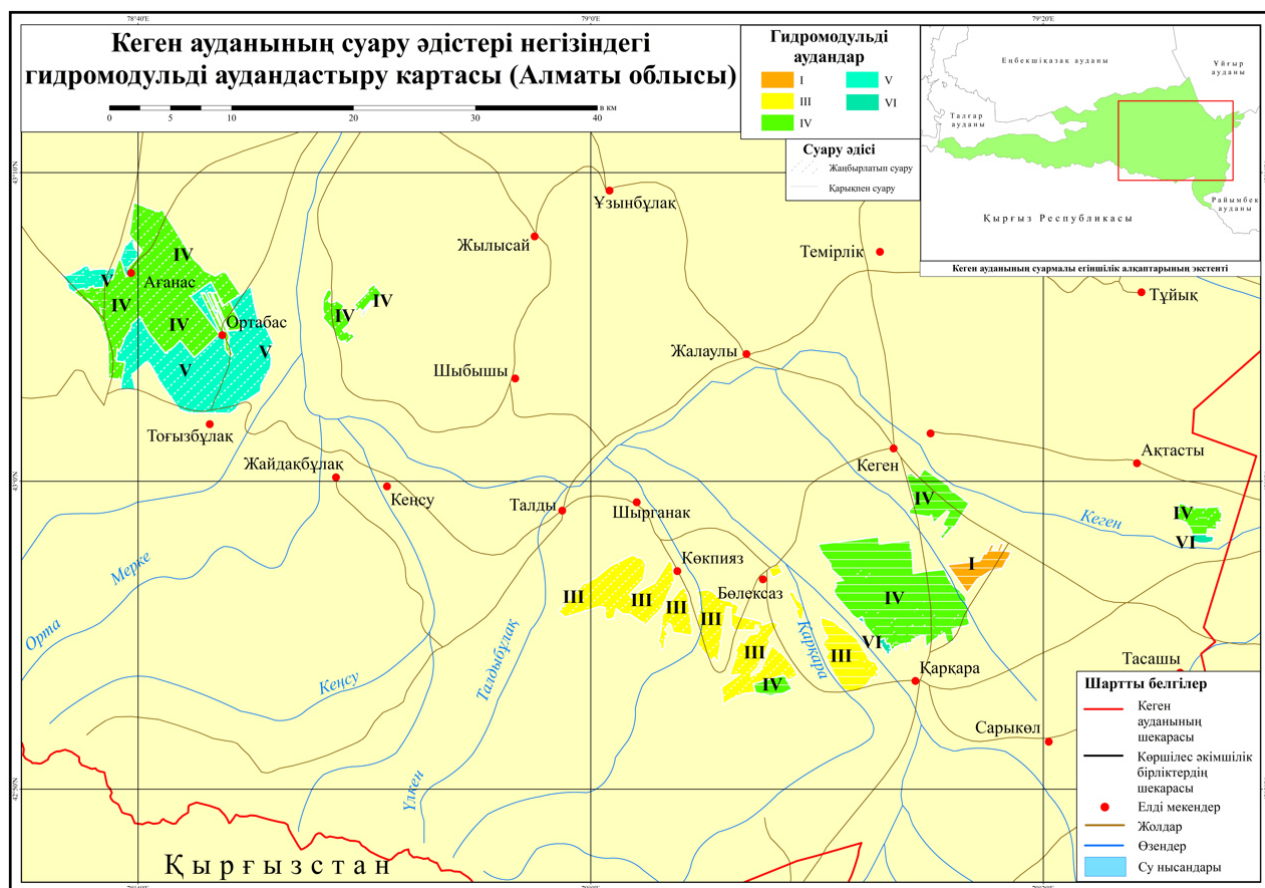
Талғар ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 80 000)



Сурет Ж 1

ҚОСЫМША И

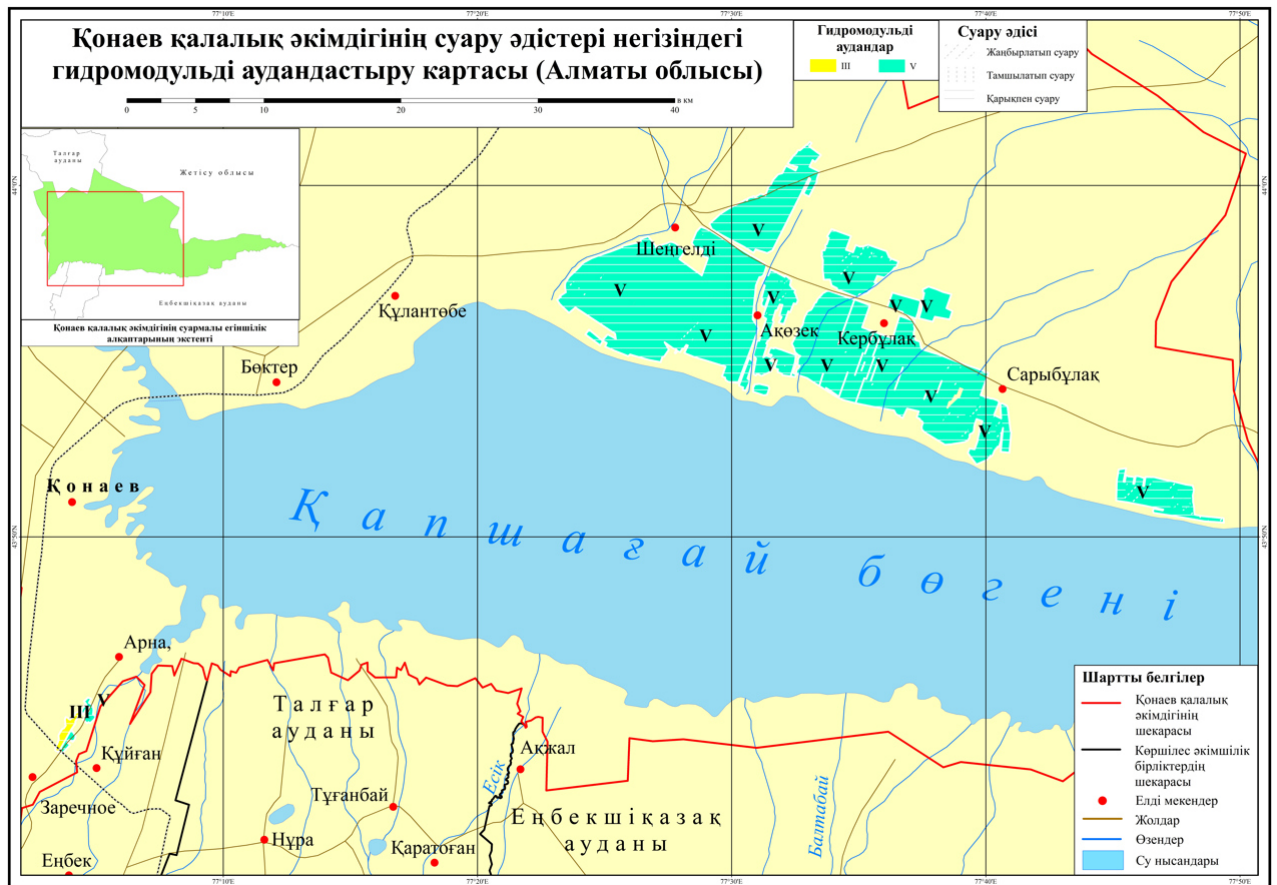
Кеген ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 90 000)



Сурет И 1

ҚОСЫМША К

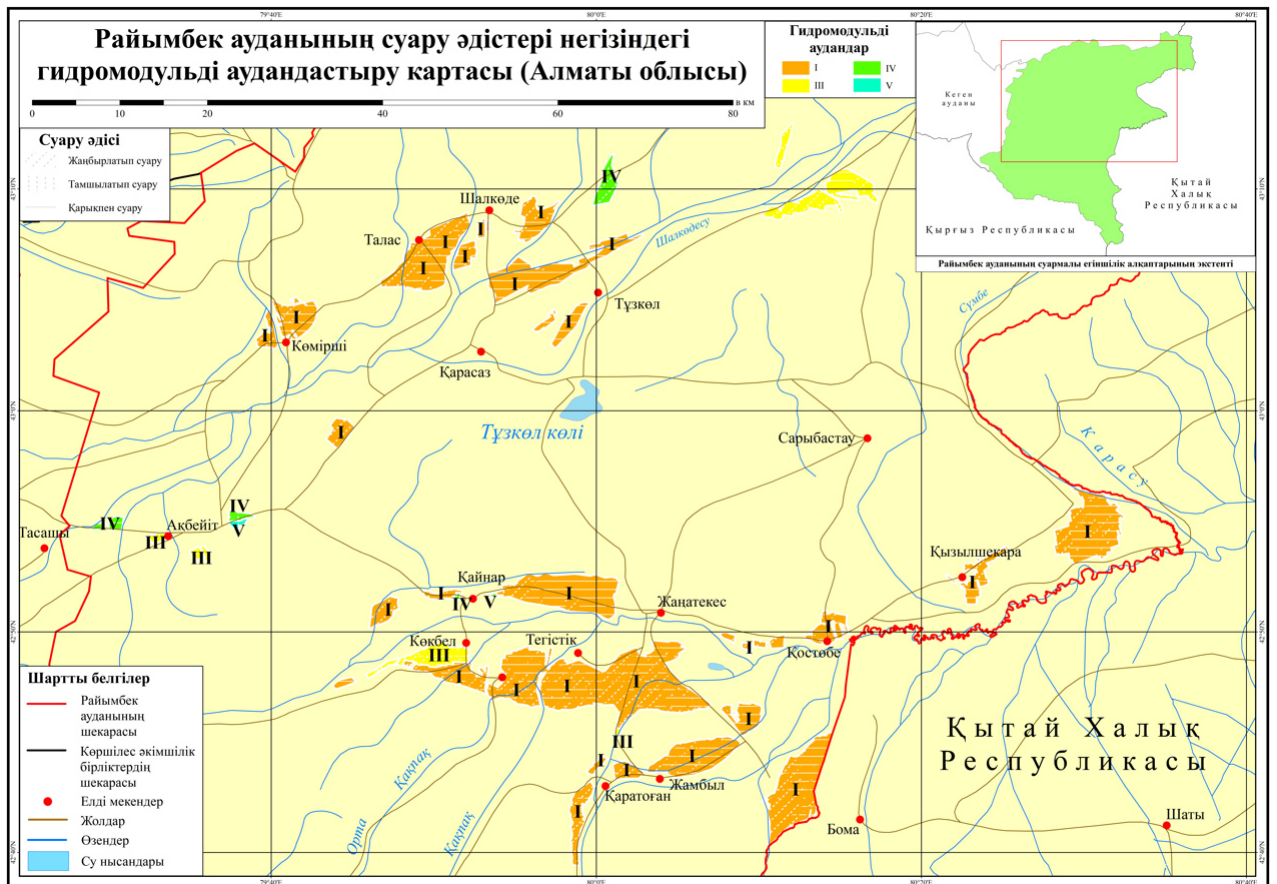
Қонаев қалалық әкімдігінің гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 80 000)



Сурет К 1

ҚОСЫМША Қ

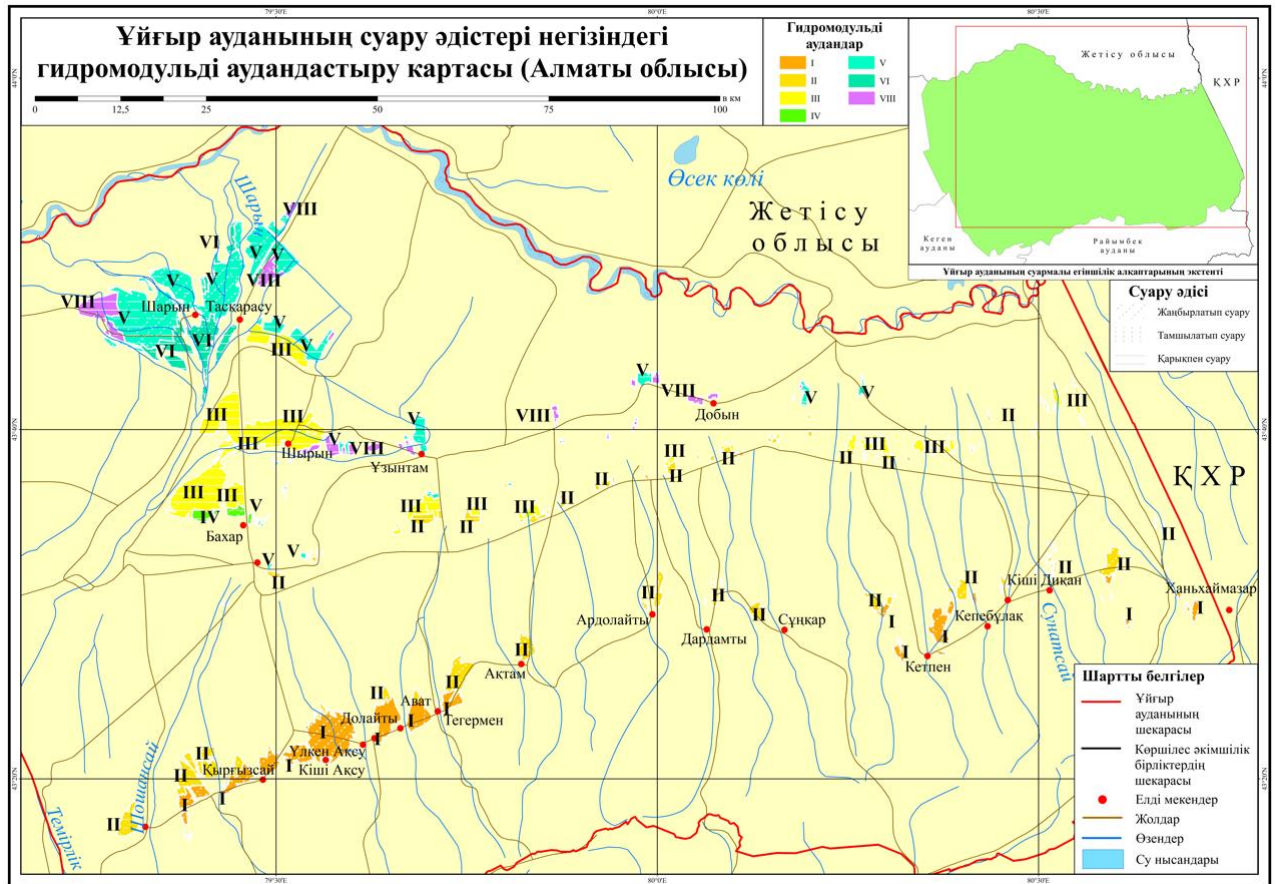
Райымбек ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 125 000)



Сурет Қ 1

ҚОСЫМША Л

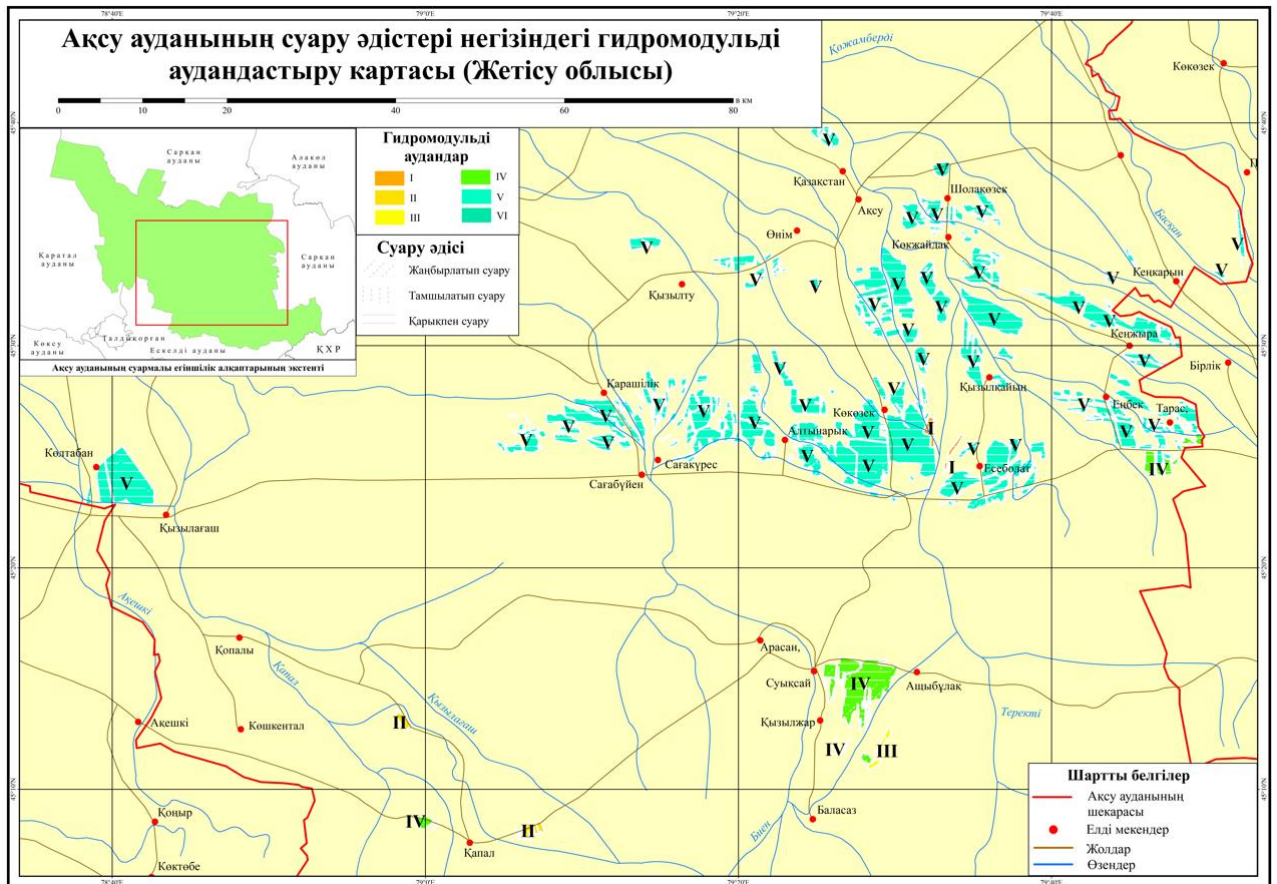
Ұйғыр ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 160 000)



Сурет Л 1

ҚОСЫМША М

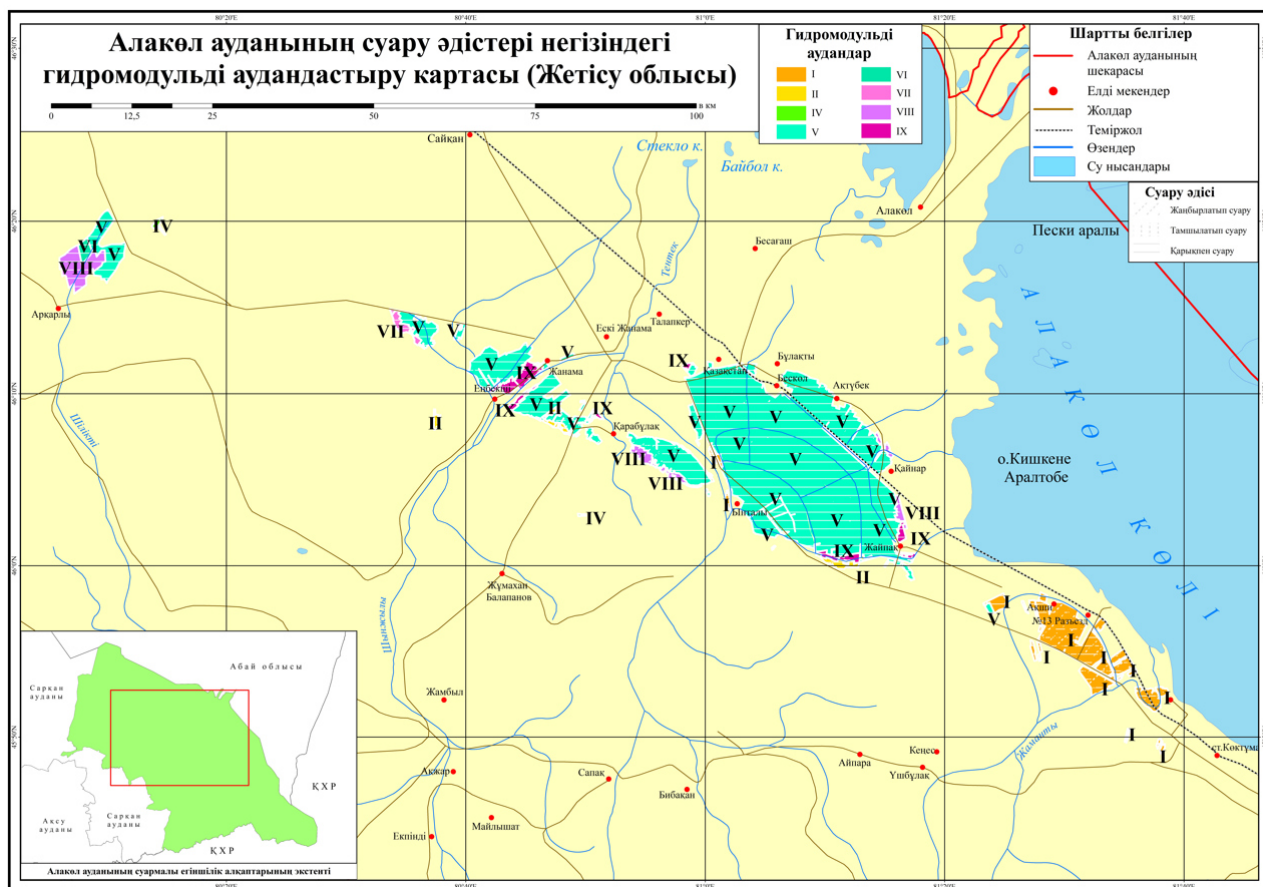
Ақсу ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 130 000)



Сурет М 1

ҚОСЫМША Н

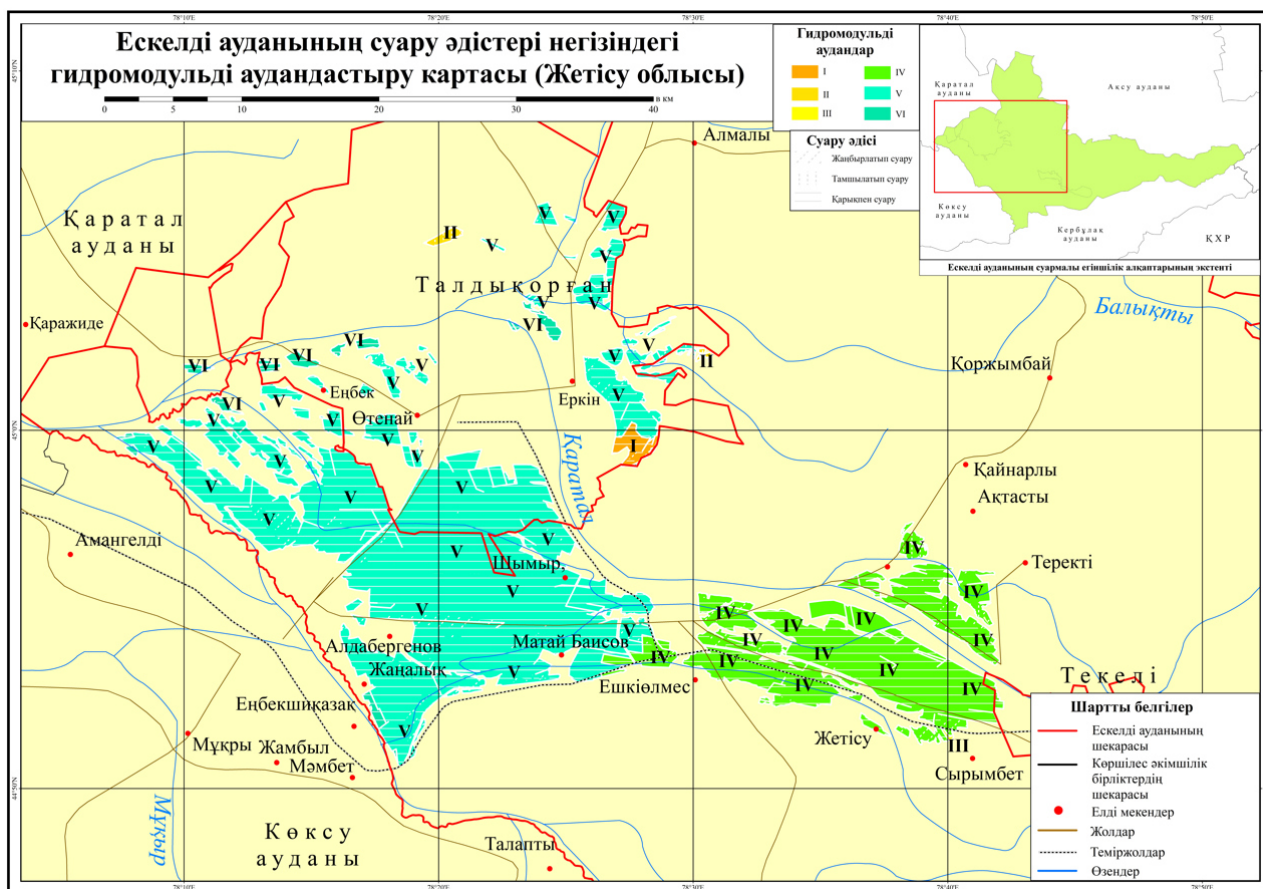
Алақөл ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 170 000)



Сурет Н 1

ҚОСЫМША П

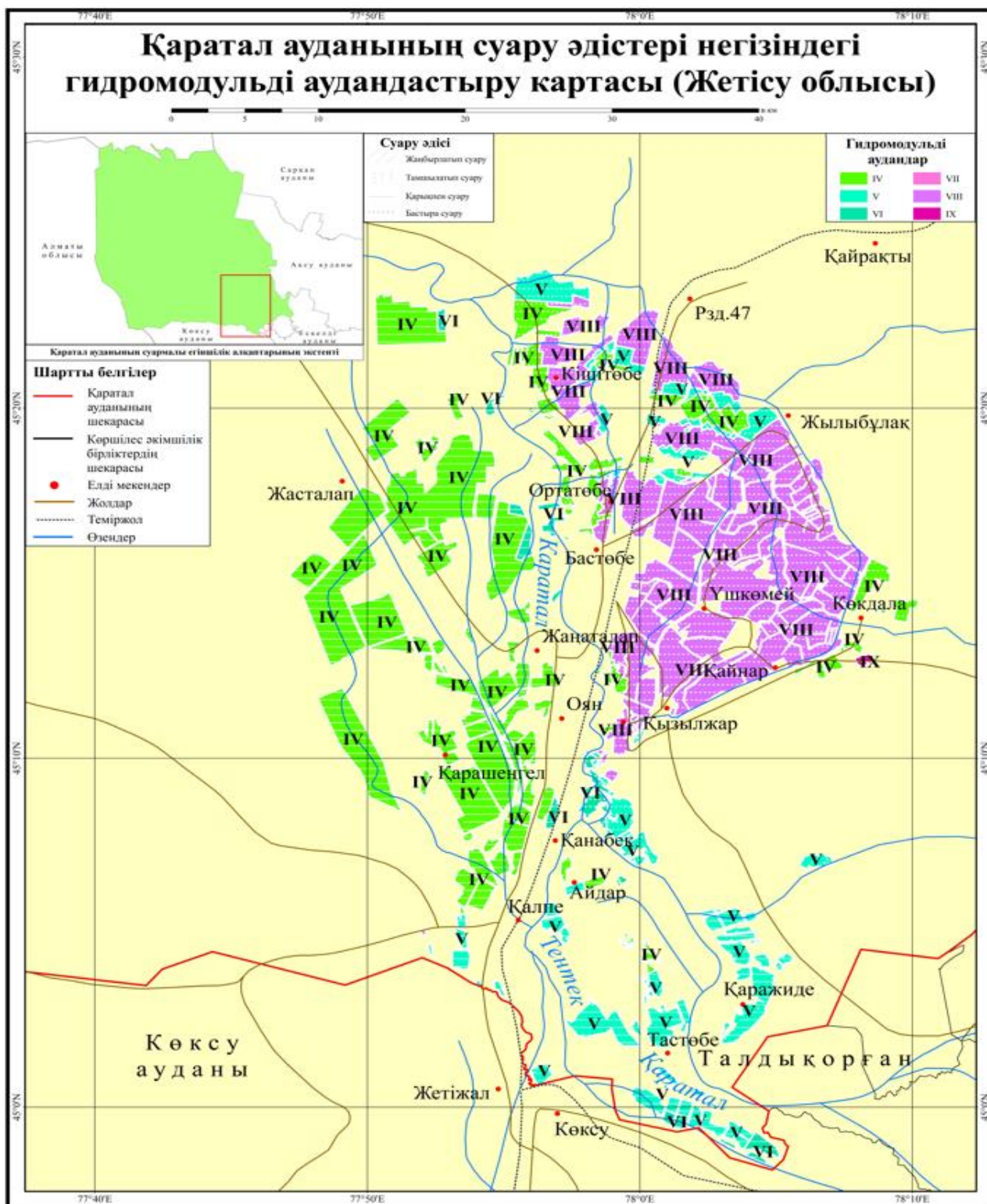
Ескелді ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 80 000)



Сурет П 1

ҚОСЫМША Р

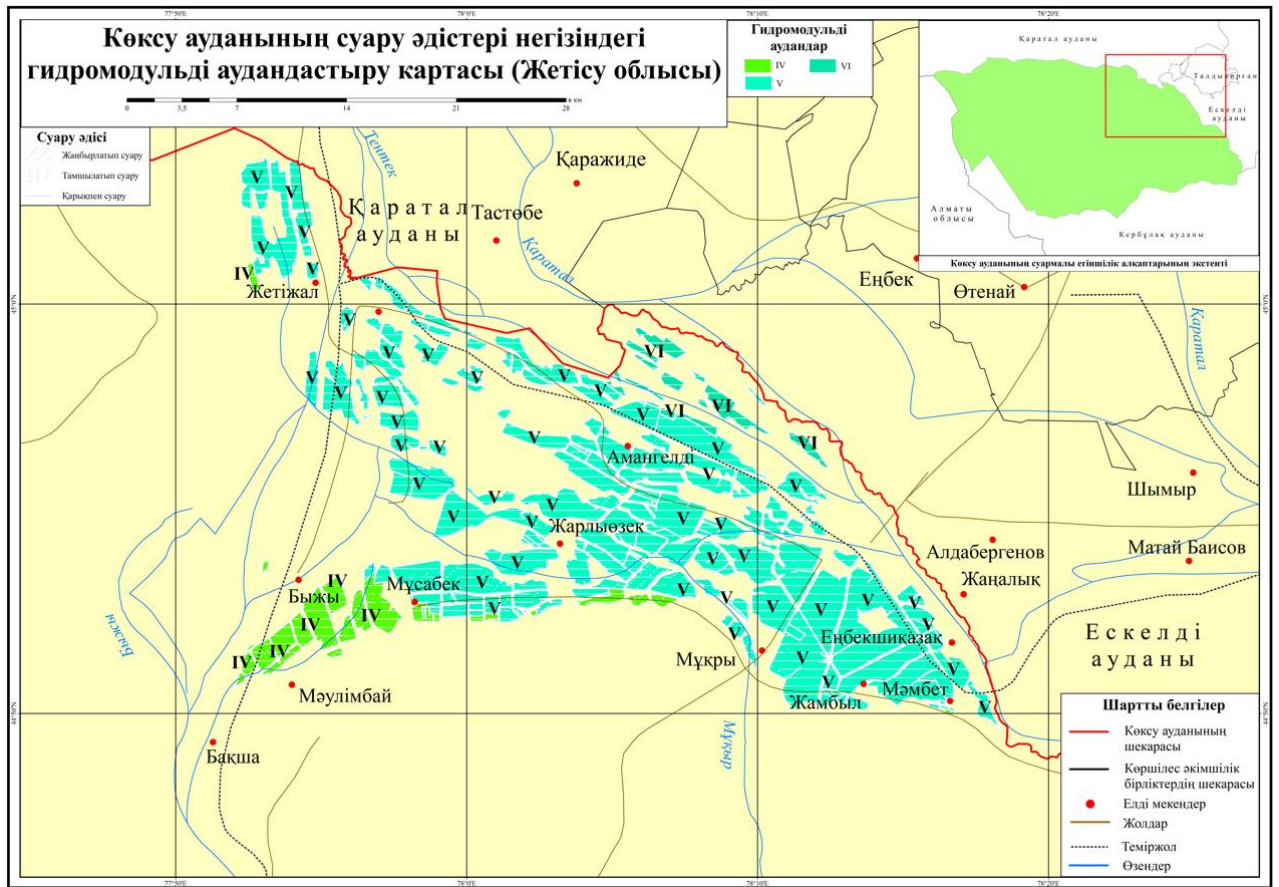
Қаратал ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 75 000)



Сурет Р 1

ҚОСЫМША С

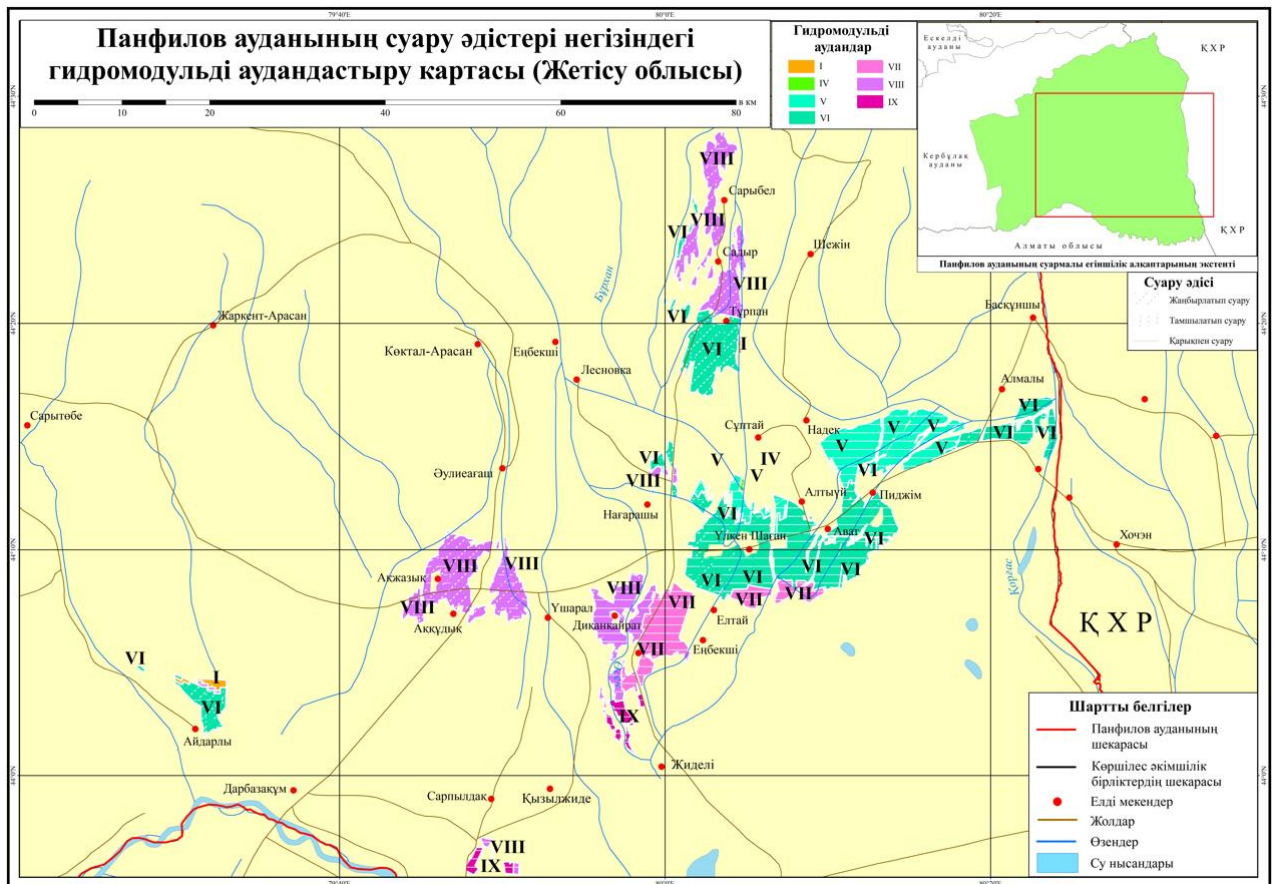
Көксу ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 70 000)



Сурет С 1

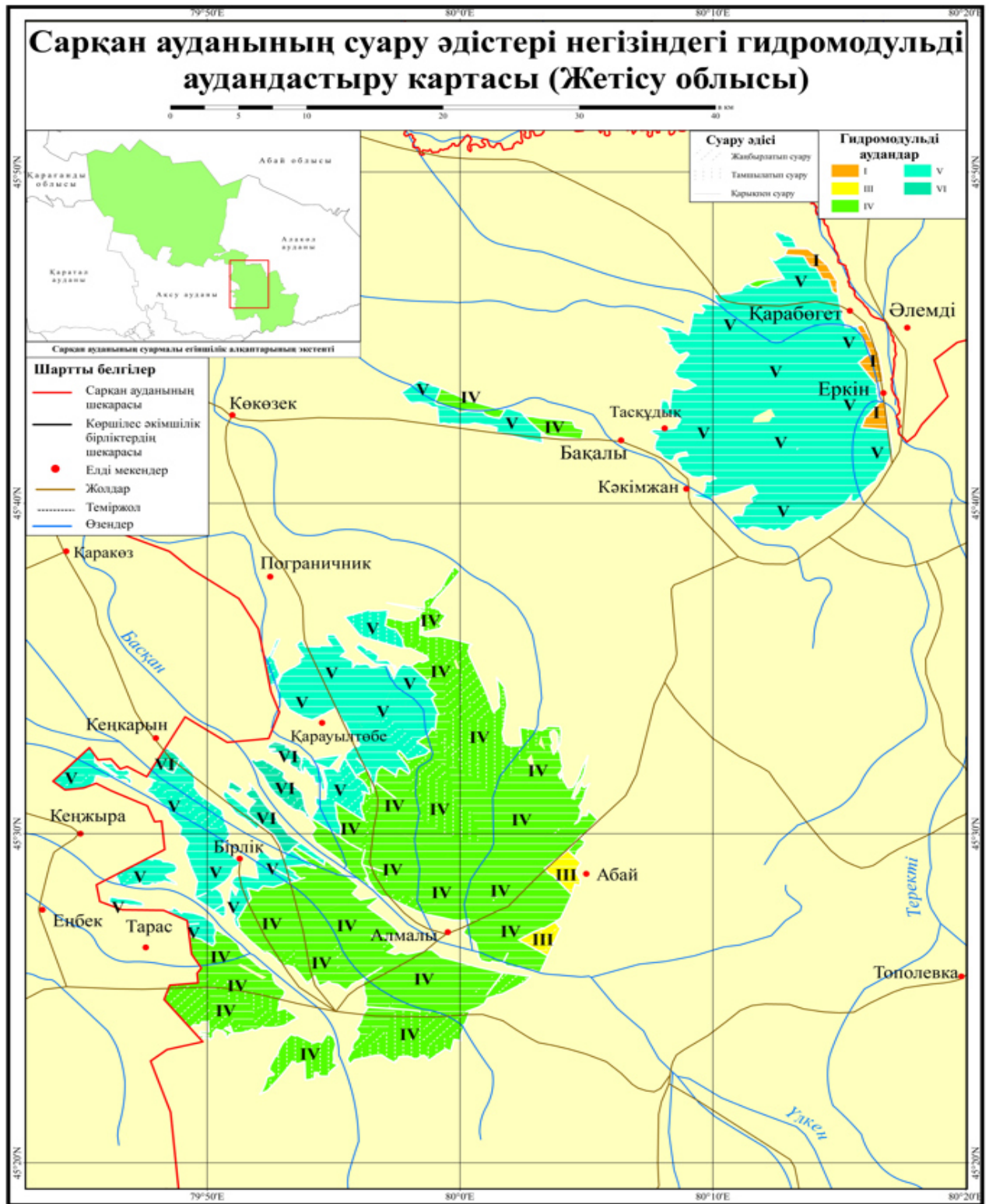
ҚОСЫМША Т

Панфилов ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 125 000)



ҚОСЫМША У

Сарқан ауданының гидромодульді аудандастыру картасы (Масштаб 1: 80 000)



Сурет У 1

ҚОСЫМША Ф

Гидромодулді аудандар шекараларында суарудың ұсынылған тәсілдері бойынша суармалы егіншілік алқаптарының көрсеткіштері (Алматы және Жетісу облыстары)

Кесте Ф 1

Облыс	Әкімшілік-аумақтық бірлік	Гидромодулді аудан	Суару әдісі	Аудан, га
1	2	3	4	5
Алматы облысы	Балқаш ауданы	V	Бастыра суару	142
		VI		1022
		VII		19300
		VIII		18471
	Қонаев қаласы	III	Қарықпен суару	82
		V	Тамшылатып суару	33
			Жаңбырлатып суару	716
			Қарықпен суару	13411
	Еңбекшіқазақ ауданы	I	Тамшылатып суару	211
			Жаңбырлатып суару	5459
			Қарықпен суару	6843
		II	Тамшылатып суару	956
			Жаңбырлатып суару	13444
			Қарықпен суару	18063
		III	Тамшылатып суару	417
			Жаңбырлатып суару	5469
			Қарықпен суару	26982
		IV	Тамшылатып суару	931
			Жаңбырлатып суару	14513
			Қарықпен суару	36324
		IX	Жаңбырлатып суару	76
			Қарықпен суару	3452
		V	Тамшылатып суару	42
Жаңбырлатып суару			4738	
Қарықпен суару			7592	

Ф 1 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
		VIII	Жаңбырлатып суару	17
			Қарықпен суару	122
	Жамбыл ауданы	II	Жаңбырлатып суару	647
			Қарықпен суару	5409
		III	Тамшылатып суару	139
			Жаңбырлатып суару	4366
			Қарықпен суару	3734
		IV	Тамшылатып суару	84
			Жаңбырлатып суару	2662
			Қарықпен суару	6475
		V	Жаңбырлатып суару	93
			Қарықпен суару	12273
		VI	Қарықпен суару	917
		Іле ауданы	III	Жаңбырлатып суару
	Қарықпен суару			2455
	IV		Тамшылатып суару	3
			Жаңбырлатып суару	855
			Қарықпен суару	8559
	V		Жаңбырлатып суару	141
			Қарықпен суару	1078
	VIII	Қарықпен суару	117	
	Қарасай ауданы	III	Тамшылатып суару	500
			Жаңбырлатып суару	1245
			Қарықпен суару	2190
		IV	Тамшылатып суару	1178
			Жаңбырлатып суару	4291
			Қарықпен суару	5466
Кеген ауданы	I	Қарықпен суару	420	
	III	Жаңбырлатып суару	3709	
		Қарықпен суару	792	

Ф 1 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
		IV	Жаңбырлатып суару	5379
			Қарықпен суару	4534
		V	Жаңбырлатып суару	3818
			Қарықпен суару	228
		VI	Жаңбырлатып суару	36
			Қарықпен суару	67
	Райымбек ауданы	I	Тамшылатып суару	356
			Жаңбырлатып суару	11409
			Қарықпен суару	16368
		III	Тамшылатып суару	222
			Жаңбырлатып суару	1696
			Қарықпен суару	857
		IV	Тамшылатып суару	137
			Жаңбырлатып суару	511
			Қарықпен суару	183
		V	Тамшылатып суару	75
			Қарықпен суару	6
		Талғар ауданы	II	Жаңбырлатып суару
	Қарықпен суару			8
	III		Тамшылатып суару	471
			Жаңбырлатып суару	1930
			Қарықпен суару	2527
	IV		Тамшылатып суару	60
Жаңбырлатып суару			5526	
Қарықпен суару			13216	
V	Жаңбырлатып суару		1	
V	Қарықпен суару		2861	
VIII	Қарықпен суару	258		
Ұйғыр ауданы	I	Тамшылатып суару	1683	

Ф 1 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5		
			Жаңбырлатып суару	5276		
			Қарықпен суару	86		
		II	Тамшылатып суару	118		
			Жаңбырлатып суару	4599		
			Қарықпен суару	1881		
		III	Тамшылатып суару	1		
			Жаңбырлатып суару	996		
			Қарықпен суару	9166		
		IV	Жаңбырлатып суару	57		
			Қарықпен суару	475		
		V	Тамшылатып суару	189		
			Жаңбырлатып суару	5512		
			Қарықпен суару	5509		
		VI	Тамшылатып суару	4		
			Жаңбырлатып суару	753		
			Қарықпен суару	2048		
		VIII	Тамшылатып суару	14		
			Жаңбырлатып суару	732		
			Қарықпен суару	2199		
		Жетісу облысы	Ақсу ауданы	I	Қарықпен суару	202
				II	Жаңбырлатып суару	229
Қарықпен суару	63					
III	Тамшылатып суару			123		
IV	Тамшылатып суару			90		
	Жаңбырлатып суару			832		
	Қарықпен суару			1691		
V	Жаңбырлатып суару			1282		
	Қарықпен суару			24802		
VI	Жаңбырлатып суару			3		

Ф 1 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
	Алакөл ауданы	I	Қарықпен суару	112
			Тамшылатып суару	16
			Жаңбырлатып суару	2320
		II	Қарықпен суару	3406
			Тамшылатып суару	3
			Жаңбырлатып суару	176
		IV	Қарықпен суару	453
			Тамшылатып суару	8
			Жаңбырлатып суару	26
		IX	Қарықпен суару	85
			Тамшылатып суару	2
			Жаңбырлатып суару	36
		V	Қарықпен суару	1472
			Тамшылатып суару	22
			Жаңбырлатып суару	1470
		VI	Қарықпен суару	38467
			Қарықпен суару	246
		VII	Жаңбырлатып суару	3
			Қарықпен суару	334
		VIII	Тамшылатып суару	33
			Жаңбырлатып суару	417
	Қарықпен суару		1671	
	Ескелді ауданы	I	Жаңбырлатып суару	72
			Қарықпен суару	193
		II	Тамшылатып суару	111
		III	Қарықпен суару	12
		IV	Тамшылатып суару	207
Жаңбырлатып суару			762	
Қарықпен суару			7109	

Ф 1 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
		V	Тамшылатып суару	41
			Жаңбырлатып суару	1448
			Қарықпен суару	18827
		VI	Жаңбырлатып суару	37
			Қарықпен суару	548
			Қаратал ауданы	II
	Қаратал ауданы	IV	Жаңбырлатып суару	68
			Бастыра суару	2322
			Қарықпен суару	11211
		IX	Бастыра суару	37
		V	Тамшылатып суару	2
			Жаңбырлатып суару	235
			Бастыра суару	1907
			Қарықпен суару	2531
		VI	Жаңбырлатып суару	69
			Бастыра суару	387
			Қарықпен суару	461
		VII	Қарықпен суару	6
		VIII	Бастыра суару	13618
	Көксу ауданы	IV	Тамшылатып суару	14
			Жаңбырлатып суару	332
			Қарықпен суару	1264
		V	Тамшылатып суару	2
			Жаңбырлатып суару	1205
			Қарықпен суару	14911
	VI	Қарықпен суару	699	
	Панфилов ауданы	I	Тамшылатып суару	4
Жаңбырлатып суару			172	
Қарықпен суару			46	
IV		Тамшылатып суару	5	
		Жаңбырлатып суару	22	

Ф 1 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	
			Қарықпен суару	15	
		IX	Жаңбырлатып суару	18	
			Қарықпен суару	665	
		V	Жаңбырлатып суару	230	
			Қарықпен суару	4563	
		VI	Тамшылатып суару	286	
			Жаңбырлатып суару	3828	
			Қарықпен суару	9582	
		VII	Жаңбырлатып суару	159	
			Қарықпен суару	2983	
		VIII	Тамшылатып суару	518	
			Жаңбырлатып суару	5363	
			Қарықпен суару	3220	
		Сарқан ауданы	I	Қарықпен суару	516
				III	Жаңбырлатып суару
	IV		Қарықпен суару	284	
			Тамшылатып суару	4299	
			Жаңбырлатып суару	3038	
	V		Қарықпен суару	16736	
			Тамшылатып суару	358	
			Жаңбырлатып суару	1209	
	VI		Қарықпен суару	19701	
			Тамшылатып суару	2	
			Жаңбырлатып суару	91	
			Қарықпен суару	772	

ҚОСЫМША X

Алматы және Жетісу облыстарының агроклиматтық аймақтарының көрсеткіштері

Кесте X 1

Агроклиматтық зона	Вегетациялық кезеңнің ұзақтығы, күн	Белсенді температура-лардың сомасы, °С есебімен	Ылғалдану коэффициенті (K _y)	Селяниновтың ГТК	Жауын-шашын мөлшері, мм есебімен
I-зона. Ыстық және өте құрғақ аймақ.	30-120	3600-3800	0,1-0,2	0,1-0,5	41-200
II-зона. Өте ыстық және құрғақ аймақ.	60-150	4000 және жоғары	0,1-0,3	0,3-0,5	100-250
III-зона. Жылы және бірқалыпты ыстық және ылғал дефициті аймағы.	60-150	3000-3600	0,2-0,3	0,3-0,7	150-350
IV-зона. Ылғал мөлшері жеткілікті аймақ.	60-120	1800-2800	0,5-0,7	1,0-1,5	150-400
V-зона. Ылғал мөлшері шамадан тыс, суық аймақ.	60-90	1000-1800	0,7-1,0	0,8 және жоғары	400 және жоғары

ҚОСЫМША Ц

Ғылыми-техникалық өндірісті енгізу актісі

А К Т

Внедрения научно-технических разработок

1. Разработчик: ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства»
2. Наименование КХ: Крестьянское хозяйство «Галым»
3. Место внедрения научно-технической разработки: Коксуский район Жетысуская область.
4. Наименование научно-технической разработки: «Адаптация и внедрение систем орошения сельскохозяйственных культур».
5. Сроки внедрения научно-технической разработки: 2021-2023 гг.
6. Содержание научно-технической разработки: В 2021-2023 гг. на орошаемых участках хозяйства для адаптации и внедрения различных систем орошения сельскохозяйственных культур заложен научно-производственный опыт по использованию различных систем орошения, в том числе борозковый полив, дискретный полив и капельное орошение на посевах сои.
7. Площадь внедрения научно-технической разработки: Площадь внедрения научно-технической разработки по различным способам орошения составляла 50 га.
8. Условия проведения научно-технической разработки (зона), почвенно-климатические условия (другие условия): Тип почвы орошаемого участка в КХ «Галым» Коксуского района Жетысуской области – обыкновенный серозем с близким залеганием галечников. Климат резко континентальный. По годовой высоте количество осадков в равнинной местности составляет 150-250 мм, а в горных районах – 400-550 мм. Район относительно хорошо насыщен оросительными сетями и имеет три источника орошения: р. Коксу, Бьжы, Муканшы.
9. Результаты внедрения научно-технической разработки: Урожайность сои при бороздковом поливе составит на уровне 27,6 ц/га, при дискретном 31,2 ц/га, при капельном орошении – 38,5 ц/га. Расход воды при бороздковом поливе составил 4000 м³/га, при дискретном 3600 м³/га, при капельном орошении – 2200 м³/га.
10. Ответственные исполнители: ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» и крестьянское хозяйство «Галым».
- 10.1 Представитель ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» и руководитель мероприятия Оспанбаев Ж.
- 10.2 Представитель КХ: глава хозяйства Бимуханова К.

Руководитель мероприятия

Глава хозяйства КХ «Галым»



Ж. Оспанбаев

К. Бимуханова

