

ТАЛИПОВА ЭЛЬМИРА КАЙРАТОВНА

**Климаттың заманауи және келешектегі өзгерістерінің Іле өзені
алабының су ресурстарына әсері**

6D061000 – Гидрология

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми жетекші:
Нысанбаева А.С., г.ғ.к., доцент,
әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,
география және табиғатты
пайдалану факультеті

Шетелдік ғылыми жетекші:
Сангам Шреста, PhD,
профессор, Азия технологиялық
институты, су шаруашылық
және басқару департаменті,
Бангкок, Тайланд

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2023

МАЗМҰНЫ

АНЫҚТАМАЛАР.....	4
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР.....	6
КІРІСПЕ.....	7
1 ЖАҒАНДЫҚ КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ САЛДАРЫ.....	12
1.1 Жағандық климаттың өзгеруінің заманауи үрдістері.....	12
1.2 Климаттың өзгеру себептері.....	14
1.2.1 Климаттың өзгеруінің табиғи факторлары.....	14
1.2.2 Климаттың өзгеруінің антропогендік факторлары.....	18
1.3 Климаттың өзгеруінің су ресурстарына әсері.....	21
2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ.....	24
2.1 Іле өзені алабының физика-географиялық жағдайы.....	24
2.1.1 Жер бедері және геологиялық құрылымы.....	24
2.1.2 Топырақ және өсімдік жамылғысы.....	26
2.1.3 Гидрографиясы.....	27
2.1.4 Мұздықтары.....	29
2.2 Іле өзені алабының климаттық сипаттамасы.....	30
2.3 Зерттеу әдістері.....	33
2.3.1 Климаттың көпжылдық ауытқуын бағалау әдістері.....	33
2.3.2 Су ресурстарын бағалаудың әдістемелік негіздері.....	36
2.3.3 Су ресурстарын болжамдық бағалаудың әдістемелік негіздері.....	42
3 ІЛЕ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ ЗАМАНАУИ КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІН БАҒАЛАУ.....	50
3.1 Климаттың аймақтық өзгеруінің заманауи үрдістері.....	50
3.1.1 Метеорологиялық параметрлердің көпжылдық өзгерісі.....	50
3.1.2 Ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын үрдісін статистикалық бағалау (Манн-Кендал тесті, Сен көлбеуі).....	56
3.2 Климаттың өзгеруінің сценарлық болжамдары.....	58
4 ІЛЕ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АҒЫНДЫ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУ.....	62
4.1 Алаптың гидрологиялық зерттелуі және бастапқы ақпараттардың сапасын бағалау.....	62
4.2 Өзендердің жылдық ағынды қатарларын қалпына келтіру.....	65
4.3 Іле алабы өзендерінің ағынды ресурстарының аумақтық таралу ерекшеліктері.....	66
4.4 Өзен ағындысы ресурстарының қазіргі климаттық үрдістерге байланысты өзгеруі.....	72
4.5 Өзен ағындысы ресурстарының антропогендік іс әрекеттердің әсерінен өзгеруі.....	77

5 ІЛЕ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АҒЫНДЫ РЕСУРСТАРЫНЫҢ КЕЛЕШЕКТЕГІ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУ.....	84
5.1 Өзендердің ағынды ресурстарын келешектегі климаттық өзгерістерді ескере отырып, ұзақ мерзімге болжау.....	84
5.1.1 Өзендердің ағынды ресурстарын атмосфера мен мұхиттың жалпы айналымы үлгілерінің (АМЖАҮ) климаттық сценарийлер негізінде болжау.....	84
5.1.2 Өзен ағындысы мен жауын-шашынның бірлескен статистикалық үлгісіне негізделген өзен ағындысының ұзақ мерзімді болжамы (канондық жіктеу әдісі).....	87
5.2 Антропогендік іс әрекеттің әсерінен өзендердің ағынды ресурстарының өзгеруін болжау.....	95
ҚОРЫТЫНДЫ.....	102
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	106
ҚОСЫМШАЛАР.....	120

АНЫҚТАМАЛАР

Осы диссертацияда тиісті анықтамалары бар төмендегідей терминдер қолданылады:

Ауа температурасы – атмосфераның жылулық күйін сипаттайтын метеорологиялық өлшемдердің бірі.

Атмосфералық жауын-шашын – ауа райы мен климат элементтерінің бірі; жер бетіне атмосферадан түсетін су тамшылары мен мұз кристалдары.

Ағынды модулі – су жинау алабының бір өлшем ауданынан белгілі бір уақыт аралығында ағып жиналатын судың мөлшері.

Айырымдық интегралдық қисығы – модульдік коэффициенттің жиынтық шамаларының бірліктен интегралды ауытқу шамасы.

Булану – заттың сұйық немесе қатты агрегаттық күйден газ тәрізді күйге ауысу процесі.

Буланушылық – төселген беттен мүмкін болатын максималды булану мөлшері.

Гидрология – гидросфераны, оның қасиеттері мен ондағы атмосферамен, литосферамен және биосферамен өзара байланыста жүретін процесстер (үдерістер) мен құбылыстарды зерттейтін ғылым.

Гидрографиялық желі – кез келген аумақтағы өзендер мен басқа да тұрақты және уақытша ағынсулардың жиынтығы.

Гидрологиялық бекет – арнайы өлшеу құралдарымен жабдықталған, белгілі бір ережелерді сақтай отырып жүйелі гидрологиялық бақылау жүргізілетін орын.

Климат – метеорологиялық процестердің жүйелі реттілігімен сипатталатын белгілі бір аумақтағы ұзақ мерзімді ауа райы режимі.

Корреляция – екі немесе бірнеше шаманың арасындағы статистикалық байланыс тәсілі.

Корреляция коэффициенті – салыстырылатын екі статистикалық белгілердің арасындағы байланыс күшінің математикалық көрсеткіші.

Метеорологиялық станция – атмосферадағы өзгерістерді үздіксіз бақылап отыратын мекеме.

Өзен ағындысы – судың табиғатта айналу процесінде өзен арнасы бойынша ағын түрінде қозғалысы; өзен арнасында белгілі бір уақыт аралығында ағып жатқан су мөлшері.

Өзен алабы – жер беті және жер асты арқылы (топырақ және тау жыныстар қабаттары арқылы) жалпы су ағындары жеке өзенге немесе өзен жүйелеріне келіп қосылатын, өзенге су жиналатын жер бетінің белгілі бір аймағы.

Орташа жылдық су өтімі (жылдық ағынды) – өзеннің су жинау алабындағы бір жыл ішіндегі тұстамадан ағып өткен судың мөлшері, (Қор, м³/с).

Регрессия коэффициенті – регрессия теңдеуінің параметрі.

Су ресурстары – қандай да бір аумақтың жер беті және жер асты суларының қорлары.

Су режимі – өзен, көл, батпақтардағы су деңгейінің, ағыны мен көлемінің уақыт бойынша өзгеруі.

Су тасу – жыл сайын қайталанатын, су деңгейінің көтерілуімен сипатталатын өзеннің ең суы мол кезеңі.

Трансшекаралық өзендер – шекарадан өтетін және шектес мемлекеттер арасындағы мемлекеттік шекара сызығының бойымен ағатын барлық ағынсулар.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ҚР	-	Қазақстан Республикасы
ҚХР	-	Қытай Халық Республикасы
БҰҰ	-	Біріккен Ұлттар Ұйымы
МС	-	метеостанция
ГБ	-	гидрологиялық бекет
СЭС	-	су электростанциясы
США	-	су шаруашылық алап
СШҰ	-	су шаруашылық учаске
АМЖАҰ	-	атмосфера мен мұхит арасындағы жалпы айналым үлгісі
РМК	-	Республикалық мемлекеттік кәсіпорын
ШҰАА	-	Шыңжаң Ұйғыр автономиялық ауданы
млн.	-	миллион
ж.	-	жыл
жж.	-	жылдар аралығы
°С	-	Цельсий градус
а.	-	ауыл
қ.	-	қала
өз.	-	өзен

КІРІСПЕ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қоғамның тұрақты дамуының алғышарттарының бірі халықты және экономика салаларын сумен қамтамасыз ету. Дегенмен, судың дүниежүзінде біркелкі таралмауынан әртүрлі бағыттағы дағдарыстар, тіпті мемлекеттер арасындағы кикілжіндер орын алуда. Оның басты себебі жер бетіндегі тұщы судың қоры небәрі 3 пайызды құрауы. Дүние жүзіндегі тұщы ауыз судың тапшылығы адамзатқа ежелден белгілі, ал XX ғасырдың соңғы онжылдығынан бастап қазіргі заманның жаһандық мәселелерінің бірі ретінде үнемі қарастырылып келеді. Біріккен Ұлттар Ұйымының (БҰҰ) мәліметтеріне сүйенсек, әлем халқының жартысына жуығы су тапшылығы жағдайында өмір сүруде. Сарапшылардың айтуынша, жер бетінде 780 миллионнан астам адам таза ауыз суға қол жеткізе алмай отыр. Ал 1,7 миллиард адам тұщы су көздеріне зәру. Әлемде екі немесе одан да көп мемлекеттердің саяси шекарасын кесіп өтетін 263 халықаралық су алабы бар. Бұл су алаптарына әлем халқының 40 пайызға жуығы тәуелді.

Қазақстан Республикасы географиялық жағдайына байланысты су ресурстарына тапшы елдер қатарында, оның басты себебі көрші елдерге бағыныштылығымыз. Елдегі су қоры неғұрлым аз болса, табиғи және антропогендік процестердің өзгеруіне байланысты су жүйесінде болып жатқан өзгерістерді бағалау мен болжауға соғұрлым егжей-тегжейлі қарау керек екені анық. Біріккен Ұлттар Ұйымының мыңжылдық бағдарламасына сәйкес, еліміздің тұрақты даму жоспарындағы он жеті мақсатының бірі 2030 жылға қарай халықты қауіпсіз және арзан ауыз сумен тең құқылы қамтамасыз ету екені белгілі. Су ресурстары тапшылығын жою және онымен байланысты жүктемені азайтудың негізгі жолы оны үнемдеу және тиімді пайдалану. Су ресурстарын тиімді пайдалану мен оларды қорғауға бағытталған стратегияны әзірлеу, сумен қамтамасыз ету мәселелерін шешу, оның ішінде өзен ағындысын оңтайлы реттеу және оны аумақтық қайта су бөлусу кезінде ең алдымен табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен су ресурстары мен өзендердің режимінде болып жатқан және болашақта болуы мүмкін өзгерістерге ғылыми негізделген бағалаулар болуы керек.

Іле трансшекаралық өзені Қытай мен Қазақстан аумақтарын қосып тұрған ірі стратегиялық су нысаны болып табылады. Іле өзені Балқаш көлінің басты артериясы, яғни көлге құятын ағындының 80 %-ын құрайды. Соңғы жылдардағы климат өзгерістерімен қоса, өзендегі антропогендік жүктемелердің артуы су ресурстарының азаюына, Балқаш көлінің деңгейіне әсерін тигізуде. Әлемдік климаттың өзгеруі, халық санының өсімі, урбанизация мен ауылшаруашылығының, өндірістің дамуы, экологияның ушығуы және табиғи апаттар біздің елімізде де су мәселесін қиындатуда. Осы мәселелердің ішінен әлемдік климат өзгеруіне тоқталатын болсақ, қазіргі уақытта жаһандық жылыну сөзсіз факт болып табылады, себебі жер

бетіндегі температураның жоғарылауы бүкіл әлемде байқалуда. Қазақстандық климатологтардың зерттеу нәтижелері бойынша Қазақстан аумағындағы температураның жоғарылауы да қарқынды келеді. Мәселен, Қазақстан аумағы бойынша, орташа алғанда ауаның орташа жылдық температурасының жоғарылау жылдамдығы әрбір 10 жыл сайын 0,32 °C құрайды, температураның ең жоғары өсуі еліміздің батыс аймағында – әрбір 10 жыл сайын 0,52 °C құраған. Осылайша, климаттық сипаттамалардың қазіргі және келешектегі өзгерістерін болжау және сол өзгерістерді ескере отырып өзен ағындысын бағалау қажеттілігі туындайды.

Су ресурстарының келешектегі жағдайын бағалау гидрологияның өзекті мәселелерінің бірі және ол табиғи жағдайда өзен ағындысын қалыптастыратын факторлардың келешектегі өзгерісіне тікелей байланысты. Табиғи су ресурстарын болжау барысында, оны қалыптастыратын негізгі предикторлар ретінде метеорологиялық параметрлер алынады (атмосфералық жауын-шашын және ауа температурасы). Бұл талаптарға біршама жақын деп алуға болатын атмосфера және мұхит арасындағы жалпы айналым үлгілері (АМЖАҮ) болып табылады. Гидрологиялық есептеулердің әлемдік тәжірибесінде өзен ағындысының ұзақ мерзімге арналған болжамы әдіснамалық тұрғыдан алғанда сценарийлік сипатқа ие.

Климаттың келешектегі өзгеруін есептегенде, антропогендік факторлардың өзен ағындысына тигізетін әсерін болжау өте қиын. Дегенмен, көптеген елдерде келешектегі суды тұтынудың екі сценарийі қолданылады: шартты сценарий және тұрақты даму сценарийі. Бірінші сценарий соңғы онжылдықтардың үлгісі бойынша әлемде суды тұтынудың дамуын болжайды. Тұрақты даму сценарийі әр аймақтың ерекшелігін анықтайтын негізгі факторларды ескере отырып, тұщы суды суаруда және өнеркәсіпте пайдалану технологиясын жетілдіру бойынша келешекте тиімді шараларды пайдалануға негізделеді.

Екі ел арасындағы су ресурстарын тиімді пайдалану, бөлісу мен жоспарлау барысында қазіргі және келешектегі климаттық және антропогендік факторларды ескере отырып ғылыми негізделген стратегияны әзірлеу қажет. Бұл жұмыста гидрометеорологиялық ақпараттарды статистикалық өңдеу әдістерін кешенді талдау мен біріктірудің заманауи әдістері, математикалық модельдеу, физикалық-географиялық таралу заңдылықтары, күрделі су-теңгерімдік есептеулер, болашақта су ресурстарын болжауды зерттеудегі заманауи әлемдік тенденциялар негізінде қолданылды.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты климаттың және шаруашылық іс-әрекеттердің қазіргі және келешектегі өзгерістерінің Іле алабы өзендерінің су ресурстарына әсерін бағалау.

Зерттеудің міндеттері. Қойылған мақсатқа жету үшін диссертациялық жұмыста бірқатар міндеттер қарастырылды:

- аймақтық климаттың заманауи өзгерістерін бағалау;
- қазіргі климат өзгерістерімен антропогендік факторлардың Іле алабы өзендерінің су ресурстарына әсерін бағалау;

- келешектегі климат өзгерістерін және антропогендік жүктемелерді ескере отырып, Іле алабы өзендерінің су ресурстарын болжау.

Зерттеу нысаны. Трансшекаралық Іле алабы өзендерінің ағынды ресурстары.

Зерттеу пәні. Климаттың қазіргі және келешектегі өзгерістерінің Іле алабы өзендерінің су ресурстарына әсері.

Зерттеу әдісі. Жүйелік талдау және синтез, статистикалық әдістер, гидрологиялық ұқсастық әдісі, су теңдестік әдістері, климаттық сценарийлерге негізделген ұзақ мерзімдік болжамдық әдістері. Өзен ағындысы ресурстарын қазіргі жағдайын бағалау үшін гидрологиялық деректерді статистикалық талдау әдістері, гидрологиялық және су шаруашылығы есептері, оның ішінде ағынның сызықтық теңдеулері әдісі, гидрологиялық ұқсастық әдісі, су теңдестігі және гидрологиялық-географиялық жалпылау әдісі пайдаланылды. Климаттың заманауи өзгерістерін статистикалық әдістерді, сызықтық тренд коэффициенттерін және Манн-Кендаллдың параметрлік емес сынақтарын және Сенаның көлбеуін қолдана отырып бағаланды. Шаруашылық іс-әрекеттердің өзен ағынына әсерін бағалау үшін арналық су теңгерім әдісі және су пайдаланудың статистикалық деректері, қайтарымыз су тұтыну коэффициенті пайдаланылды. Климаттың өзгеруін ескере отырып, табиғи су ресурстарының келешек жағдайын бағалау барысында негізгі предикторлар ретінде қарастырылатын ауа температурасы мен жауын-шашынның болжамдық мәндері атмосфера мен мұхиттың жалпы айналымы үлгілерінің (АМЖАҮ) 5-ші есебінен екі климаттық сценарий негізінде алынды, сондай-ақ гидрологиялық қатарларды статистикалық модельдеу яғни канондық жіктеу әдісі қолданылды.

Ғылыми нәтижелердің жаңашылдығы:

- аймақтық деңгейде (Іле алабы бойынша) климаттың негізгі көрсеткіштерінің (ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын, булану) метеорологиялық станция ашылған уақыттан 2019 жж. аралығындағы кеңістік-уақыттық өзгерістерін нақтылау;

- ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын үрдістерін статистикалық тесттердің көмегімен бағалау (Манн-Кендалл тесті, Сен көлбеуі);

- түрлі климаттық сценарийлер бойынша су шаруашылығы учаскелері бөлінісінде су ресурстарының перспективалық жай-күйіне бағаланды;

- алғаш рет канондық жіктеу әдісін қолдана отырып, өзен ағындысының жыл ішіндегі өзгерісіне ұзақ мерзімді болжам жасалды;

- су шаруашылық учаске бөлінісінде антропогендік әсерді ескере отырып, өзен ағындысы ресурстарының ұзақ мерзімді болжамы алынды.

Зерттеудің теориялық және тәжірибелік маңыздылығы. Жұмыстың маңыздылығы су ресурстарының келешектегі күтілетін климаттық және антропогендік өзгерістерді ескере отырып, Қазақстан экономикасы үшін стратегиялық маңызы бар трансшекаралық су алабы үшін ұзақ мерзімді

болжау саласында су қауіпсіздігі деңгейін және қабылданатын шешімдердің экономикалық тиімділігін арттыру болып табылады.

Қорғауға шығарылатын тұжырымдар:

- Іле өзені алабындағы қазіргі климат өзгерістерін талдау нәтижелері бойынша көпжылдық ауа температурасы мен жауын-шашынның жүрісінде тренд сызығының статистикалық маңыздылығы бағаланды;

- Заманауи климат өзгерістері мен шаруашылық іс-әрекеттердің Іле алабы өзендерінің су ресурстарына әсері анықталды;

- Іле алабы өзендері бойынша табиғи және нақты ағындының күтілетін өзгерістерін болжауда қолданылған әдістер келешектегі климаттың өзгеруі мен шаруашылық іс-әрекеттердің су ресурстарына әсерін бағалауға және тиімді шешімдер мен ұсыныстарға негізі бола алады.

Диссертация тақырыбының ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарларымен байланысы. Диссертациялық жұмыс: Мемлекеттік тіркелу № 0118РК01222 «2021 жылға дейін Қазақстан Республикасының су шаруашылығы бассейндері бойынша жүйелі және көлдете суарылатын алқаптарды ұлғайту барысында су ресурстарын тиімді пайдаланудың ғылыми-технологиялық негіздемесі» ғылыми-техникалық бағдарламасының 267 «Білім мен ғылыми зерттеулердің қол жетімділігін арттыру» атты бюджеттік бағдарламасы бойынша «Қазақстан Республикасының су шаруашылығы бассейндері бойынша суару мақсаттары үшін пайдалануға мүмкін болатын жыл сайын жаңартылатын су ресурстарын бағалау және олардың болжамы» атты ғылыми жобалар аясында жүргізілді (2018-2020 жж.).

Ғылыми жұмыстағы автордың үлесі. Диссертациялық жұмысты орындау барысында автор «География және су қауіпсіздігі» институтының су ресурстары лабораториясында жүргізген ғылыми зерттеу жұмыстарынан алынған мәліметтерді пайдаланды. Диссертацияда келтірілген кейбір нәтижелер лаборатория қызметкерлерімен бірлескен жұмыстан алынды, олар туралы диссертация мәтінінде сәйкес сілтемелер көрсетілген. Автордың жеке үлесі ретінде жұмыс міндеттерін қою, жалпы тұжырымдаманы негіздеу және оларды шешудің нақты әдістерін әзірлеу, алынған нәтижелерді талдау және қорытындылау және т.б. ғылыми мақалалар дайындауды жатқызуға болады.

Жұмыстың апробациясы.

Диссертация жұмысының негізгі қағидалары мен зерттеу нәтижелері Қазақстанда және шетелдерде өткен халықаралық конференцияларда баяндалды және талқыланды:

- The Impact of Human Activity on River Runoff in Transboundary River II // International Scientific-Practical Conference «Integration of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time" February 13-15, 2019 Sapporo (Japan) Volume II Sapporo, 2019

- Өзен ағындысының көпжылдық жүрісіне климаттың заманауи өзгерістерінің тигізетін әсері / «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас

ғалымдардың халықаралық ғылыми конференция материалдары, Алматы, Қазақстан, 6-9 сәуір 2020 жыл

- Климаттың заманауи және келешектегі өзгерістерінің Іле өзені алабының су ресурстарына әсері / I Халықаралық Фараби форумы: «Жасыл көпір ұрпақтан-ұрпаққа», Алматы, Қазақстан, 4-15 сәуір 2022 жыл.

Жарияланымдар.

Жұмыстың негізгі нәтижелері мен қорытындылары отандық және шетелдік ғылыми басылымдарда 7 мақала түрінде жарық көрді. Оның ішінде, 2 мақала шетелде және Қазақстанда өткен ғылыми конференциялардың жинақтарында, 3 мақала ҚР БҒМ-нің ғылым саласындағы бақылау комитетінің тізіміне енген «ҚазҰУ хабаршысының» география сериясында және «Қазгидромет» Республикалық мемлекеттік кәсіпорнының баспасында шығарылатын «Гидрометеорология және экология», «География және су қауіпсіздігі» институтның баспасында шығарылатын «Вопросы географии и геоэкологии» журналында, 2 мақала Scopus базасында тіркелген: 1.«Environmental Earth Sciences»; 2. «Arabian journal of geosciences» журналдарында жарияланды.

Диссертацияның ауқымы мен құрылымы.

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 5 тараудан, қорытындыдан, пайдаланған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Жалпы диссертациялық жұмыс 135 беттен тұрады, жұмыс құрамында 29 сурет, 15 кесте, 216 пайдаланылған әдебиеттер және 8 қосымша бар.

1 ЖАҒАНДЫҚ КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ САЛДАРЫ

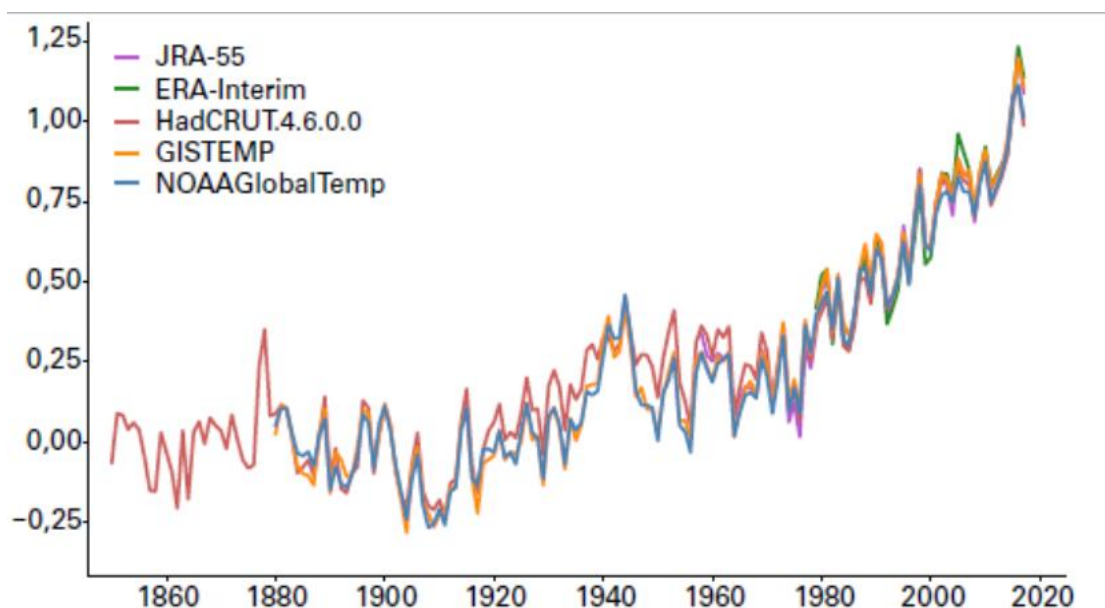
1.1 Жаһандық климаттың өзгеруінің заманауи үрдістері

Соңғы жылдарда климатқа және оның өзгеруіне деген қызығушылық айтарлықтай артты, себебі климат адам мен қоғамның табиғи мекендеу ортасының ең маңызды сипаттамасы болып табылады. Осыған байланысты климаттың жаһандық өзгерістерін зерттеу қазіргі жаратылыстану ғылымының өзекті мәселелерінің бірі болып табылады [1, 2].

Жалпы алғанда «климат» деп белгілі бір аумаққа тән көпжылдық ауа райы режимі және ол күн радиациясының, жылу айналымының, ылғал айналымының, атмосфералық циркуляцияның және оның төселме беткеймен әрекеттесуіне байланысты түсіндіріледі [3]. Климаттық жүйенің барлық құрамдас бөліктері энергия мен масса алмасу арқылы бір-бірімен тығыз байланыста. Жер климатын құрайтын механизмдерді түсіну үшін атмосферада болып жатқан процестерді ғана емес, сонымен қатар бүкіл климаттық жүйеде болып жатқан процестерді және оның құрамдас бөліктерінің өзара әрекеттесуін зерттеу қажет [4, 5].

«Климаттың өзгеруі» мәселесі қазіргі кездегі ең күрделі және түсініксіз мәселелердің бірі болып тұр. Мәселеге қызығушылық 20 ғасырдың екінші жартысында, әлемдік метеорологиялық желі бұрын теориялық түрде ресейлік академик М.И. Будыко болжағандай климаттың жаһандық жылынуы туралы деректерді тіркей бастады. Қазіргі уақытта жаһандық орташа ауа температураның жоғарылауы дәлелденген факт болып саналады. Зерттеулерге сәйкес [6], жаһандық орташа температура 1981–2000 жылдардағы орташа деңгейден $0,46 \pm 0,1$ °C жоғары және өнеркәсіпке дейінгі деңгейден шамамен $1,1 \pm 0,1$ °C жоғарылаған. Сонымен бірге жылыну біркелкі емес, яғни ол екі кезеңде - 1910 жылдан 1945 жылға дейін және 1976 жылдан қазіргі уақытқа дейін, ал 1946-1975 жылдар аралығында аздап салқындау байқалды. 1976 жылдан 2000-шы жылдарға дейінгі ауа температурасының өзгеру қарқыны жалпы соңғы 100 жылдағыдан үш есе жоғары [7]. Дәл осындай жылыну және салқындау кезеңдері К.Я. Винниковтың [8], Виллет [9, 10] және Митчелл [11] еңбектерінде көрсетіледі. Сонымен қатар, бұл екі процесс жоғары ендіктерде айқынырақ көрінді. Виллетт [10, б.195] зерттеуінде жоғары ендіктерде байқалған салқындату тенденциясы бірте-бірте төменгі ендіктерге ауысатынына назар аударған. Солтүстік жарты шардың қоңыржай ендіктерінде ол тек 1950 жылдары, одан да кейінірек тропиктік және экваторлық ендіктерде пайда болды.

Аэронавтика және ғарыш кеңістігін зерттеу жөніндегі ұлттық басқарма (NASA) мәліметтері бойынша 2016 жыл 1880 жылдан бергі ең жылы жыл болды, бұл жаһандық температураның ұзақ мерзімді жоғарылау үрдісін жалғастырды. 139 жыл ішінде тіркелген ең жылы 10 жылдың барлығы 2005 жылдан бері болды (сурет 1).



Сурет 1 - Дүние жүзіндегі ауа температурасының аномалиясы [12]

Кейбір зертеулерге сүйенсек [13] температура тенденцияларын талдау кезінде материктер мен мұхиттардағы температура өзгерісінде айтарлықтай айырмашылық бар екені анықталған. Бұл мұхит пен құрлық үстіндегі процестердің айырмашылығын көрсетеді. Оның үстіне көп бағытты процестер Тынық және Атлант мұхиттарының акваторияларында ғана емес, сонымен қатар осы мұхиттардың жекелеген секторларында да байқалады [14, 15].

Жылыну кезеңінде кейбір аудандарда ылғалдылықтың өзгеруі байқалған. Дроздовтың [16] деректері бойынша 1930 жылдардағы жылыну кезінде ылғалдылығы жеткіліксіз аймақтарда құрғақшылықтың саны артып, үлкен аумақтарды қамтыған. Мұндай құрғақшылық КСРО-да, сондай-ақ 1930 жылдардағы АҚШ-та әйгілі құрғақшылықты атап өтуге болады. 1940 жылдардан кейін салқындау үрдісі пайда бола бастады. Солтүстік жарты шардағы мұз қайтадан ілгерілей бастады. Бұл, ең алдымен, Солтүстік Мұзды мұхиттың мұз жамылғысының ұлғаюынан көрінді. 1940 жылдардың басынан 1960 жылдардың аяғына дейін Арктика алабындағы мұздың ауданы 10% өсті. Альпі мен Кавказдағы, сондай-ақ Солтүстік Америка тауларындағы шегініп келген тау мұздықтары бәсеңдеп, тіпті қайтадан ұлғая бастады. 20 ғасырдағы алғашқы жылыну қысқа және әлсіз салқындатумен ауыстырылды [17].

XX ғасырдағы екінші жылыну кезеңі қарқындырақ басталды. Ұлттық авиация және ғарыш басқармасы [6, б.5] деректері бойынша 1976 жылдан бастап жылыну дерлік жаһандық сипатқа ие болды. 1950 жылдан бері теңіз бетінің температурасының артуы құрлық бетіндегі орташа ауа температурасының шамамен жартысына жуығын құраған. Соңғы уақытта температураның өзгеруінің байқалған аймақтық заңдылықтары ішінара

атмосфералық-мұхиттық тербелістің әртүрлі фазаларымен, мысалы, Солтүстік Атлантикалық және Арктикалық тербелістермен және мүмкін Тынық мұхитының онкүндік тербелісімен сәйкес келеді. Сондықтан аймақтық температура тенденциялары климаттық жүйедегі аймақтық өзгерістерге қатты әсер етуі және орташа әлемдік деңгейден айтарлықтай ауытқуы мүмкін.

Тағы бір зерттеу жұмысының авторлары орташа жылдық ауа температурасының белгіленген ауытқуларының факторлық тәуелділігін анықтады [18]. Осылайша, 20 ғасырдағы жылыну үрдісі оңтүстік тербелістің (Эль-Ниньо) жылы фазасының жиілігі мен қарқындылығының артуы аясында және 1947-1975 жылдардағы салқындау кезеңі Оңтүстік тербелістің суық фазасының (Ла Ниньо) қайталану жиілігі мен қарқындылығының жоғарылау тенденциясы сәйкес келген.

Атмосфералық жауын-шашынға тоқталатын болсақ, 20 ғасырда солтүстік жарты шардың жоғары және орта ендіктерінің көпшілігінде 1950 жылдардан бастап жауын-шашынның жиілігі әрбір онжылдықта 0,5-1%-ға өскен. Тропикалық ендіктерде жауын-шашын мөлшері шамамен әрбір онжылдықта тек 0,2-0,3% өскен. Солтүстік жарты шардың субтропиктерінде (10° – 30°) 20 ғасырда жауын-шашын мөлшері әр онжылдықта шамамен 3%-ға азайған [6 б.16; 19].

1.2 Климаттың өзгеру себептері

1.2.1 Климат өзгеруінің табиғи факторлары

Қазіргі уақытта климатты зерттеу бойынша көптеген жұмыстар бар [14 б.84; 20-23], бұл бір жағынан мәселенің маңыздылығы мен өзектілігін растаса, екінші жағынан, климаттық тенденцияларды және оларды тудыратын себептерін бағалаудың аясындағы сан түрлі пікірлер мен гипотезалардың көптігі. Олардың кейбіреулері климаттың өзгеруі адамның әрекетінен және парниктік газдардың, әсіресе CO_2 -нің көбеюінен туындайды деп санаса, басқалары табиғи астрономиялық, физикалық және геодинамикалық факторларға байланысты деп санайды, мысалы олардың арасында күннің климатқа тигізетін әсері, Жер орбитасындағы өзгерістерді атап өтуге болады.

Климат Жердің бүкіл тарихында (4,65 млрд. жыл) өзгеріске ұшырап отырған, өйткені оның пайда болу факторлары бірнеше рет өзгерді. Климатқа әсер ететін табиғи факторлар келесілермен анықталады: сыртқы астрономиялық, сыртқы геофизикалық, ішкі геофизикалық. Сыртқы астрономиялық факторларға мыналар жатады: Күннің жарқырауы, Жердің Күн жүйесіндегі орны мен қозғалысы, Жер орбитасының эксцентриситеті (пішінінің өзгеруі), Жер осінің орны және оның эклиптикалық жазықтыққа бейімділігі және айналу жылдамдығы [24-26].

Климаттық жүйеден тыс геофизикалық факторларға Жердің көлемі мен массасы, оның өз осінен айналу жылдамдығы, өзінің гравитациялық және

магниттік өрістері, ішкі жылу көздері және олармен анықталатын геотермиялық жылу ағыны, сонымен қатар жанартаулар жатады [25 б.159].

Сонымен қатар климатқа ішкі геофизикалық факторлар да әсер етеді: атмосфера мен гидросфера пайда болуы; атмосфераның мөлдірлігі, оның құрамы мен массасы өзгеруі; материктердің пайда болуы, оның контурларының өзгеруі, тау жүйелерінің пайда болуы, жер бетінің шағылыстыру қабілеті (альбедо) және атмосферадағы парниктік газдардың (CO_2 және CH_4) концентрациясының өзгеруі. Нәтижесінде жылу алмасу, ылғал айналымы, атмосфералық циркуляция және сәйкесінше климаттық өзгерістерге әкеледі [25, 26].

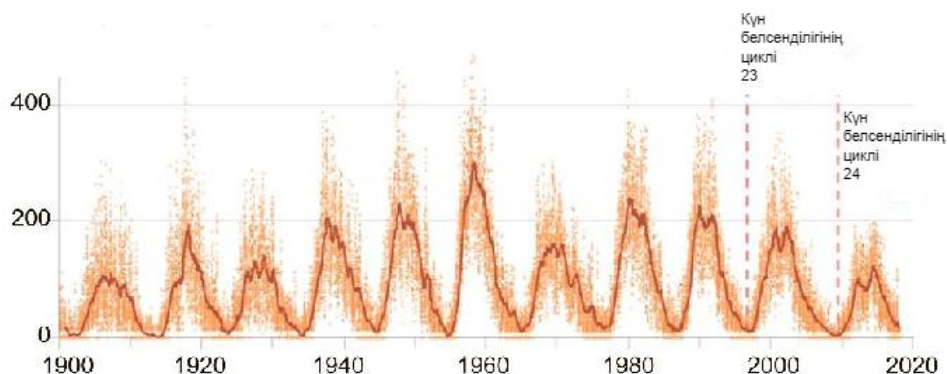
Сыртқы астрономиялық факторлар жердің инсоляциясын (күн радиациясының сәулеленуін), сондай-ақ атмосфераның сыртқы шекарасында инсоляцияның таралуында тербелістерге әкелетін орбиталық қозғалыс пен Жердің айналу сипаттамаларының тербелістерін тудыратын сыртқы күштердің гравитациялық әсерін анықтайды [25 б.431].

Күн климаттық жүйедегі жылудың негізгі көзі болып табылады және ол климаттың қалыптасуында үлкен рөл атқарады. Жерге келетін күн радиациясының сипаттамасы ретінде күн тұрақтысын қарастыруға болады. Ол негізінен күн радиациясының интегралды ағынын сипаттайды және $1367 \pm 20 \text{ Вт/м}^2$ тең [5 б.126]. Күннің климаттық жүйедегі алатын орны ерекше, яғни Америка ғалымдарының [27] бағалауы бойынша Күннің жарқырауы 0,25%-ға азайған кезде ғаламдық температура 0,46 К-қа төмендеуі мүмкін, ал жекелеген аймақтардағы температураның өзгеруі 1,5 К-ге жетуі мүмкін.

Күн жүйесіндегі тағы бір маңызды фактор ол күн белсенділігі болып табылады. Кейбір зерттеушілер өткен мыңжылдықтағы салқындау және жылыну кезеңдері күн белсенділігінің өзгеруімен байланысты болды деп есептейді: 12 ғасырда күн белсенділігі жоғары болған кезде жылы кезең (ортағасырлық климаттық оптимум) болды, ал температураның салқындау кезеңі, яғни кіші мұз дәуірі (XVI–XVII ғасырлар) Шперер (1460–1550 жж.) және Маундер (1645–1715 жж.) күн белсенділігінің минимумдарына сәйкес келеді. Күн белсенділігінің Маундер минимумы аяқталғаннан кейін күн белсенділігінің жалпы өсуі байқалады және осы кезеңнің көп бөлігінде жаһандық климат жылынып келеді [28, 29, 30]. Күндегі жарық түзілістерінің ауданының ұлғаюына байланысты Күннің жарқырауының артуы 1930 жылдардағы климаттың жылынуына белгілі бір әсер етуі мүмкін. 20 ғасырдың басындағы күн белсенділігінің аздап төмендеуі жер бетінің жылынуын сәл бәсеңдеткен (сурет 2).

2000 жылдардың басында, күннің 23-ші циклінің құлдырауына дейін, кейбір астрономдар күн белсенділігінің төмендеуінен туындаған бірнеше онжылдыққа созылатын жаһандық салқындау туралы болжам жасады, бірақ ол жүзеге аспады. Дегенмен, мұндай құбылыстың әсерін жоққа шығаруға болмайды. Бұл мәселе [31] жұмысында арнайы қарастырылған, яғни онда сандық бағалау жүргізілген (астрономдар $^{\circ}\text{C}$ шамасыз болжам жасады). Егер, мысалы, 2030-2040 жылдары күн минимумы болатын болса, онда осы

факторға байланысты жаһандық температураның төмендеуі $0,25^{\circ}\text{C}$ – тан аспайды, содан кейін сол шамада жоғарылайды, ол басқа себептерге байланысты бұрынғы өсу траекториясына оралады деп болжаған.



Сурет 2 -1900 жылдан бастап күн белсенділігінің өзгеруі [30]

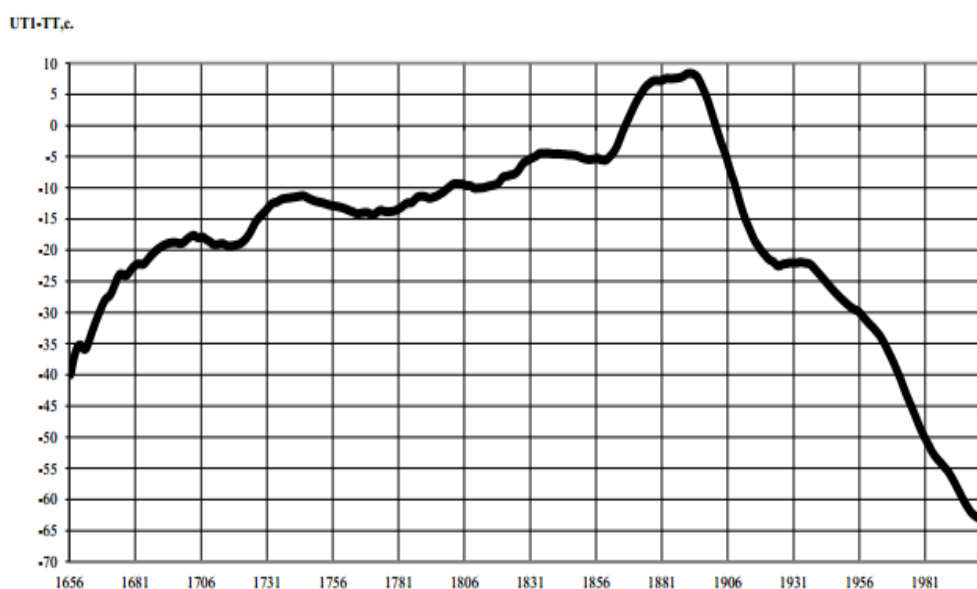
Сондай-ақ, Жаркова В [32] деректері бойынша соңғы уақытта күн белсенділігінің төмендеуі байқалды, ал 2030 жылға қарай бұл белсенділік, маманның болжамы бойынша, 60%-ға төмендеуі мүмкін, бұл 1645 жылдың ортасынан 1715 жылға дейінгі кезеңге ұқсас «шағын мұз дәуірінің» басталуына жеткілікті. «Маундер минимумы» деп аталатын осы уақыт кезеңінде күн дақтарының санының ұзақ мерзімді және шамамен мың есе азаюы тіркелсе, автордың айтуынша, жаңа салқындау бұрынғы кезеңге қарағанда әлдеқайда аз - 11 жылдық үш циклден астам уақытқа созылады, содан кейін температура қайтадан көтеріле бастайды. Маманның айтуынша, күннің күрт суытуы әсіресе Солтүстік жарты шарда байқалады және тіпті азық-түлік тапшылығына әкелуі мүмкін.

Қазіргі концепцияларға сәйкес, күн белсенділігінің артуы, демек, жер бетіне түсетін күн радиациясының мөлшері атмосфералық айналымның, әсіресе меридиандық тасымалдаудың ұлғаюына ықпал етеді, бұл төменгі ендіктерде температураның аздап төмендеуіне және жоғары ендіктерде ұлғаюына әкелуі мүмкін [28 б.98; 29 б.91, 33]. Бүгінгі күнде күн белсенділігінің атмосфералық процестерге әсері туралы көптеген дәлелдер жинақталған, бірақ бұл қатынастардың механизмдері туралы біржақты түсінік әлі жоқ, күн белсенділігінің циклдік табиғаты әлі толық зерттелмеген.

Сонымен қатар климаттық өзгерістерге жердің өз осынен айналу жылдамдығыда әсер етуде. Соңғы жылдардағы мәліметтерге сәйкес Жердің айналуы жылдамырақ және ол атмосфералық циркуляцияға (бұрын зональды циркуляция басым болған) ықпал етуде. Жалпы, жердің жылдам айналуы температураның сәулелі тепе-теңдік температурасына жақындауына әкелді, ал параллельдер бойындағы жер бетінің гетерогенділігінің әсері аз бола бастаған [34]. Г. С. Голицынның есептеулеріне сәйкес, жердің айналуының өзгеруі полярлы аймақтардың жылынуына әкеледі, экваторлық және

полярлық аймақтар арасындағы температура айырмашылығы шамамен 10 °С құрауы мүмкін, ал желдің орташа жылдамдығы 17 м/с-тан 9 м/с-қа дейін төмендейді деп болжайды [35].

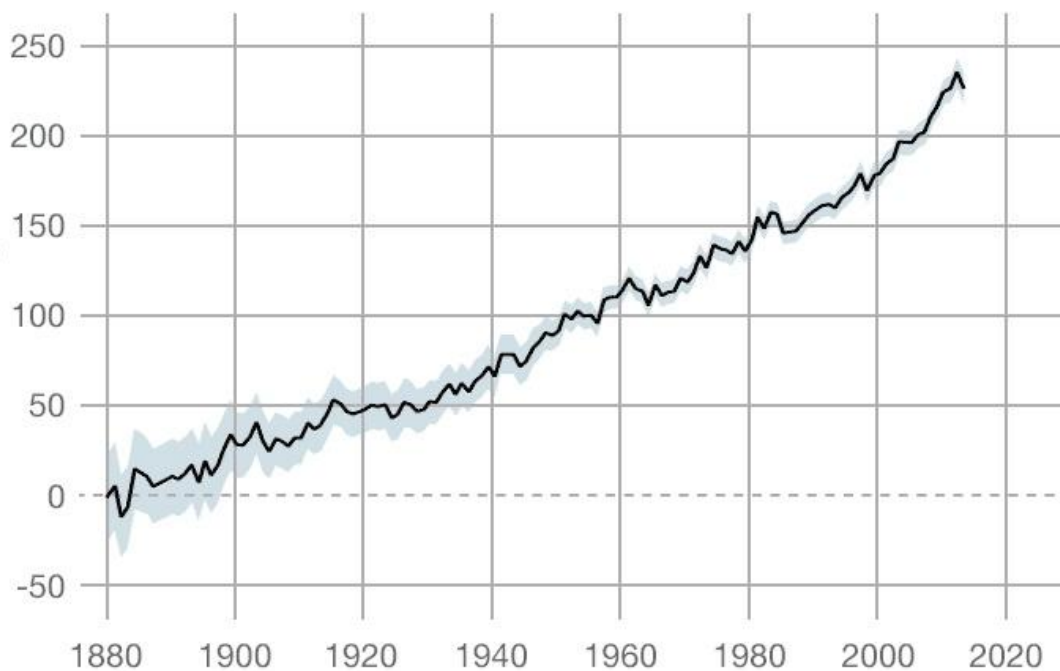
Жердің айналу жылдамдығы да тұрақты болмайды. Нәтижесінде Жер біркелкі айнамайды және күннің ұзақтығы үнемі өзгеріп отырады. Бірқалыпсыз айналуды бағалау үшін 3-ші суретте dut1 параметрінің 1656 жылдан 2010 жылға дейін бірқалыпты жердің динамикалық уақыт жүйесіндегі өзгеру графигі көрсетілген (сурет 3).



Сурет 3 - 1650-2010 жылдар аралығындағы жердің бірқалыпсыз айналу [36]

Графиктегі мәліметтерден өткен ғасырларда Жердің айналу жылдамдығының салыстырмалы түрде біркелкі және айтарлықтай өзгермегенін, XIX ғасырдың аяғынан бастап күрт бәсеңдегені байқалады. Көптеген авторлар Жердің біркелкі айналуының себептерін атмосферадағы ауа массаларының таралуының өзгеруі, қар мен мұз жамылғылары, жер бетіндегі жауын-шашын мен өсімдіктер, Дүниежүзілік мұхит деңгейінің өзгеруі және т.б. сияқты табиғи процестермен байланыстырады [37].

Осылардың ішінде Әлемдік мұхит деңгейінің (УМО) өзгеруі маңызды. Ол гидросфера суларын жердің жеке қабаттары арасында, ең алдымен мұз қабаттары мен құрлық сулары арасында қайта бөлетін Ғаламдық су алмасудың интегралды көрсеткіші екені белгілі. Жаһандық жылынуға байланысты теңіз деңгейінің көтерілуі, ең алдымен, екі факторға байланысты: еріген мұз қабаттары мен мұздықтардан қосылған су және жылынған сайын теңіз суының кеңеюі. Келесі суретте спутниктік суреттер негізінде 1880 жылдан бастап мұхит деңгейінің өзгеруі көрсетілген (сурет 4).



Сурет 4 – Дүниежүзілік мұхит деңгейінің өзгеруі [38]

Дүниежүзілік метеорологиялық ұйымның [6 б.11] мәліметтері бойынша, соңғы онжылдықтарда мұхит атмосфераға және континенттерге қарағанда қатты қызған және бұл процесс жылдам жүруде. Мұндай процестің салдары: 1) мұхиттардың булануының жоғарылауы және мұхит-құрлық термикалық контрасттары; 2) атмосфералық циркуляция қарқындылығының артуы және әсіресе мұхит энергиясымен қоректенетін циклондар энергиясының артуы. Атмосфераның кинетикалық энергиясы оның жылу энергиясынан (булану процесінде мұхиттан алынатын энергияны ескере отырып) бір шама кем екенін ескерсек, онда атмосфера динамикасы оның жылуы мен ылғалдылығының жоғарылауына және құрлық пен мұхиттағы жылулық контрасттарға аса сезімтал болады. Мұхиттардан буланудың жоғарылауы атмосфераның су буымен қанығуына әкеледі. Мұхит-құрлық контрасттары өскен сайын қаныққан атмосфера артық суды алысқа апара алмайды және қатты жаңбырмен негізінен мұхитқа жақын континенттерге жауып, мұхиттардан шалғай жатқан кең аумақтарды сусыз қалдырады. Ал бұл тек егіс алқаптарындағы құрғақшылық емес, сонымен қатар өзен-көлдердің су жинау процесіне әсер етеді [39].

1.2.2 Климат өзгеруінің антропогендік факторлары

Соңғы жылдардағы көптеген зерттеулер қазіргі уақытта байқалған температураның жоғарылауын табиғи факторлардың әсерімен ғана емес, сонымен бірге атмосфераның жылу және химиялық ластануында көрінетін, қолданыстағы жылу тепе-теңдігін бұзуға және "парниктік эффектке" әкелетін адамның шаруашылық іс-әрекетінің нәтижелерімен де байланыстырады.

Алдыңғы бөлімде көрсетілгендей, индустриалды кезеңге дейін климаттың өзгеруі өте баяу болды. Климаттың өзгеруі әдетте миллиондаған жылдар бойы баяу жүреді. Қазіргі кезде байқалып отырған климаттық өзгерістер тез жүріп жатыр және көбінесе адам әрекетінен туындап отыр. 1900 жылдардың соңы мен 2000 жылдардың басына қарай климаттың антропогендік өзгеруі теориясы жер бетіндегі зерттеулер мен спутниктік өлшеулері арқылы температураның өскендігін дәлелдеді [6 б.7; 12 б.6; 40, 41].

Антропогендік факторлар – табиғи ортаның өзгеруіне қандай да бір түрде әсер ететін адам іс-әрекетінің барлық түрлерінің жиынтығы. Климатқа әсер ететін негізгі антропогендік факторларға энергетика саласын, өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы және басқа да салаларды жатқызуға болады, яғни [42]:

- жану процесі кезінде атмосфераға түсетін газдар арқасында атмосфераның аэрозольдық құрамының өзгеруі;

- атмосфераға жылу шығарындыларының тасталынуы (атмосфераның және гидросфераның термиялық ластануы);

- үлкен аудандарды жырту, ормандарды жою, малды шамадан тыс жаю, далалар мен саванналарды шөлге айналдыру нәтижесінде топырақ бетінің құрылымы мен қасиеттерінің өзгеруі (альбедо, кедір-бұдыр, ылғалдылық, т.б.) және т.б.

1827 жылы француз ғалымы Фурье парниктік эффектiнiң теориялық негiздемесiне түсiнiктеме бердi, яғни ол атмосфера қысқа толқынды күн радиациясын өткiзедi, бiрақ Жерден шағылысқан ұзын толқынды жылу энергиясын ұстап қалады. 19 ғасырдың аяғында швед ғалымы Аррениус көмiрдi жағуға байланысты атмосферадағы CO_2 концентрациясы өзгередi және бұл климаттың жылынуына әкеледi деген қорытындыға келдi. 1957 жылы Халықаралық геофизикалық жыл аясында бақылаулар атмосферадағы CO_2 концентрациясының айтарлықтай артқанын көрсеттi. Орыс ғалымы Михаил Будыко алғашқы сандық есептеулердi жасап, климаттың өзгеруiн болжаған. Парниктік әсер су буы, көмiрқышқыл газы, метан, азот оксидi және басқа да маңыздылығы аз газдар есебiнен туындайды. Парниктік эффектiсi атмосфера пайда болған кезден бастап бар, яғни жер бетiндегi орташа температура 14 °С, парниктік эффект болмаса ол -19 °С, яғни 33 °С төмен болар едi. Ал қазiр парниктік әсердiң антропогендiк өсуi байқалуды. Сонымен бiрге жердегi ең көп таралған парниктік газ – су буының концентрациясы өзгермеген. Теориялық тұрғыдан адамның су буына әсерiн қарастыруға болады, мысалы, үлкен аумақта булану процестерiнiң күштi өзгеруiмен. Дегенмен, бұл ұзақ мерзiмдi перспективада ғана болуы мүмкiн [41 б.170; 42 б.225; 43].

1890 жылы CO_2 концентрациясы миллионға шамамен 300 бөлiктi құрады; бұл ауаның әрбiр миллион бөлiгiнде 300 бөлiк CO_2 болатынын бiлдiредi. 1982 жылы орташа жылдық концентрация миллионға 340 бөлiктi құрады және шамамен 1 млн. өсуде [12 б.6]. Дүниежүзiлiк метеорологиялық ұйымның мәлiметi бойынша, атмосферасындағы көмiрқышқыл газының

орташа деңгейі 2015 жылы бақылау кезеңінде алғаш рет 400 ppm деңгейіне жеткен. Мауна-Лоа көміртегі диоксиді обсерваториясындағы атмосфералық көміртек мәндері 1957 жылдан бері үздіксіз өсуін көрсетеді, яғни 2017 жылы 410 ppm деңгейіне жеткен [44]. Біріккен Ұлттар Ұйымы (БҰҰ) сарапшыларының бағалауы бойынша антропогендік парниктік эффект отын өндіру мен энергия өндіру салдарынан 57%, энергетикалық циклмен байланысты емес, бірақ отынды тұтынатын өнеркәсіптік өндірістен 20%, ормандарды жою салдарынан 9%, ауыл шаруашылығында 14% құрайды [40].

1997 жылы әлемнің бірқатар дамыған елдері атмосфераға парниктік газдар шығарындыларын шектеуге бағытталған Киото хаттамасын қабылдады. Кез келген халықаралық келісім үшін ең қиыны – негізгі мақсат парниктік газдарды климаттық жүйеге антропогендік әсер ету қаупін тудырмайтын деңгейде тұрақтандыру болып табылады. Адамзаттың парниктік газдар шығарындыларын азайту әрекеті әлі де болса белсенді кезеңге өткен жоқ. Сонымен қатар, атмосфераға тасталынатын шығарындыларды азайтып, парниктік газдардың концентрациясын бірте-бірте азайтқаннан кейін де климатты тұрақтандыру ұзақ уақыттан кейін ғана орын алуы мүмкін. Климаттық жүйесі мұхиттар мен криосфераның болуына байланысты үлкен инерцияға ие. Мұхиттар мен криосфераның жоғары жылу сыйымдылығына және жылу алмасу жылдамдығының баяу болуына байланысты парниктік эффект нәтижесінде қалыптасқан жер бетіндегі температура өзінің табиғи күйіне жақындауы үшін жүздеген жылдар қажет болады [40 б.93].

Турку Университетінің фин ғалымдарының жақында жарияланған мақаласында олар қазіргі кездегі климаттың өзгеруі нақты, бірақ адам іс-әрекетінің салдары бұл өзгерістерге әсері шамалы деп болжаған. Авторлар климаттың жасанды өзгеруі идеясы Климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық сарапшылар тобының формулаларын қарапайым есептеу немесе бұрмалау болып табылады деп болжаған. Юрки Кауппинен мен Пекка Малми климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық сарапшылар тобының 5-ші есебінде пайдаланылған GCM үлгілері төмен бұлт жамылғысының өзгеруінің жаһандық температураға әсерін есептей алмайды, сондықтан бұл модельдер табиғи температураның өте аз өзгеруін береді, оның көп бөлігін парниктік газдарға қалдырады деп санайды. Осылайша олар, соңғы жүз жылда, 20 ғасырдың басынан бері антропогендік факторлар CO_2 концентрациясының жоғарылауымен анықталған жаһандық жылынуға жалпы үлестің 10% -дан аспағанын болжайды. Бұл жаһандық жылынудың әрбір $0,1^\circ\text{C}$ кезінде антропогендік әсердің өлшеу қателіктерінің шегінде болатын максимум жүзден бір градусқа жауап беретінін білдіреді [45].

Коба университетінің бір топ жапондық ғалымдары да жаһандық жылынуды толық адам іс-әрекеті салдарынан емес екендігін алға тартуда. Олардың пікірінше, бақыланатын парниктік әсерлерге тек CO_2 ғана емес, сонымен қатар Жердің жылулық тепе-теңдігінің жылжуы да әсер етуі мүмкін. Осы уақытқа дейін ғалымдар «қолшатыр эффектісін» аз ескерген,

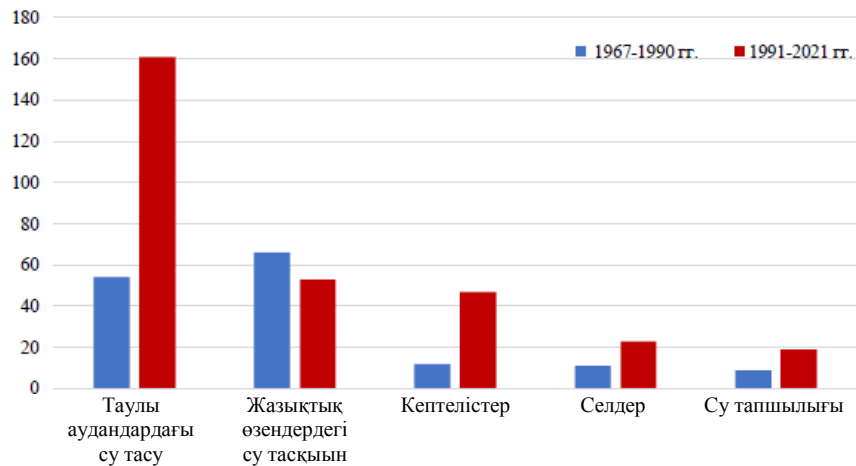
соның арқасында үздіксіз бұлттылық Жер бетінен тепе-теңдік жылулық сәулеленуді айтарлықтай кешіктіруі мүмкін. Коба университетінің командасының есептеулері бойынша ғарыштық сәулелердің қарқындылық факторы да әсер етеді [46].

Сондай-ақ, Данияның Ұлттық ғарыш орталығының климатологы Хенрик Свенсмарк атмосфераға түсетін ғарыштық сәулелердің болмауына байланысты бұлттылық азайған кезеңнен өтіп жатқанына сенімді. Свенсмарк жерге түсетін ғарыштық сәулелердің мөлшері күннің магниттік белсенділігіне байланысты өзгереді деп санайды. Жоғары магниттік белсенділік кезеңдерінде Жерге аз ғарыштық сәулелер түседі, осыған байланысты бұлттар азайып, температура өсуде. Ол сондай-ақ антропогендік көмірқышқыл газының шығарындылары климатқа ғалымдар ойлағаннан аз әсер етеді деп болжайды [47].

1.3 Климаттың өзгеруі және су ресурстары

Өзен ағындысының қалыптасуы атмосфераның, литосфераның, гидросфераның және биосфераның элементтерінің немесе осы факторларының біріккен әсерінің нәтижесінде пайда болады. Осылардың ішінде жылдық орташа ағындының қалыптасуында климат негізгі рөл атқарады. Бұл байланысты алғаш рет ғылыми түрде негіздеген Воейков А.И. [48]. Кейінірек бірқатар батыс еуропалық ғалымдар климаттың рөлін сандық түрде орташа ағынды мен жауын-шашынның арақатынасы арқылы көрсетті және Олдекоп Е.М. өзен алабынан буланудың процесін бағалаған [49]. Соколовский Д.Д. [50] тұйықталған өзен алаптарындағы орташа ұзақ мерзімді өзен ағындысы орташа ұзақ мерзімді жауын-шашын мен буланудың функциясы болып табылады деген қорытындыға келді, яғни берілген географиялық аймаққа тән жылу мен ылғалдың арақатынасын көрсететін ландшафттың гидрометеорологиялық құрамдас бөліктері.

Су планетаның тіршілік көзі болып табылады және су ресурстарының жағдайы барлық табиғи, әлеуметтік және экономикалық жүйелерге әсер етеді. Су климаттық жүйе, адам және қоршаған орта арасындағы негізгі буын ретінде әрекет етеді. Жаһандық жылыну жаһандық гидрологиялық циклдің күшеюіне немесе жандануына әкеледі [51]. Климаттың өзгеруі су ресурстарының қолжетімділігіне әсер ететін одан да күшті факторға айналуы мүмкін және су ресурстарының сапасына да үлкен әсер ететін басқа антропогендік факторлармен бірге әрекет етеді. Климат өзгерістеріне байланысты соңғы жылдарда жиілігі арта түскен құрғақшылық, су тасқыны, дауыл және көшкін, сел сияқты төтенше оқиғалардың көбеюі мен қарқындылығының өзгеруіне байланысты су ресурстарын басқаруға қосымша ауыртпалық түсіреді және қолда бар су ресурстарының саны мен сапасына қатысты мәселелерді арттырады. Қазгидромет орталығының соңғы деректеріне сәйкес [20 б.290] экстремалды гидрологиялық құбылыстардың артуы орын алған, әсіресе еліміздің оңтүстік, оңтүстік-шығысындағы таулы аудандарда су тасқыны жиілеген (сурет 5).



Сурет 5 - 1967–1990 жылдар және 1991–2021 жж. Қазақстан өзендеріндегі қауіпті гидрологиялық құбылыстардың саны [20 б.304]

Қауіпті гидрологиялық құбылыстардың алдын алу мақсатында көптеген іс-шаралар жүргізілуде, дегенмен қазіргі заманғы әлеуметтік-экономикалық даму және антропогендік жаһандық жылыну жағдайында су ресурстарын ұзақ мерзімді болжау әлемнің барлық елдері үшін өте маңызды, яғни олардың экономикалық дамуы, сумен қамтамасыз ету мәселелерін шешуі, халықтың өмір сүруі, қоршаған ортаны сақтау және т.б.

Климат өзгерістері жылдық ағынды ғана емес, сондай ақ өзен ағындысының режимінде өзгертуі мүмкін, сол арқылы су ресурстарының қол жетімділігі қиындауы көптеген әлемде жүргізіліп жатқан модельдік зерттеулерінде көрсетіледі [52, 53]. Bates және т.б. ғалымдардың мәліметтері [54] бойынша жаһандық деңгейде беттік ағындыларда айқын және қарама-қайшы өзгерістер орын алатынын, яғни жоғары ендіктерде жатқан аймақтарда су ресурстарының өсуі байқалса, Африканың батыс бөліктерінде, оңтүстік Европа, Латын Америкасының оңтүстігінде төмендеу байқалады деп болжайды. Климат өзгерістерінің болашақтағы су ағындысына әсерін бағалау үшін ең ауқымды зерттеулердің бірі Milly және т.б. авторлардың [53 б.347] еңбегі. Олар А1В сценарийі бойынша 2050 жылға дейін өзен ағындысын болжаудың 12 түрлі моделін қолданған. Зерттеулері бойынша жаһандық деңгейде өзен ағындысы 10% дан 40 % ға дейін артады деп болжануда, дегенмен орташа ендіктерде және тропиктердің кейбір аудандарында азаюы мүмкін. Азияда [54 б.198] климаттың өзгеруі және көптеген әлеуметтік-экономикалық күйзелістер су тапшылығының онсыз да нашарлаған жағдайын одан ары ушықтыруы мүмкіндігін алға тартады.

Мұндай бағалаулар Қазақстан аумағы үшін ерекше маңызға ие, себебі климаттың күтілетін өзгерістері орташа әлемдік көрсеткіштерден анағұрлым жоғары және соңғы жылдардағы қарқынды дамып келе жатқан әлеуметтік-экономикалық салалар су ресурстарын пайдалануға сұранысы артауда.

Қазақстанның кең байтақ аумағы су ресурстарына өте кедей. Біз жер шарындағы су ресурстары аз аймақтардың аймақтың біріне жатамыз [55]. Өзен ағынының жартысына жуығы бізге басқа елдерден келеді. Сондықтан бұл судың иесі біз емеспіз. Алдыңғы кезеңмен салыстырғанда сырттан келетін судың ағыны қазірдің өзінде айтарлықтай азайған және оның одан әрі азаюы сөзсіз. Жаһандық климаттық өзгерістер біздің ендіктеріміздің ішкі аймақтары үшін де қолайсыз, аумақтардың шөлейттенуінің күшеюіне алып келеді. Осындай жағдайларға бейімделу үшін су шаруашылығы саласын оңтайлы бағдарлау, трансшекаралық өзендеріміздің суын пайдаланушы мемлекеттермен сындарлы келіссөздер жүргізу үшін Қазақстан Республикасының ағымдағы және күтілетін су ресурстарын нақты түсіну қажет. Бұл жағдайда олардың ұзақ мерзімді болжамының рөлі айқынырақ.

Бірінші тарау бойынша қорытынды

Бұл тарауды қорытындылай келе, жаһандық климат өзгерістері орын алып жатқанын көреміз, ол әсіресе ауа температурасының дүниежүзіндегі күрт жоғарылауымен сипатталады. Климат өзгерісін тудырушы фактарларды анықтау және оларды себептерін бағалаудың аясындағы сан түрлі пікірлер мен гипотезалар өте көп. Олардың кейбіреулері климаттың өзгеруі адамның әрекетінен және парниктік газдардың, әсіресе CO_2 -нің көбеюінен туындайды деп санаса, басқалары табиғи астрономиялық, физикалық және геодинамикалық факторларға байланысты деп санайды.

2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

2.1 Іле өзені алабының физика-географиялық жағдайы

2.1.1 Жер бедері және геологиялық құрылымы

Өзен ағындысының қалыптасуы атмосфера, литосфера, гидросфера және биосфера элементтерінің бірлескен әсерінен болады. Ағындының мөлшерін, сондай-ақ оның өзгергіштігін анықтаудағы басты рөл атмосфералық факторларға тиесілі. Сонымен қатар, өзеннің ағындысы және оның сулылығы негізінен литосфера, гидросфера және биосфера факторларының әсері анық көрінетін су жинау алабының табиғи ерекшеліктерімен анықталады [56].

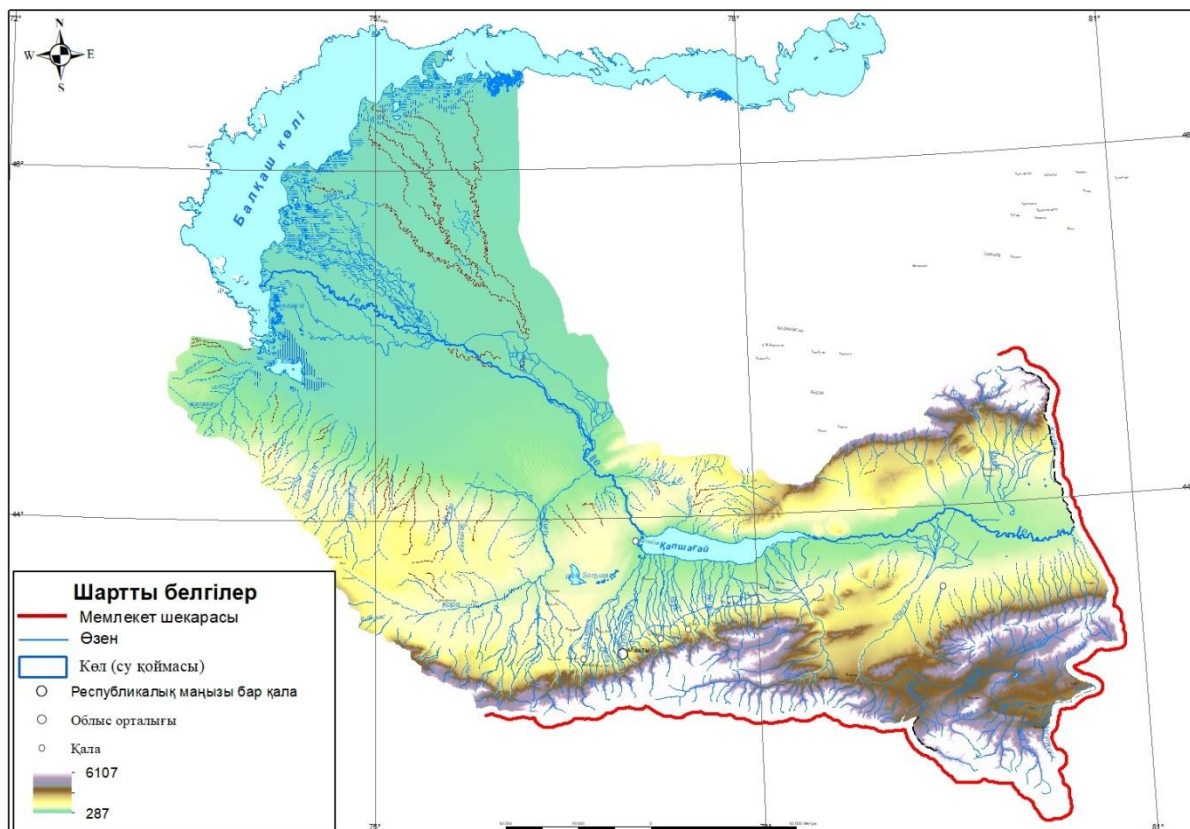
Гидрологияда жер бедері өзен ағындысының сипатын, өзен желісінің дамуы мен тығыздығын, өзен аңғарларының дамуын, өзен беті мен арна түбінің еністерін, өзен ұзындығы мен оның орамдылығын, топырақтың жылынуы мен қатуын, ауаның беткі қабатының температурасын, қар жамылғысын және т.б. зерттеуде ерекше маңызға ие болады [57].

Ағындының қалыптасу шарттары бойынша рельеф тау, тау бөктері және жазық болып үшке бөлінеді. Тау рельефі тік беткейлермен, кесінділермен, үлкен құлдырауы бар тар аңғарлармен және күшті денудациямен сипатталады. Сондай ақ тік беткейлері мен алаптың ені тар болуы арқасында жауын шашынның түсуі жылдам және булану аз болады. Тау бөктерінің рельефі жұмсақ, бірақ таулы рельеф сияқты қатты бөлшектенген және денудталған. Алқаптары кеңірек, беткейлері кішірек болғандықтан ағынның біршама баяулауына және булану мен сіңуіне байланысты оның азаюына ықпал етеді. Жазық рельеф кең иірімді аңғардың пайда болуына ықпал етеді. Бұл кезде жауын-шашынның ағыны кешіктіріліп, булану мен сүзілу процесі күшейіп, жер беті ағыны азаяды [58].

Іле өзені алабының жер бедері өте күрделі. Оңтүстік Балқаш аймағының жазық шөлдерінен Тәңіртаудың биік таулы аймақтарына дейінгі рельеф алуан түрлі. Мұндағы абсолютті белгілер Балқаш көлінің шетіндегі 340 м-ден 4951 м Талғар шыңына дейін қамтылған [59].

Оңтүстік Балқаш аймағы екі бөлікке бөлінеді: үлкені – батыс және кішісі – шығыс. Батыс бөлігінде Сары Есік Атыраудың ірі құм массивтері орналасқан. Шығыс бөлігінде Қаратал мен Ақсу өзендерінің аралығында Жаманжал мен Люкқұм құмдары, ал Ақсу мен Лепсі өзендерінің төменгі ағысының арасында Аралқұм. Оңтүстік Балқаш аймағының құмды шөлдері аллювиальды және флювиогляциалды шөгінділер болып табылады, олар эолдық жер бедері кешенін қалыптастырады [60].

Іле өзені алабының оңтүстік-шығыс және оңтүстік бөлігін Жетісу таулы аймағы мен Тәңіртау тау жүйесінің солтүстік жоталары алып жатыр. Жетісу Алатауы солтүстік-шығыстан оңтүстік-батысқа қарай созылып жатқан және тау аралық ойпаңдармен бөлінген бірнеше параллельді жоталардан тұрады (сурет 6).



Сурет 6 - Іле өзені алабының орографиялық құрылымының карта-сұлбасы

Жетісу Алатауындағы ылғал мен ағындының қалыптасу жағдайларын көбіне анықтайтын орографиялық жағдайларға сәйкес үш аймақты бөліп көрсетуге болады. Солтүстік беткейге тау аралық ойпандармен бөлінген негізгі жотаға параллель орналасқан салыстырмалы түрде аласа жоталар жүйесі тән. Мұнда ірі өзендер – Лепсі, Басқан, Ақсу және т.б. өзен алаптары орналасқан. Батыс беткейі оңтүстік-шығыстан батысқа қарай түсетін таулар жүйесімен (Токсанбай, Қояндытау, Алтынемел, т.б.) шектеледі. Бұл аудан солтүстік-батыс, батыс және оңтүстік-батыс ауа массаларының енуіне ашық және атмосфералық ылғалдылықтың жоғарылауымен ерекшеленеді [59 б.16].

Қарастырылып отырған аймақтың оңтүстік бөлігін Тәңіртаудың солтүстік беткейлері алып жатыр, яғни Шу-Іле таулары мен Іле, Күнгеі, Теріскей Алатауы, Сарыжаз және Кетмен жоталары. Шу-Іле таулары аймақтың оңтүстік-батысында орналасқан және салыстырмалы түрде шамалы биіктігімен, сирек гидрографиялық желісімен, негізінен уақытша су ағындарымен солтүстік-шығысқа қарай тегістелген немесе таяз көлбеу беткеймен сипатталады.

Іле Алатауы жотасы оңтүстікке қарай бағытталған кең доғаны құрайды. Жотаның ұзындығы шамамен 300 км, ені 35-40 км. Оның жоталы бөлігінде 3400-3500 м биіктікте жақсы дамыған мұздану шоғырланған.

Іле Алатауының шығыс тау жоталары біркелкі емес, яғни Күнгеі және Теріскей Алатау жоталарымен, Торайғыр, Бөгеті тауларымен, Кетмен

жоталарымен, сондай ақ үлкен далалық ішкі жазықтармен (Кеген, Жаланащ, Сөгеті) үйлесіп Іле өзенінің сол жағалауының шығыс бөлігін құрайды. Бұл екі үлкен өзеннің – Шарын мен Шелектің қалыптасу аймағы болып табылады. Бұл аумақтың терең тау ішілік орналасуы ылғалдың төмендігін тудырады, сонымен қатар орографиялық элементтердің ендік және субендіктік созылуымен және негізгі тектоникалық жарылуымен сипатталуы солтүстік және солтүстік-батыс циклондарының тау жүйелеріне енуіне қолайлы [59 б.9].

Қарастырылып отырған аумақтың геологиялық құрылымына тоқталатын болсақ, ол алуан түрлілігімен және күрделілігімен сипатталады. Кембрий шөгінділері Жетісу Алатауының солтүстік беткейі мен Балқаш маңының солтүстік-шығыс бөлігінде, ордовик шөгінділері Солтүстік Балқаш маңы мен Жетісу Алатауының үлкен аумағында, девон шөгінділері Балқаш маңының солтүстік-батыс бөлігінде, сондай-ақ Жетісу Алатауының тауларында кездейсоқ кездеседі.

Солтүстік Балқаш маңында төменгі тас көмір шөгінділері (270 млн. жыл) кең таралған. Солтүстік Балқаш маңындағы карбон шөгінділері негізінен эффузивтермен, олардың туфтарымен және олардың шайылып, қайта түзілген өнімдерімен ерекшеленеді. Солтүстік Балқаш маңында, Жетісудың орталығында тас көмір шөгінділерінің ішінде кең тарағаны карбонат жыныстары болып табылады [59 б. 14; 60 б.78].

2.1.2 Топырақ және өсімдік жамылғысы

Аумақтың едәуір ендік ұзындығы мен рельефтің күрделілігі топырақ пен өсімдіктердің алуан түрлілігін анықтайды. Солтүстік Балқаш маңын алып жатқан шөлді дала зонасында сортаңдармен үйлестікте кездесетін солтүстік шөлдердің қоңыр және сұр-қоңыр топырақтары кеңінен таралып, онда жусан, ащышөп және т.б өседі. Өзен аңғарларының төменгі жағында ойпатты топырақтарда және шалғынды сортаң жерлерде ши, қияқ, қамыс, кермек және түрлі ащышөптер өседі [59 б.29; 61-63].

Оңтүстік Балқаш маңының шөлді зонасында жоталы және дөңес құмдар жиі кездеседі, өсімдіктері өте сирек, эфедра, жусан және бұталар. Шөлді дала зонасында ашық қызғылт топырақтар және қарапайым сұр топырақтар кездеседі.

Жетісу Алатауының солтүстік беткейінде 3200 м-ден жоғары белдеуде мұздықтар, фирндік алқаптар мен қарлы алқаптар, көптеген тау жыныстары және өсімдіктер мен топырақ жамылғысы жоқ тұщы моренаның үлкен жинақтары алып жатыр.

Альпі белдеуі (2800-3200 м) таулы-шалғынды альпі топырағымен сипатталады, мұнда альпілік ұсақ шөптер, кобрезия және қоңырбас бірлестіктері өседі. Субальпі белдеуінде (2500-2800 м) мантия, қазтамақ, арша және т.б шабындықтармен жабылған таулы-шалғынды субальпі топырақтарымен ұсынылған. Жетісу Алатауының солтүстік беткейінде таулы-орманды-шалғынды белдеу (1700-2500 м) ең көп таралған. Мұнда

Тянь-Шань шыршасынан, самырсыннан тұратын тау ормандары өсетін таулы-орманды қара түсті топырақтар бар. Таулы-шалғынды дала топырақтары батыс және оңтүстік-шығыс беткейлерде кездеседі. Өсімдік жамылғысы дәнді шөптер мен бұталардан тұрады [59 б.30; 62 б.80].

Таулы-дала белдеуі Жетісу Алатауымен шектеседі (800-ден 1200-1400 м-ге дейін) онда негізінен қарашіріктері аз қара топырақтан және қара қызғылт топырақтарынан тұрады. Өсімдіктері шалғынды, жабайы раушан және терескен қоспасы бар жусанды-бетегелі болып келелді. Бұған аласа таулар, тау етегі және тау аралық аңғарлар да жатады. Топырақ жамылғысы таудың қара топырақтарымен ұсынылған. Өсімдік жамылғысы бетеге, жусан, теріскен және т.б шөптерден тұрады.

Шөлді-дала белдеуі негізінен толқынды жоталы тау бөктерлері мен қырлы таулы еңіс жазықты қамтиды. Топырақтары ашық қызғылт, кәдімгі сұр топырақ және ашық сұр топырақтар. Өсімдік жамылғысы бетегелі-жусанды шөптермен сипатталады [59 б.32; 62 б.80; 63].

2.1.3 Гидрографиясы

Қарастырылып отырған аумақтың жер беті су ағындары негізінен ауданды қоршап тұрған таулардан – Тәңіртау, Жетісу Алатауы және Тарбағатай тау жоталарынан бастау алады. Өзендердің көпшілігі қарқынды дамыған терең эрозиясы бар типтік жас турбулентті тау ағындары болып табылады, олардың бойлық профилі қалыптаспаған. Тау етегіндегі жазыққа шыққаннан кейін бұл өзендердің суы азайып, ағыстары баяулайды. Бұл аймақтағы ағындардың қалыптасу жағдайлары мен өзендердің су режимі туралы зерттеулер Шульц В.Л. [64], Щеглова О.П. [65], Берқалиев З.Т. [66], Литовченко А.Ф. [67], Соседова И.С. [68], Достай Ж.Д. [69, 70], Емельянова Л.А. [71] және т.б. жұмыстарында қарастырылған.

Су режимінің ерекшелігіне байланысты аумақтағы өзендерді мынадай түрлерге бөлуге болады: 1) көктемгі су тасуы бар өзендер; 2) көктемгі су тасу және жылы мезгілдегі су тасқыны бар өзендер; 3) көктемгі-жазғы су тасуы бар өзендер; 4) жазғы су тасуы бар өзендер; 5) қарасу типіндегі жазық өзендер [59 б.33, 72].

Іле өзенінің аңғарындағы уақытша ағындардың барлығына көбінесе көктемгі қысқа мерзімді су тасу тән болып келеді. Көктемгі су тасу және жылы мезгілдегі су тасқын Шыңғыстаудағы аласа тау жоталарындағы өзендерге, Шу-Іле су айырығы тауларынан және Іле, Жетісу Алатауының аласа тау етегіндегі белдеулерінен бастау алатын өзендерге тән [59 б. 34].

Көктемгі-жазғы су тасуы және жылы мезгілдердегі су тасқын Іле, Жетісу Алатауының орта белдеуіндегі, Тарбағатай жотасының өзендеріне, сондай-ақ биік таулы белдеулерден бастау алатын көптеген ірі өзендерге тән (Іле, Текес, Шарын, Қаскелең, Шелек және т.б.). Жазғы су тасуы және жылы мезгілдердегі су тасқын биік таулардан ($H_{\text{орт}} > 3000$ м) бастау алатын, негізінен мұздықтармен және биік қар суымен қоректенетін ірі өзендерге (Шелек, Өсек, Қорғас және т.б) тән [59 б.34; 60 б.56; 70 34б.;73].

Іле, Жетісу Алатауларының тау бөктерлеріндегі өзендерге, сондай-ақ Жетісу Алатауының оңтүстік-батыс сілемдерінде құрғап қалмайтын өзендеріне (Шеңгелді өзені, Қопалысай өзені және т.б.) ағыны баяулаған, жер асты су қорының үлесі артқан (70-80%) «қарасу» типті өзендер жатады.

Тау етегіндегі жазықтықта суды жер суаруға пайдаланады, сондай – ақ сүзілу және булануға жоғала бастайды, одан әрі шөл және шөлейт аймақтары арқылы Балқаш көліне транзитпен ең қуатты өзендер өтеді. Бұл аймақта өзендердің жайылмаларында, арналары мен атырауларында су ағынының айтарлықтай табиғи шығыны байқалады.

Сонымен, аумақтың гидрографиясына тән қасиет ол аумақтың жазық бөлігіндегі сирек өзен желісі ($0,01 \text{ км/км}^2$ дейін) және таулы аймақтарында тығыздық жоғары ($0,6$ -дан $3,0 \text{ км/км}^2$ дейін) болып табылады.

Іле өзені алабы. Іле өзенінің негізгі құраушыларының бірі Текес өзені Қазақстан жерінен, яғни Терскей Алатауы жотасының солтүстік-шығыс беткейінен басталып, одан әрі Қытай аумағына еніп, Күнес және Қаш өзендерімен қосылып, қосылған жерден 205 км жерде қайтадан суы мол өзен болып Қазақстанға Іле өзені болып келіп Балқаш көліне құяды. Өзеннің жалпы ұзындығы 1439 км, Қазақстанда 815 км. Іле өзені алабының жалпы ауданы $140\ 000 \text{ км}^2$, оның $77\ 400 \text{ км}^2$ Қазақстан аумағында орналасқан. Алаптың негізгі ағынды қалыптастыратын бөлігі Қытайда орналасқан, онда гидрографиялық желісі біршама дамыған ($0,6$ -дан 3 км/км^2 -ге дейін). Гидрографиялық желінің тығыздығы алаптың ортаңғы және төменгі бөліктерінде ($0,01 \text{ км/км}^2$ -ге дейін) азайып, кейбір аудандарда жер үсті суы толығымен жоғалады, тек сол жағалауы белсенді болып келеді [59 б.33; 60 б.58; 70 б.34; 72 б.71].

Қазақстанда Іле өзенінің су қорының 30%-ы қалыптасады. Олардың бір бөлігі ғана өзен арнасына түседі, қалған ағынды пайдаланылады (тау етегіндегі жазықта суаруға алынады) және булануға кетеді. Қазақстан аумағында Іле өзеніне бірнеше өзен құяды, оның ішінде ең ірілері Шарын мен Шелек өзендері. Шарын өзені – Іле өзенінің ең үлкен саласы және оң жақ салалары Кетмен жотасының оңтүстік беткейінде орналасқан. Оның сулы сол жақ саласы Қарқара өзені. Шелек өзені – Іле өзенінің екінші үлкен саласы. Өзен алабы Іле Алатауы жотасының оңтүстік-шығыс бөлігін және Күнгей Алатау жотасының солтүстік-шығыс бөлігін алып жатыр. Таулы бөлігінде Шелек өзеніне 70-ке жуық салалар құяды.

Іле Алатауының биік таулы аумағынан ($H_{орт} > 3000 \text{ м}$) Есік, Талғар, Кіші Алматы, Үлкен Алматы, Қаскелең, Ақсай өзендері бастау алады. Шығару конустарында, судың инфильтрациясына және суаруға бөлінуіне байланысты көптеген өзендердің жартасты арналары жылдың көп бөлігінде құрғақ болады немесе ағыны аз болады.

Сонымен қатар көптеген шағын өзендер өз суларын өзен арнасына апармайды. Оларға Кетпен жотасының және Шу-Іле су айырығының солтүстік беткейлеріндегі таяз өзендер, Жетісу Алатауының аласа таулы сілемдерінің өзендері жатады. Қапшағай шатқалынан шыққаннан кейін Іле

өзені суы Балқаш маңы жазығының шөлді және шөлейт аймақтары арқылы өтіп көлге құяды.

Қапшағай шатқалынан төмен құятын жалғыз саласы ол Күрті өзені, Іле Алатауы жотасының батыс сілемдеріндегі, Кендіктас пен Шу-Іле тауларының шағын ағындарынан құралған. Алабында мұздықтар мен қарлы алқаптардың болмауына байланысты өзен судың құрамы мен ағыс режимі бойынша Іле Алатауының басқа өзендерінен ерекше болып келеді [59 б.35].

2.1.4 Мұздықтары

Гидрологиялық және су шаруашылығы тұрғысынан алғанда, мұздық аймақтардың ерекшелігі, ең алдымен, олардың сулылығының жоғарлауымен анықталады, ол өз кезегінде суару үшін өте қолайлы ағын режимімен, сондай-ақ еріген судың бірегей биохимиялық тазалығымен сипатталады. Таулы өзендердің жазғы ағынының 30-50% дейін қамтамасыз ететін мұздықтар су ресурстарының маңызды көрсеткіші болып табылады [59 б.42; 74].

Іле және Күнгей Алатауы өзендерінің алаптарындағы мұздықтардың саны мен ауданы туралы жүйелі өңделген ақпаратты алғаш рет Пальгов Н.Н. 1958 ж. [75] монографияда жарияланды. Жетісу Алатауындағы мұздықтардың көлемін және олардағы мұз қорын бағалау Лаврентьев П.Ф., Зенкова В.А., Черкасов П.А., Іле Алатауы бойынша Тоқмағамбетова Г.А., Вилесова Е.М., Уваров В.М. [75-80] және т.б. жұмыстарды атауға болады. 1965-1974 ж.ж. КСРО-да КСРО мұздықтарының каталогын жасау бағдарламасы әзірленіп, жүзеге асырылды [81]. Қытай аумағындағы мұздану көлемі қытайлық мамандар жасаған Тянь-Шань мұздықтарының 4 томдық «Каталогында» келтірілген [82].

Мұздық ағынды есептеулерімен көптеген зерттеушілер әртүрлі түсіндірмелер мен әдістемелерді қолдана отырып Шульц, Соседов И.С., Макаревич К.Г., Черкасов П.А., Вилесов Е.М. пен Л.П. Мазур және т.б. зерттеген [77 б.44; 79 б.169; 83, 84]. Сонымен, Вилесовтың [85] есептеулері бойынша, Іле Алатауы үшін, шынында да, бүкіл алап үшін, жаздағы мұздық ағындының рөлі ерекше. Тұтастай алғанда бұл аймақ үшін мамырдан қыркүйекке дейін мұздықтар таулардың жалпы ағындының 1/3 бөлігін құрайды, яғни жазғы суару кезеңінде мұздық ағынының үлесі 1,5-2 есе артады.

Іле Алатауында Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің География институтымен 1956 жылы Тұйықсу алқабында мұзданудың жүйелі мониторингі ұйымдастырылды және бүгінгі күнге дейін жалғасуда, бұл мұздық мұз басудың индикативті көрсеткіші болып табылады.

Северский И.В., Тоқмағанбетов Т.Г және т.б қазіргі зерттеулері бойынша [86, 87] өткен ғасырдың соңғы онжылдықтарында Оңтүстік-Шығыс Қазақстан тауларының мұздануы тұрақты деградация жағдайында болғаны анықталды. Соңғы жарты ғасырға тән қар ресурстарының өзгерістері және

өңірдегі мұз басу динамикасының болжамдарына сәйкес Қазақстандағы және Орталық Азияның көршілес елдеріндегі мұздықтардың басым көпшілігі осы ғасырдың соңына қарай толығымен еруі мүмкін.

Nature Climate Change басылымында [88] климатының өзгеруі туралы зерттеулерінде Балқаш көлі алабын мұздық ағындыға тәуелді алаптардың бірі ретінде аталған. Атап айтқанда, мұздықтардың қысқаруына байланысты болашақта ағын су кем дегенде 10%-ға азаяды деп күтуге болады. Зерттеулерге сәйкес, Тянь-Шань мұздықтарының көпшілігінде судың шыңына әлі жеткен жоқ, бірақ бұл алдағы 20-30 жылда болады деп күтілуде.

2.2 Іле өзені алабының климаттық сипаттамасы

Гидрологиялық режимді қалыптастыруға әртүрлі физикалық-географиялық жағдайлардың күрделі кешені әсер етеді. Бұл факторлардың ішінде бірінші кезекте ол климат. Климат су теңдестігінің келетін бөлігін (жауын-шашын, қар жамылғысы) және топырақ ылғалдылығының булану мен транспирацияға жұмсалып мүмкіндігін анықтайды [89].

Гидрологиялық циклге климаттық факторлардың әсері аймақтықтан бастап жаһандық ауқымға дейінгі үлкен масштабтарды қамтиды. Соңғы жылдарда жаһандық гидрологиялық циклге ауа температурасының жоғарылауынан ғаламдық жылыну процесстері, атмосфералық су буының ұлғаюы және дүние жүзінде жауын-шашынның өзгеруі айтарлықтай әсерін тигізе бастады [54 б.15; 90]. Көптеген аймақтарда жауын-шашын режимінің өзгеруі немесе қар мен мұздың еруі су ресурстарына сандық және сапа жағынан әсер ететін гидрологиялық жүйелерді өзгертуде [91].

Қазақстанның географиялық орналасуын және оның кең-байтақ аумағын ескере отырып, республиканың әртүрлі аймақтарындағы климаттық өзгерістер биофизикалық жүйелерге, шаруашылық әрекетке және әлеуметтік салаларға оң немесе теріс әсер етуі мүмкін. Климаттық жағдайларды есепке алу және олардың өзгерістерін бағалау мүмкін болатын зардаптарды анықтау және уақтылы соған бейімделу шараларын қабылдау, сайып келгенде, Қазақстанның тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін қажет.

Қарастырылып отырған аумақта климат негізінен континенттік, бірақ рельеф құрылымының айырмашылығына байланысты біркелкі емес. Алаптағы жазық жерлер мен аласа таулы аймақтардың климатының негізгі ерекшеліктеріне ауа температурасының тәуліктік және жылдық үлкен ауытқуы, суық қыс және ұзақ, ыстық құрғақ жаз жатады. Оңтүстік Балқаш өңірінің шөлдері әсіресе жоғары ауа температурасымен және құрғақ климатымен ерекшеленеді. Таулы аймақтардың климаттық ерекшеліктері әркелкі. Бұл жер бедерінің биіктігі мен рельеф формаларына байланысты [59 б.16; 92].

Қысқы ауа-райы Сібір антициклонымен және циклондық белсенділіктің даму дәрежесі мен тұрақтылығымен анықталады. Әдетте Қазақстанның бүкіл аумағын қамтитын бұл шептің әсерінен қыста антициклондық (суық, құрғақ және ашық) ауа райы басым болады (орта есеппен 60-70%). Радиациялық

салқындату арқылы күшейетін ауа температурасының айтарлықтай төмендеуі, көбінесе арктикалық ауа массаларының солтүстік-батыс енулерімен байланысты суық фронттар кезінде байқалады. Қысқы жылымық (қысқа мерзімді) негізінен Орталық Азия аумағынан Каспий теңізінің оңтүстігінен енетін жылы ауа массаларымен байланысты [93].

Көктемде циркуляциялық процесстер күшейеді, яғни ол процесстер Сібір антициклонының сілемінің біртіндеп шегініп, жойылуына әкеліп, циклондық әрекеттердің өарқынды дамуына және оңтүстіктен жылы ауа массаларының енуіне ықпал етеді. Көктемгі өтпелі кезең тұрақсыз ауа райымен, яғни қызқа мерзімді аяздар мен жауын-шашынның молаюы суық енулер байланысты.

Жазғы маусымдағы ауа райы Орталық Азия термикалық депрессиясының дамуымен байланысты ыстық, аздап бұлтты болып келеді. Жаздағы жоғарғы температуралар Орталық Азиядан континенттік тропиктік ауаның келуімен және қарқынды күн радиациясының әсерінен Қазақстанның оңтүстігіндегі ауа массаларының өзгеруіне байланысты. Жаз мезгіліндегі салқын ауа-райы мен қатты жауын-шашын әдетте солтүстік суық ауа массаларының енуімен байланысты. Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігіндегі тау бөктеріндегі суық фронттардағы толқындық белсенділіктің (толқынның бұзылуы) жазғы кезеңде көбірек байқалуы желдің күшеюімен және жауын-шашын мөлшерінің артуына әкеледі [94].

Күзгі кезең Батыс Сібір антициклонының сілемінің біртіндеп дамуымен қазан-қараша айларында фронтальды процесстердің және циклондық белсенділіктің күшеюімен және басым болуымен (бірақ жауын-шашын азырақ) сипатталады.

Ауа температурасы. Ауа температурасы өзен ағындысына айтарлықтай тікелей әсер етпесе де, оның мәні өте маңызды. Ауа температурасы орташа жылдық ағынды мөлшеріне негізінен булану арқылы әсер етеді. Орташа жылдық температура өзен ағындысының әртүрлі көректену көздерінің арақатынасын және таулардағы климаттық қар сызығының орташа биіктік жағдайын анықтайды, яғни ол таулардан бастау алатын өзендердің мұздық көректену үлесін бағалау кезінде қажет болып табылады.

Іле өзені алабындағы орташа жылдық ауа температурасы жазықтар мен тауларда сәйкесінше 7,1 °С және 3,7 °С құрайды. Жазық бөлігінде жылдық орташа температура Аягөз МС-да 2,8°С-тан Шелек МС-да 9,9°С-қа дейін ауытқиды. Таулы аудандарда ауа температурасы биіктікке қарай төмендейді. Сонымен, Іле Алатауының аласа тауларында теңіз деңгейінен 1098 м биіктікте орналасқан Есік МС-да жылдық орташа ауа температурасы 8,7 °С; биік таулы ауданда, яғни теңіз деңгейінен 3017 м биіктікте орналасқан Мыңжылқы МС-да жылдық орташа ауа температурасы минус 1,7 °С.

Көбінесе 1300-1500 м биіктікке дейін байқалатын температуралық инверсияларға байланысты қыста тау етегіндегі ауа температурасы көршілес жазықтар мен биік таулы аймақтарға қарағанда біршама жоғары болады. Ауа

температурасының инверсиясы Іле Алатауының солтүстік беткейінде айқын байқалады. Тауларда қыс мезгіліндегі ауа температурасы әртүрлі және биіктікке емес, аймақтың жақындығына байланысты болуы мүмкін. Сондай ақ қыста қарастырылып отырған аумақтың оңтүстік бөлігінде, соның ішінде таулы аймақтарда жылымықтар байқалады. Ол желтоқсанда және ақпанда жиі орын алса, қаңтарда сирек және әдетте 2-3 күнге созылады, ал кейбір жылдары 7-10 күн болуы мүмкін. Қарастырылып отырған аумақ көктемде ауа температурасының өте қарқынды өсуімен сипатталады.

Ең ыстық айдың (шілде) орташа ауа температурасы жазықтықта 21,2–23,2 °С құрайды, теңіз деңгейінен биіктігінің ұлғаюымен әрбір 100 м – ге орта есеппен 0,4–0,8 °С төмендейді. Температураның төмендеуі тамыз айында басталады, бірақ солтүстік аймақтарда теріс мәндерге көшу қазанның үшінші онкүндігінде және қарашаның бірінші онкүндігінде, ал оңтүстік, тау бөктерінде – қарашаның екінші жартысында байқалады [59 б.17; 92 б.189; 93 б.21].

Атмосфералық жауын-шашын. Жылдық ағындының ұзақ мерзімді ауытқуы климаттың интегралды көрсеткіші болып табылады. Бұл ауытқулардың негізгі себебі жауын-шашын мен буланудың жылдық мөлшерінің ауытқуы болып табылады. Су теңдестігінің негізгі элементтерінің жылдық мәндерінің арасындағы байланысты көптеген ғалымдар зерттеген. Талдау нәтижесінде ылғалдың жеткілікті және шамадан тыс болуы жағдайында жылдық ағындының тұрақсыздығы негізінен жауын-шашынның өзгермешілігімен байланысты екені анықталды.

Атмосфералық жауын-шашынның жылдық орташа мөлшерінің аумақтық таралуы негізгі екі табиғи заңдылықпен анықталады: ендік зоналдылық және биіктік белдеулік. Іле өзені алабының жазық аудандарында орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 310 мм. Таулы аудандарда жылдық орташа жауын-шашын мөлшері 626 мм. Белгілі болғандай, жауын-шашынның биіктікте таралуы тау жоталарының географиялық жағдайына ғана емес, сонымен қатар беткейлердің экспозициясына, рельефтің пішініне, атмосфералық циркуляцияның ерекшеліктеріне және басқа жағдайларға байланысты. Сондықтан бір биіктікте орналасқан метеостанцияларда жауын-шашын мөлшері әртүрлі болуы мүмкін. Мысалы, Іле Алатауының солтүстік етегіндегі теңіз деңгейінен 1098 м биіктікте орналасқан Есік метеостанциясында 680 мм, Жетісу Алатауының солтүстік беткейіндегі теңіз деңгейінен 1012 м биіктікте орналасқан Лепсі метеорологиялық станциясында – 712 мм. Тау аңғарларында орналасқан Ассы және Шелек метеорологиялық станцияларда жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері салыстырмалы түрде аз (тиісінше 413 мм және 257 мм) [59 б.19; 92 б.260; 93 б.41].

Булану. Өзен алабының бетінен жалпы булану өзеннің жылдық ағындысын анықтайтын су теңгерімі теңдеуінің екінші маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Булану метеорологиялық жағдайлардың жиынтығына және булану бетінің сипатына байланысты жүретін өте күрделі

процесс. Буланушылықтан айырмашылығы, булану көбінесе аумақтың ылғалдану жағдайына байланысты. Ылғалдылығы жоғары аймақтарда жалпы жылдық булану жылу тапшылығымен, ал құрғақ аймақтарда ылғал тапшылығымен шектеледі. Бұл жалпы буланудың салыстырмалы түрде шағын кеңістіктік өзгергіштігін көрсетеді [59 б.73; 95].

Іле өзені алабында буланудың жыл ішіндегі таралуы қарашада 55 мм-ден шілдеде 355 мм-ге дейін ауытқиды. Күзде көктеммен салыстырғанда ай сайынғы жалпы буланудың мәндері біршама төмен. Таулы аймақтарға келетін болсақ, Іле Алатауында орналасқан Үлкен Алматы және Мыңжылқы метеостанцияларының мәліметтері бойынша максималды булану (GGI-3000 бойынша) тамыз айында байқалады және сәйкесінше 101 және 84 мм. Қапшағай су қоймасы аймағында Қапшағай және Қарашоқы станцияларының мәліметтері бойынша су бетінен булану сәуірде 123-153 мм, мамырда 180-187 мм, маусымда 229-235 мм, шілдеде 267-297 мм буланады, ал тамызда 240-267 мм, қыркүйекте 177-183 мм, қазанда 94-120 мм тең. Іле Алатауы жотасының тау етегіндегі аудандарында булану мәні мамырда су бетінен 140-176 мм, маусымда 185-218 мм, шілдеде 227-240 мм, тамызда 233-236 мм, қыркүйекте 165-178 мм, қазанда 96-114 мм, қарашада 92 мм тең. Бұл ауданда ең аз булану Алматы МС-да байқалады. Алматы МС-да сәуірден шілдеге дейін су бетінен булану 69-дан 122 мм-ге дейін артады, тамыздан қазанға дейін булану 69 мм-ге дейін төмендейді [59 б.74; 96, 97].

Шнитников А.В. [98] зерттеулері бойынша Балқаш көлінен булану 1400 мм/жыл, Юнусов Г.Р. [99] бойынша - 960 мм/жыл, Соседов И.С. [100] деректері бойынша көлдің батыс бөлігінде булану 952 мм/жыл, ал шығыс бөлігінде 902 мм/жыл тең. Балқаш көлінің булануының жоғары болуына жаздың жоғары температурасы, құрғақ ауа және айтарлықтай жел ықпал етеді. Ғалымдардың деректері бойынша орта есеппен Іле өзенінің жылдық ағындысынан өз атырауында 4,87 км³ су жоғалтады, бұл өзеннің орташа көпжылдық ағындысының 26% құрайды. Шығындардың негізгі бөлігі бүкіл атыраудың жартысына жуығын жабатын қамыс төсеніштерінің булануы, ал қалған шығындар өзен атырауындағы су нысандары мен ағындарының бетінен келеді [101, 102].

2.3 Зерттеу әдістері

2.3.1 Климаттың көпжылдық ауытқуын бағалау әдістері

Климаттың өзгеруін зерттеуге арналған жұмыстарда негізінен ауа температурасы мен жауын-шашынның ауытқуы зерттеледі, себебі бұл элементтерде бақылаулардың ұзақ және сенімді қатары бар. Климаттың заманауи өзгерісін статистикалық әдістерді, сызықтық тренд коэффициенттерін және параметрлік емес Манн-Кендалл тестін және Сен көлбеуін қолдану арқылы бағаланды.

Метеорологиялық уақыттық қатарлардың ішкі динамикасын зерттегенде, көбінесе сызықтық немесе параболалық тенденция түрінде

уақыттық қатарлардағы өзгерістерде трендтің болуын анықтау қажет [103]. Сызықтық трендті бағалаудың ең жүйелі әдісі Поляк И. И. [104, 105] еңбектерінде сипатталған, мұнда сызықтық трендті бағалау үшін тәуелсіз бақылаулар үшін ең кіші квадраттар әдісін қолдану ұсынылады. Сызықтық қатынас жағдайында қажетті регрессия теңдеуі төмендегідей:

$$y_i = ax_i + b, \quad (1)$$

мұндағы a – зерттелетін шаманың өзгеру жылдамдығын сипаттайтын сызықтық тренд коэффициенті; x_i – уақыт, жыл; b – уақыттың бастапқы моментіндегі қатардың деңгейі.

Бұл әдістің мәні a және b есептелген параметрлерді анықтау болып табылады, бұл кезде (1) формула бойынша есептелгеннен y_i бақыланатын мәндерінің квадраттық ауытқуларының қосындысы минималды мәнге ие болады [106].

Манн-Кендалл тесті климатологиялық және гидрологиялық уақыт қатарларының тенденциясын талдау үшін кеңінен қолданылатын статистикалық параметрлік емес сынақ болып табылады. Бұл тестті қолданудың екі артықшылығы бар. Біріншіден, бұл мәліметтердің қалыпты таралуын қажет етпейтін параметрлік емес тест. Екіншіден, тест уақыт қатарының әртектілігіне байланысты үзілістерге сезімталдығы төмен [107]. Бұл сынаққа сәйкес H_0 нөлдік гипотезасы ешқандай трендті көрсетпейді (деректер тәуелсіз және кездейсоқ реттелген) және бұл трендтің болуын болжайтын H_1 балама гипотезасына қарсы тексеріледі. Манн-Кендалл тесті үшін есептеу тәртібі n деректер нүктесінің уақыт қатарын және T_i мен T_j екі деректер жиыны ретінде қарастырады, мұнда $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$ және $j = i+1, i+2, i+3, \dots, n$. Мәндер реттелген уақыт қатары ретінде бағаланады. Әрбір мән барлық келесі мәндермен салыстырылады. Кейінгі уақыт кезеңіндегі мән бұрынғы уақыт кезеңіндегі мәннен жоғары болса, S статистикасы 1-ге артады. Егер кейінгі уақыт кезеңіндегі мән бұрынғы үлгісінің мәнінен төмен болса, S 1-ге азаяды. Барлық осындай өсулер мен азайтулардың таза нәтижесі S -тің соңғы мәні болып табылады [108]. Манн-Кендалл S -статистикасы келесідей формуламен есептеледі:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

$$\operatorname{sgn}(T_i - T_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (T_j - T_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (T_j - T_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (T_j - T_k) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

мұндағы T_j және T_i сәйкесінше j және i , $j > i$ жылдарындағы жылдық мәндер.

Егер $n < 10$ болса, $|S|$ мәні тікелей Манн мен Кендалл алған теориялық үлестірім S -мен салыстырылады. Белгілі бір ықтималдық деңгейінде, егер S абсолюттік мәні берілген $S\alpha/2$ мәніне тең немесе одан үлкен болса, H_0 H_1 пайдасына ауытқиды, мұндағы $S\alpha/2$ - пайда болу ықтималдығы $\alpha/2$ -ден аз ең кіші S , яғни тренд болмаған жағдайда. S оң (теріс) мәні жоғары (төмен) трендті көрсетеді.

S -статистикасы үшін дисперсия (σ^2) келесі формуламен анықталады:

$$\sigma^2 = \left[\frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)}{18} \right] \quad (4)$$

мұндағы t_i i экстендтегі байланыстардың санын білдіреді. Z_s стандартты тест статистикасы келесідей есептеледі:

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma} f \text{ or } S > 0 \\ 0 f \text{ or } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma} f \text{ or } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Z_s тест статистикасы трендтің маңыздылығы ретінде қолданылады. Шын мәнінде, бұл тест статистикасы нөлдік H_0 гипотезасын тексеру үшін қолданылады. Егер Z_s $Z\alpha/2$ -ден үлкен болса, онда α таңдалған маңыздылық деңгейін білдіреді (мысалы: 5% $z_{0.025} = 1.96$), онда нөлдік гипотеза жарамсыз, яғни тенденция маңызды [107, 108].

Сен [109] n мәндер жұптарының үлгісінде трендтің көлбеуін бағалау үшін параметрлік емес тәртібін жасады. Сен әдісі трендтің көлбеуін бағалау үшін сызықтық модельді қолданады, ал қалдық дисперсиясы уақыт өте келе тұрақты болуы керек және келесідей есептеледі:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \text{ for } i = \dots n \quad (6)$$

мұндағы x_j және x_k — сәйкесінше J және k уақыт жағдайындағы мәліметтер мәні ($j > k$).

Q_i -нің n мәндері ең кішіден ең үлкенге қарай реттелген, ал медиандық көлбеу немесе Сен көлбеуі келесідей есептеледі:

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{\left[\frac{n+1}{2}\right]} \\ \frac{Q_{[n/2]} + Q_{[(n+2)/2]}}{2} \end{cases} \begin{matrix} \text{if } n \text{ is odd} \\ \text{if } n \text{ is even} \end{matrix} \quad (7)$$

Q_{med} белгісі мәліметтердің трендін көрсетеді, ал оның мәні трендтің тіктігін көрсетеді. Медиананың көлбеуі статистикалық түрде нөлден өзгеше

екенін анықтау үшін белгілі бір ықтималдықта Q_{med} сенімділік интервалын алу қажет. Уақыт көлбеуіне қатысты сенімділік интервалын келесідей есептеуге болады:

$$C_{\alpha} = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{Var(S)} \quad (8)$$

мұндағы $Var(S)$ (4) теңдеуде анықталған және $Z_{1-\alpha/2}$ стандартты қалыпты таралу кестесінен алынған. Q_{med} көлбеуі статистикалық түрде нөлден ерекшеленеді, егер екі шектің (Q_{min} және Q_{max}) белгісі бірдей болса.

2.3.2 Су ресурстарын бағалаудың әдістемелік негіздері

Көптеген отандық және шетелдік зерттеушілер әр кезеңдерде су ресурстарын бағалаудың әртүрлі әдістерімен айналысқан. Мәселен, Санкт-Петербург МГИ мектебі кеңінен танымал, оның ғалымдарының зерттеу нәтижелері ТМД-дағы гидрологиялық есептеулердің барлық дерлік әдіснамалық тәсілдері мен ережелеріне негіз болды [110-118].

Қазақстан аумағында су ресурстары толық көлемде зерттелген, оның ішінде П. Ф. Лаврентьевтің, В. Л. Шульцтің, И. Н. Тепляковтың [119, 120] жұмыстары белгілі. И.С. Соседовтың еңбектерінде Қазақстанның су ресурстарының мәселелері қаралды [68 б.154; 83 б.135]. О.П. Щеглова, З. Т. Беркалиев, А. Ф. Литовченко, И. С. Соседов, Л. А. Емельянова, Р. И. Гальперин, Ж. Д. Достаев, Л. П. Мазур [65 б.102; 66 б.148; 67 б.120; 72 б.34] және т. б. еңбектерде әртүрлі заңдылықтар мен есептеу әдістері қарастырылған. Гидрологиялық ақпаратты бағалаудың статистикалық әдістеріне келетін болсақ, С. К. Давлетғалиевтің әзірлемелері ең танымал болып табылады [121]. Климаттың қазіргі өзгерістерін және антропогендік жүктемелерді ескере отырып, су ресурстарын бағалау мәселелері, сондай ақ ұзақ мерзімді перспективаға арналған сценарлық болжамдар ҚР География Институтының жетекші отандық гидрологтары жүргізген зерттеулерінде көрсетілген (С. К. Давлетғалиев, Ж. Д. Достай, Р.И. Гальперин, М. М. Молдахметов, С. К. Әлімқұлов және т. б.) [122-127].

20-ғасырдың басында гидрологиялық мәліметтердің жеткіліксіздігі салдарынан өзен ағындысының ресурстарын бағалау толық метеорологиялық ақпаратты пайдалануға негізделген. Бағалаулар өзен ағындысының метеорологиялық факторларға, ең алдымен атмосфералық жауын-шашынға тәуелділігін анықтау негізінде немесе жауын-шашын мен булану жылдамдығын су балансының теңдеуінен тікелей есептеу арқылы жүргізілді.

Негізінен гидрологиялық желіні дамыту арқылы су ресурстарын бағалау нақтырақ. Бағалаулардың сенімділігі гидрологиялық бақылаулар желісін дамытуға тікелей байланысты. Сондай-ақ кейіннен пайда болған карталау әдісі де далалық өлшемдердің материалдарына толығымен тәуелді болды.

Жоғарыда аталған әдістермен қатар, регрессия және факторлық талдау әдістері, кейде сызықтық теңдеулер әдісі қолданылады. Біріншісі метеорологиялық факторлардан өзен ағынының регрессиялық теңдеулерін

құрудан тұрады, екіншісі факторларды тікелей емес, олардың ерекшеліктерін іздеу арқылы қарастырады.

Ағындының сызықтық теңдеулер әдісі алаптың су ресурстарын оның жеке өзендерінің ағынды көрсеткіштері арқылы бағалауға мүмкіндік береді. Сызықтық теңдеулердің коэффициенттерін анықтау кезінде келесі әдістердің бірін қолдану ұсынылады: өзеннің ағындысының жылдамдығын оның ұзындығы бойынша интерполяциялау, картаны пайдалана отырып, зерттелмеген аумақтан ағындыны бағалау, гидрологиялық үйлестік әдісін қолдана отырып қалыпты ағындыны анықтау.

Сонымен бұл жұмыста, жоғарыда аталған әдістерді ескере отырып, өзен ағындысы ресурстарын бағалау алгоритмі төмендегідей:

✓ Гидрологиялық бекеттер бойынша өзендер жылдық ағындысы қатарын қалпына келтіру (реконструкция) және оларды есептік кезеңге есептеу:

– зерттелген өзендердің жылдық ағынды қатарын қалпына келтіру;

– аз зерттелген өзендерде жылдық ағынды қатарын қалпына келтіру.

✓ Алынған қатарлар бойынша негізгі гидрологиялық сипаттамаларды бағалау орташа көпжылдық су өтімі (Q_0), вариация коэффициенті (C_v), асимметрия коэффициенті C_s ;

✓ Гидрологиялық бекеттердің бақыланған мәліметтері бойынша аймақтық байланыс қисықтарын тұрғызу;

✓ Сушаруашылық учаскелер бойынша зерттелген аумақтар бойынша көпжылдық ағынды нормасын есептеу (ГБ мәліметтері негізінде);

✓ Сушаруашылық телімдер бойынша зерттелмеген аумақтар бойынша көпжылдық ағынды нормасын есептеу (қарым-қатынас әдісі бойынша);

✓ Әртүрлі қамтамасыздықтағы өзен ағындысы ресурстарын бағалау (5 %, 25 %, 50 %, 75 %, 95 %).

Су ресурстарын бақылау қатарының ұзақтығы кемінде 5 жыл болатын деректер негізінде бағаланады. Қолда бар ақпаратқа сәйкес бекеттердегі бақылаулар жиі үзілген немесе адам іс-әрекеті салдарынан бұзылған қатарлар болуы мүмкін, сол себепті ағынды мәндерін қалпына келтіру мәселесі туындайды.

Жылдық ағынды қатарын қалпына келтіру. Бақылаудың тірек бекетін таңдау кезінде бақылаулардың үздіксіздігіне және жыл сайынғы ағынды қатарлардың репрезентативтілігіне назар аударылады. Әрбір учаскеден кем дегенде бір тірек бекетін алу керек, ондай бекет болмағанда кейбір жағдайларда шамалы толық емес (1-3 жыл) уақыттық қатары бар бекеттер таңдалады. Қатарлардың біртектілігін тексеру 5% маңыздылық деңгейіне арналған гидрологиядағы ең көп таралған Фишер, Стьюдент және Вилкоксонның статистикалық критерийлері бойынша жүргізіледі. Алғашқы екеуі параметрлік, соңғысы параметрлік емес [110 б.4; 112 б.18].

t – Стьюдент критерийі екі ортаның теңдігін тексеру үшін қолданылады, ол келесі формула бойынша анықталады:

$$t = \frac{x_{cp} - y_{cp}}{\sqrt{n_x \delta_x^2 + n_y \delta_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (9)$$

мұндағы t – Стьюдент критерийі; x_{op}, y_{op} – екі таңдаманың орташалары; n_x, n_y – ең таңдаманың бақылау қатарларының саны; δ_x^2, δ_y^2 – екі таңдаманың дисперсиясы; $(n_x + n_y - 2)$ – Стьюденттің еркін таралу дәрежесінің саны, k деп белгілеуге болады.

Алдымен t критерийі есептеледі, содан кейін маңыздылық деңгейі мен еркіндік дәрежесінің санына байланысты $t_{крит}$ критикалық мәні бар арнайы кестелер бойынша салыстырылады. Маңыздылық деңгейі, басқаша айтқанда, гидрологиялық есептеулердегі қателік ықтималдығы әдетте 5% деп алынады. Егер $t < t_{крит}$ болса, онда қатар біртекті болады. Егер $t > t_{крит}$ болса, онда қатар біртекті емес.

F – Фишер критерийі екі дисперсияның теңдігін тексеру үшін қолданылады. Фишер таралу параметрлері екі еркіндік дәрежесі: $k_1 = n_x - 1$ және $k_2 = n_y - 1$.

F келесі формуламен анықталады:

$$F = \frac{\delta_x^2}{\delta_y^2} \quad (10)$$

Мұнда да егер $t < t_{крит}$ болса, онда қатар біртекті болады. Егер $t > t_{крит}$ болса, онда қатар біртекті емес [111 б.79].

Параметрлік емес критерийлер реттік емес (ранг) және екі эмпирикалық таралу функциялары арасындағы айырмашылық негізіндегі критерийлер болып бөлінеді. Бірінші жағдайда бұл ығысу гипотезасы тексерілетін параметрлік емес ығысу критерийлері, соған сәйкес екі үлгінің таралулары бірдей пішінге ие және тек ығысу кезінде тұрақты шамамен ерекшеленеді. Гидрологиядағы ең көп тараған параметрлік емес критерийлер Вилкоксон, Диксон, Смирнов-Груббс, Колмогоров-Смирнов критерийлері болып табылады, олардың толық сипаттамасы [111 б.84; 112 б.108] берілген.

Аналог бекетті таңдау кезінде негізгі критерий жұптық немесе көптік корреляция коэффициенті арқылы көрсетілетін есептік бекет пен аналог бекет өзен ағындысының ауытқуларындағы синхрондылық болып табылады [110 б.10; 111 б.41]. Бұл жағдайда келесі шарттар сақталуы керек:

$$n' \geq (6-10), R \geq R_{кр}; R / \sigma_R \geq A_{кр}; K / \sigma_K \geq B_{кр}, \quad (11)$$

мұндағы n' – берілген нүктедегі және ұқсас нүктедегі бірлескен бақылаулар жылдарының саны (бір ұқсас нүктемен $n' \geq 6$, екі немесе одан да көп ұқсас нүктемен $n' \geq 10$);

R – зерттелетін өзен ағындысының мәндері мен аналог нүктедегі ағындының мәндері арасындағы жұптық немесе көптік корреляция коэффициенті;

K – регрессия теңдеуінің коэффициенті;

σ^k – регрессия коэффициентінің орташа квадраттық қатесі;

$R_{кр}$ – жұптық немесе көптік корреляция коэффициентінің критикалық мәні (әдетте $\geq 0,70$ қабылданады);

$A_{кр}$, $V_{кр}$ сәйкесінше R / σ_R және K / σ_k қатынасының критикалық мәндері болып табылады (әдетте $\geq 2,0$ мәні қабылданады).

Бір аналог нүкте арқылы жылдық ағындының мәндерін қалпына келтіру үшін келесі түрдегі регрессия теңдеуі қолданылады:

$$Q = K_1 Q_a + K_0, \quad (12)$$

Екі аналог нүктемен үш айнымалысы бар регрессия теңдеуі қолданылады:

$$Q = K_1 Q_{a1} + K Q_{a2} K_2 + K_0. \quad (13)$$

Орташа көпжылдық ағынды картасын құру. Ағынды карталарын құру үшін біз тірек гидробекеті ағындысының орташа көпжылдық мәндерін және олардың талдауы негізінде алынған $h=f(H)$ су жинау алабының орташа салыстырмалы биіктігіне ағынды қабатының аймақтық байланысын қолдандық. Изосызықтар жер бетінің салыстырмалы түрде тұрақтылығында орташа көпжылдық ағынды аймақтық таралуы бар климаттық факторлардың функциясы болып табылады деген ұстанымға негізделген.

Осылайша, әрбір алаптың орташа көпжылдық ағынды (h , ағынды қабаты) су жинау алабының орташа салыстырмалы биіктігіне сәйкес келетін көлденеңге жатқызылады. Тау бөктеріндегі шағын ағындардағы материалдар карта жасау үшін пайдаланылмады, олардың ағындысы азоналды факторлармен анықталады. Әрі қарай, изосызықтар гидробекеттегі нақты мәліметтер негізінде түзетілді, басқаша айтқанда, зерттелген су жинау алабы үшін нақты және карта негізінде алынған ағындының мәні салыстырылды. Олардың айырмасы 5%-дан асқан кезде осы өңірлерге негізінен солтүстік-батыстан келетін ылғал массаларына қатысты рельефтің, орографияның, тау баурайларының ерекшеліктері қарай қосымша зерттелді. Содан кейін изосызықтарға түзету жүргізілді.

Ағындының орташа көпжылдық мәндерін есептеу. Ағындыны бағалауды есептеу үшін жеке зерттелген (нақты бақылаулармен қамтылған) және зерттелмеген (бақылаулармен қамтылмаған) учаскелер бөлінді. Зерттелген учаскелер бойынша ағындыны есептеу (ГБ деректері негізінде) белгілі бір аумақ бойынша су жинау алабындағы барлық өзен ағындыларын қосатын тұйықталған тұстамалар бойынша жүргізіледі. Гидробекетті таңдау нақты өзеннің немесе өзен алабының арналық су теңгерімін талдау (бірнеше өзендерде гидробекет болған кезде) және олардың ағынды шамаларын салыстыру негізінде жүзеге асырылды.

Зерттелмеген учаскелер үшін жыл сайынғы мәндер зерттелмеген (есептік) және зерттелген (ұқсас) учаскелердегі модульдік коэффициенттердің шамамен теңдігіне негізделген қатынастар әдісімен есептелген. Сонымен, зерттелмеген учаске ағындысының жылдық мәндерін есептеу шамамен алынған:

$$Q_{\text{зерт}} \approx Q_{\text{ГБ}} (Q_{\text{зерт}} / Q_{\text{ГБ}}), \quad (14)$$

мұндағы $Q_{\text{зерт}}$ және $Q_{\text{ГБ}}$ - тиісінше зерттелмеген (есептік) учаскедегі және зерттелген ГБ өзен ағындысының жыл сайынғы (і-ші) мәндері;

$Q_{\text{зерт}}$ және $Q_{\text{ГБ}}$ - зерттелмеген (есептелген) учаскедегі және зерттелген ГБ ағындысының орташа көпжылдық мәні.

Мұнда ұқсас ГБ ретінде судың қалыптасу шарттары ұқсас жеке немесе бірнеше ГБ алуға болады. Егера ағындысының жыл сайынғы қатарлары бар ГБ болмаған жағдайда ұқсас ГБ ретінде жақын маңдағы аумақтық аудандардың ГБ деректері алынды.

Су шаруашылығы учаскелері мен су шаруашылығы алаптарының шегіндегі өзен ағындысына шаруашылық іс-әрекеттің әсерін анықтау. Антропогендік факторларды ескере отырып, өзен ағындысының қазіргі өзгеруін бағалау арналық су теңдестік әдісі бойынша орындалды [128, 129]. Антропогендік әсерді анықтау үшін негізінен өзен бойындағы тірек гидробекеттердегі ағындының көп жылдық ауытқуын (шартты-табиғи және шартты-бақыланған) зерттеуге негізделген гидрологиялық ұқсастық әдісі қолданылады. Өкінішке орай, гидрологиялық ұқсастық әдісі табиғи факторлар мен антропогендік факторлардың әрбір құрамдас бөлігін талдамай, өзеннің табиғи гидрологиялық режимінің бұзылуының жалпы көрінісін ғана көрсете алады.

Сондықтан, жаңғырмалы су ресурстарына әсер ететін белгілі бір факторларды анықтау үшін біз арналық су теңдестік әдісін және суды пайдалану туралы статистика мәліметтерін қолдана отырып, қайтарымсыз су тұтыну коэффициентін қолдандық.

Қайтарымсыз су тұтыну коэффициентін енгізу тәсілі экономиканың әрбір саласының су ресурстарын пайдаланудағы үлесін неғұрлым дұрыс көрсетуге мүмкіндік береді. Аймақтың географиялық, климаттық ерекшеліктерін, ауыл шаруашылығы дақылдарының суару нормаларын зерттей отырып, сондай-ақ [130] зерттеулерге сәйкес шаруашылық іс-әрекеттің әр түрлі салалары үшін қайтарымсыз су тұтыну коэффициенттері қабылданды.

Арналық су теңдестік әдісі су жинау мен су тастауды жеке есепке алуды және антропогендік өзерістер орын алатын өзен алабы немесе арнаның учаскесіндегі су теңдестік элементтерінің өзгеруін бағалауды көздейді. Сонымен қатар, шаруашылық іс-әрекеттің сандық рөлі табиғи жағдайда және антропогендік әсер ету кезінде қарастырылатын учаскелердің су теңдестік элементтерінің айырмашылығымен бағаланады. Әдістің артықшылығы

жекелеген ағынды қалыптастырушы факторлардың өзгеруін егжей-тегжейлі есепке алу, су жинау алабындағы шаруашылық іс-әрекеттердің физикалық мәнін түсіндіру және су пайдалану туралы жеткілікті эксперименттік мәліметтер (су алу, әртүрлі экономика салалары бойынша суды пайдалану және т.б.) кезінде антропогендік фактордың жеке-жеке рөлін бағдарлы бағалауға мүмкіндік береді.

Арналық су теңдестік әдісінің негізгі мақсаты оның элементтерін сандық бағалау және жер беті мен жер асты суларының өзара әрекеттесуімен ерекшеленетін өзен учаскелерін анықтау болып табылады, бірақ ол өзен арнасындағы жекелеген гидробекеттерде антропогендік өзгерістер туралы деректер болған кезде жасалуы мүмкін.

Қарастырылып отырған алаптың аумағы үшін арналық су теңдестік әдісінің қарапайым теңдеуі төмендегідей:

$$W_T = W_{ж} + W_{ж.а} + W_{ж-ш} - W_{бул.} \pm W_{ж.а.с} \pm \Delta V_{су қ.}, \quad (15)$$

где: W_T - есептік кезеңдегі төменгі гидробекеттегі ағындының көлемі, млн. м³;

$W_{ж}$ - жоғарыда орналасқан учаскелерден есептік кезеңде түсетін ағындының көлемі, млн. м³;

$W_{ж. а}$ - табиғи және шаруашылық іс-әрекеттерді ескергендегі, есептік кезеңдегі негізгі өзен арнасына немесе су қоймасына келетін жанама ағындар, млн. м³;

$W_{ж-ш.}$ - есептік кезеңдегі негізгі өзен мен су қоймаларының бетіне түсетін жауын-шашын мөлшері, млн. м³;

$W_{бул.}$ - есептік кезеңдегі негізгі өзеннің және негізгі өзенде орналасқан су нысандарының булану шығындары, млн. м³;

$W_{ж.а.с.}$ - негізгі өзеннің жер асты суларымен байланысы, млн. м³;

$\pm \Delta V_{су қ.}$ - негізгі өзенде орналасқан есептік кезеңдегі су қоймасын пайдалану немесе толтыру, млн. м³.

W_T , $W_{ж}$ бастапқы көп жылдық гидрологиялық ақпарат ретінде қарастырылатын тұстамадағы көп жылдық бақыланған ағынды қатары қабылданады. Өзендердің табиғи режимін айтарлықтай бұзатын, қарқынды дамыған шаруашылық қызметі бар өзен алаптарындағы ағынды көлемінің мәніне түзету енгізіледі, яғни алаптағы бастапқы өзен мен шаруашылық әсер етпеген ұқсас өзендегі ағынды көлемінің орташа жылдық мәндері арасында байланыс табу жолымен алынады.

Учаскедегі табиғи жағдайдағы $W_{ж.а}$ жанама ағынды көлемі, негізгі өзендегі атмосфералық жауын-шашынның, булану мен жер асты суының өзгерісін есепке ала отырып, өзен ағындысының төменгі және жоғарғы гидробекеттерінің аралығындағы орташа көпжылдық ағынды көлемінің айырмасы ретінде бағаланады. Учаскеде шаруашылық іс-әрекет болған кезде есептік кезеңде су қоймалары көлемінің өзгеруі (егер бар болса) қосымша ескеріледі. Оның формуласы келесідей:

$$W_{\text{ж.а.}} = \Delta W_{\text{тж}} - W_{\text{ж-ш.}} + W_{\text{бул.}} \pm W_{\text{ж.а.с.}} \pm \Delta V_{\text{с.к.}}, \quad (16)$$

Атмосфералық жауын-шашын мен булану мәндері әр учаске үшін метеостанция мәліметтерінің "География институты" ЖШС әзірлеген жауын-шашын мен булану қабаты карталарының негізінде алынған мәліметтерге қатынасы ретінде алынды.

Көптеген өзендердің су теңдестігін жасау кезінде жер асты суымен қоректенуі $W_{\text{ж.а.с.}}$ туралы мәліметтер өте маңызды шаманы құрайды, яғни оны анықтау ол күрделі процесс болып табылады. Гидрогеологиялық зерттеулерді және басқа да әдістерді талдай отырып [131, 132] бұл жұмыста өзендердің жер асты суларымен қоректену үлесін бағалау гидрографты талдау әдісі арқылы жүргізілді, бірақ бұл әдіспен өзендердің қоректенуінде жер асты ағындысының үлесін бөлу нақты мәліметтерді бермейді, тек оның үлесін шамамен көрсете алады.

Су қоймаларын пайдалану немесе толтыру $\Delta V_{\text{с.к.}}$ есептік кезең үшін "Қазгидромет" РМК-ның су қоймалардың көлемі туралы ресми деректерін есептік кезеңнің жыл санына бөлу арқылы есептелінді.

2.3.3 Су ресурстарын болжамдық бағалаудың әдістемелік негіздері

Су ресурстарын ұзақ мерзімге болжау халықты және экономика салаларын кепілдендірілген сумен қамтамасыз ету жөніндегі шараларды негіздеу үшін аса қажет. Осы уақытқа дейін мұндай бағалау әдістері өзен ағынының сипаттамаларын ұзақ мерзімді бақылаулардың статистикалық талдау нәтижелеріне, олардың ұзақ мерзімді өзгерістерінің стационарлылығын болжауға негізделген. Қазіргі кездегі және күтілетін климаттық, антропогендік өзгерістерге байланысты болашақта су ресурстарын бағалаудың жаңа тәсілдерін әзірлеу қажет.

Сондай-ақ су шаруашылығы, мелиоративтік, ирригациялық, қала құрылысы және басқа да су шаруашылығы нысандарын салу және пайдалану салаларында да су ресурстарының ұзақ мерзімді болжамдарының үлкен экономикалық, экологиялық және әлеуметтік маңызы бар.

Бірақ қазіргі уақытта әлемде 1-5 жыл және одан да көп уақытты құрайтын су ресурстарын болжаудың бірыңғай әдістемесі жоқ. Өкінішке орай, ғылымның қазіргі даму деңгейі әлі ұзақ сенімді болжам жасауға мүмкіндік бермейді. Біз тек ықтимал «сценарийлер» және ықтималдық болжам туралы айта аламыз. Ағынды қалыптастыру процестерінің көп факторлы сипатына байланысты болжам, негізінен, ықтималдық түрінде ғана мүмкін болады.

Ұзақ мерзімді болжамды бағалауда кез келген әдістерді қолданудың практикалық жағын қарастыру қажет, яғни, ол болжауға негіз болатын предикторларға байланысты. Табиғи су ресурстарын болжау барысында, оны қалыптастыратын негізгі предикторлар ретінде метеорологиялық параметрлер алынады (атмосфералық жауын-шашын және ауа

температурасы). Бұл талаптарға біршама жақын деп алуға болатын атмосфера және мұхит арасындағы жалпы айналым үлгілірі (АМЖАҮ) болып табылады. Көптеген ғалымдардың АМЖАҮ-5 жаһандық климат үлгісінің ансамбльдік есептеулеріне негізделген жұмыстарды атап өтуге болады [23 б.70, 133-138].

Атмосфералық зерттеулер ұлттық орталығының (NCAR) климат өзгерістерінің жаңа кешенді зерттеуіне сәйкес, осы ғасырдың соңына қарай Солтүстік жарты шардың қары басым аймақтарында су ресурстары барған сайын құбылып, болжау қиындай түсетінін алға тартады [139]. Зерттеу тобы жауын-шашынның мөлшері шамамен бірдей аймақтарда өзен ағындысы құбылмалы және болжау қиындығын атап өтті. Көптеген елдерде өзен ағындысын реттеу және болжау үшін қыста қардың жиналуына және көктемде және жазда оның еруіне сүйенеді. Ал қазір ғалымдар ауа температурасының күрт жоғарлауы салдарынан [135 б.405; 136 б.7; 137 б.189] көпжылдық мұз қабатының жұқарып, қар ерте еритінін ескертуде, сондай ақ суық айларда жауын-шашын қардың орнына жаңбыр түрінде жауады және көктемгі су тасу уақыты өзгерген.

Қар жамылғысының азаюы су ресурстарының өзгермелілігіне қалай әсер ететінін анықтау үшін Wieder және бірлескен авторлар [140] Community Earth System Model Version 2 моделін қолданған. Зерттеу нәтижелеріне сәйкес 2100 жылға қарай жер шарының көп бөлігінде ағындының уақытында және көлемінде біршама өзгерістер болатынын көрсетті. Солтүстік жарты шарда парниктік газдардың салдарынан температураның өсуін ескере отырып, жыл сайын қарсыз күндер саны артатынын болжайды. Ең үлкен өсу салыстырмалы түрде жылы болып табылатын орта ендіктерде және теңіз мұзының өзгеруі әсер ететін жоғары ендік теңіз аймақтарында болады деп күтілуде.

Қарастырылып отырған Іле өзені алабының бірнеше өзендерінің негізгі қоректену қоры қар және мұздықтар екені белгілі, яғни Іле және Жетісу Алатауының мұздық жүйелері болып табылады [87 б.24; 141]. Академик Северский И.В басшылығымен География және су қауіпсіздігі институтында қазіргі кездегі жүргізіліп жатқан мұздықтардың қазіргі және келешектегі жағдайы туралы кешенді зерттеулері біздің еліміз үшін аса маңызды [142, 143]. Зерттеу нәтижелері кейбір жылдардағы Орталық Азиядағы мұздықтардың оң массалық балансына қарамастан, олардың соңғы 60 жылдағы өзгерістерінің жалпы тенденциясы қысқарғанына күмән келтірмейді. Сонымен бірге, Орталық Азиядағы мұздықтардың деграация қарқыны әлемдегі ең жоғары көрсеткіштердің бірі болып табылады. Соңғы 60 жылда Іле-Алатау мұздықтары, сондай-ақ Орталық Азияның басқа да сыртқы тау жоталары ауданы бойынша жылына орта есеппен 0,73–0,76%-ға және жылына шамамен 1%-ға қысқаруда. Егер де температураның өсі жалғасатын болса, зерттеу нәтижелерге сәйкес Солтүстік Іле мұздық жүйесінің мұздықтарының басым көпшілігі осы ғасырдың соңына қарай (2080-2085 жж.) және Жетісу Алатауының оңтүстігіндегі мұздану,

анықталған деградация жылдамдығын $2,2 \text{ км}^2/\text{жыл}$ ($0,97\%/\text{жыл}$) сақтай отырып - 2060 жылға қарай жойылып кетуі мүмкін. Кейбір өзендерде мұздықтардың еруі салдарынан өзен ағындысының артуы байқалады, яғни бұл құбылыс мұздық ағындының максималды еру деңгейі өткеннен кейін кері жүруі мүмкін [141 б. 42; 143 б.1133; 144 б.257].

Жазықтық аудандарда температураның өсі таулы аудандармен салыстырғанда біршама жоғары, бұл жағдайда булану шамасы артуы салдарынан өзен ағындысы азаю қаупі туындайды. Яверт Н. [145] пайымдауынша бұл өз кезегінде барлығына әсер етеді, яғни жылдық гидрологиялық циклге және оның салдары судың жетіспеушілігіне әкелетін төтенше жағдайлар құрғақшылыққа, ал оның артығы – су тасқынына. Су ресурстарындағы өзгерістерді болжау үшін су теңдестігі әдісін қолданудың мысалы ретінде Гопченко Е.Д. және Loboda N.S [146]. Л.Турктің [147] су-баланс моделі ерекше назар аударуды қажет етеді.

Су ресурстарын ұзақ мерзімді болжамына тек қана климаттық факторлар емес, сондай ақ халық санының өсуі және экономиканың қарқынды дамуы салдарынан антропогендік факторлардың да үлесі артпақ. Гидрологиялық циклге әсер ететін басым факторды анықтау тақырыбына арналған көптеген жұмыстар бар, мысалы, Долл мен Дж. Чжан зерттеулерінде [148] 2050 жылдарға қарай климаттың өзгеруінің әсері су алу және бөгеттердің ағынды режимдеріне әсерімен салыстырылады. Авторлар 21 ғасырдың ортасында антропогендік әрекетке қарағанда өзен ағыны климаттың өзгеруіне көбірек әсер етеді деп күтілуде. Сондай-ақ [149] климаттың өзгеруінің әсері қазіргі антропогендік әсерлермен өзара әрекеттеседі және осылайша өзен ағындысына қосымша қысым түсіреді делінген. [150] жұмыста климаттық және антропогендік факторлардың ағындыға бір бағытты, оны көбейтетін немесе азайтатын және қарама-қарсы бағытта әсер ететіні көрсетілген. Шаруашылық іс-әректің өзен ағындысына әсерін болжау өте күрделі міндет болып табылады, себебі, біріншіден, су жинау алабында бір мезгілде көптеген шаруашылық әрекеттердің факторлары болуы мүмкін, екіншіден, антропогендік өзгерістер ағындының табиғи факторларымен қабаттасады; үшіншіден, әр түрлі шаруашылық қажеттіліктерге пайдаланатын суды тікелей алу мен ағызуды толық есепке алу туралы сенімді деректер және су алаптары шегіндегі шаруашылық қызметтің уақытын, масштабын және қарқындылығын сипаттайтын жеткілікті толық ақпарат өте аз [151].

Жоғарыдағы тұжырымдарды зерделей отырып су ресурстарын ұзақ мерзімге болжау мақсатында диссертациялық жұмыста келесі әдістер қарастырылады:

- климаттық сценарийлер негізінде өзен ағындысы ресурстарын ұзақ мерзімге болжаудың статистикалық тәуелділік әдісі (RCP 4.5 және RCP 8.5)
- өзен ағындысы мен жауын-шашынның бірлескен статистикалық үлгісі арқылы өзен ағындысын ұзақ мерзімге болжау (канондық жіктеу әдісі)
- антропогендік факторларды ескере отырып, өзен ағындысын ұзақ мерзімге болжау

Климаттық сценарийлер негізінде өзен ағындысы ресурстарын ұзақ мерзімге болжаудың статистикалық тәуелділік әдісі (RCP 4.5 және RCP 8.5). Климаттық факторларға негізделген су ресурстарының болашақ жағдайын сандық бағалау үшін ағынды мен метеорологиялық факторлар арасындағы статистикалық тәуелділік әдісі қолданылды. Бұл жұмыста АМЖАҰ парниктік газдардың өсу қарқынына негізделген RCP 4.5 және RCP 8.5 сценарийлері қолданылады. Олардың толық сипаттамасын [152, 153] табуға болады.

Метеорологиялық мәліметтер арнайы жасалған бағдарламаның көмегімен $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ (немесе 25×25 км) рұқсат етілген көлемде бір торға интерполяцияланады. Жаһандық климаттың әрбір моделінің есептік деректері ауаның максималды және минималды тәуелділік температурасы бойынша, сондай-ақ жауын-шашынның айлық мөлшері бойынша интерполяцияланады. Осылайша, әрбір болжамдық сценарий үшін тарихи және болжамды кезеңдерге арналған 21 модельге арналған тор деректерін қамтитын бастапқы ақпараттың деректер базасы құрылады. Интерполяция қарапайым жолмен жүргізілді: әрбір нақты тор торабына ең жақын үлгі мәні тағайындалды. Әрі қарай, өзеннің немесе су шаруашылығы учаскесінің әрбір гидрологиялық учаскесі үшін су жинау алабының әр түрлі бөліктерінде орналасқан және қолданыстағы метеорологиялық станциялардың жағдайын, орташа биіктігін немесе су жинау алабының геометриялық орталығын ескере отырып, бірнеше координаталық нүктелер таңдалынып, ағынды мен метеорологиялық элементтер арасындағы байланыстар үш-алты нүкте арасында тексеріліп, ең жақсы байланыстар таңдалады [154].

Өзен ағындысының сценарийлік болжамдық мәндері алынған регрессия теңдеуіне метеорологиялық параметрлердің болжамдық мәндерін ауыстыру арқылы есептеледі. Ауа температурасының болжамдық мәндері күтілетін және ағымдағы ұзақ мерзімді мәндер арасындағы айырмашылық ретінде, атмосфералық жауын-шашын - жауын-шашынның ағымдағы деңгейіне қатысты пайызбен есептеледі.

Өзен ағындысы мен жауын-шашынның бірлескен статистикалық үлгісі арқылы өзен ағындысын ұзақ мерзімге болжау (канондық жіктеу әдісі). Бұл жұмыста айлық өзен ағындысы мен метеорологиялық факторлардың статистикалық модельденген мәндерін ағынды гидрографының сценарлық болжамын жасау мүмкіншілі қарастырылды. Айлық ағынды гидрографын модельдеуге арналған көптеген жұмыстарды атап өтуге болады [155-167], әдістің жетістіктері мен кемшіліктері толығырақ [158 б.350] жұмыста қарастырылған.

Модельдеудің негізгі мақсаты атмосфералық жауын-шашын мен ауа температурасының жағдайын ескеріп көптеген ағынды гидрографын алу болып табылады. Ағынды мен оны қалыптастыратын факторлардың гидрографының бірнеше нұсқасының соңғы уақыт нүктесіне қойылған кездейсоқ процестер мен векторларды модельдеу мақсаты ретінде қарастыруға болады. Қалыпты процестер корреляциялық мезет

матрицасымен беріледі, сәйкесінше корреляциялық теория шеңберінде модельдеу көп өлшемді үлестірім заңы бойынша модельдеумен тең. Осы орайда ағындыны статистикалық модельдеудің ең тиімді ұстанымы ретінде канондық жіктеуді қарастыруға болады. Ол кездейсоқ шамалар мен кездейсоқ емес функциялар жиынтығын сипаттауға мүмкіншілік береді. Канондық жіктеу әдісі сызықтық түрлендіру санатындағы тиімдісі және маңызды артықшылығының бірі метеорологиялық параметрлермен байланысты модельдеу процесін бірнеше тұстамада бір уақытта жасауға болатындығы [158 б.350; 159 б.12; 161 б.180; 162 б.204].

Кездейсоқ векторлық функцияларды канондық жіктеу бірөлшемді жағдай формулаларының жинақтау жолымен алынады. Ол үшін [162 б.285] жұмыста көрсетілгендей сәйкес келетін t аргументінің қатынасын t аргумент жиынтығына ауыстырып, кездейсоқ векторлық функцияның нөмірін енгізу керек. Яғни кездейсоқ векторлық функцияны жіктеу төмендегі формуламен беріледі:

$$Q_{\ell}(t_{\nu}) = m_{Q_{\ell}}(t_{\nu}) + \sum_{i=1}^N \sum_{\nu=1}^M \varphi_{\nu\ell}^{(i)}(t_{\nu}) V_{\nu}, \quad (17)$$

$$(i, \ell = 1, \dots, N)$$

$$\varphi_{\nu\ell}^{(i)}(t_{\nu}) = \frac{1}{D_{\nu}^{(i)}} \left[K_{i\ell}(t_{\nu}, t_{\mu}) - \sum_{k=1}^{i-1} \sum_{m=1}^M D_m^{(k)} \varphi_{mi}^{(k)}(t_{\nu}) \varphi_{mi}^{(k)}(t_{\mu}) - \sum_{m=1}^{\nu-1} D_m^{(i)} \varphi_{mi}^{(i)}(t_{\nu}) \varphi_{mi}^{(i)}(t_{\mu}) \right] \quad (18)$$

Мұнда,

$$D_{\nu}^{(i)} = K_{ii}(t_{\nu}, t_{\nu}) - \sum_{k=1}^{i-1} \sum_{m=1}^M D_m^{(k)} [\varphi_{mi}^{(k)}(t_{\nu})]^2 - \sum_{m=1}^{\nu-1} D_m^{(i)} [\varphi_{mi}^{(i)}(t_{\nu})]^2 \quad (19)$$

D_{ν} - кездейсоқ коэффициентінің дисперсиясы;

$K_{ii}(t_{\nu}, t_{\mu})$ – векторлық кездейсоқ функцияның V корреляциялық және өзара корреляциялық функциясы

$Q_l(t)$, M – жыл ішіндегі есептік аралықтар саны (айлар, декадалар)

Мұнда

$\nu = 1, 2, \dots, M$;

$\mu > \nu$, $\mu = \nu + 1, \nu + 2, \dots, M$ ($l = i$);

$\mu = 1, 2, \dots, M$; $l = i + 1, i + 2, \dots, N$ ($l > i$).

(1) теңдеуді орталық функциялар үшін жазып, математикалық күтуді орындап және кездейсоқ корреляциялық коэффициенттерді ескере отырып, теңдеудің екі жағын V -ға көбейту арқылы $Q_1(t)$ бірінші құраушысының координаталық функциясын аламыз. Одан әрі $Q_2(t)$, $Q_3(t)$, $Q_M(t)$ от $Q_l(t)$ құраушыларын канондық жіктеу арқылы өзара корреляция функциясын аламыз. Бұл формуладан авто және өзара координаталық функциялар $Q_2(t)$ анықталады. Осы процесті жалғастыра отырып, кездейсоқ векторлық функциялардың барлық құраушысына $Q_l(t)$ канондық жіктеу жүргіземіз.

Егер негізгі ағынды қалыптастырушы фактор ретінде айлық жайын-шашын мен ауа температурасы қарастырылатын болса, онда (17) формуладағы канондық жіктеу екі кездейсоқ функция үшін төмендегідей жазылады:

$$Q(t) = m_Q(t) + \sum_{v=1}^M \varphi_{v1}^{(1)}(t)V_v^{(1)}, \quad P(t) = m_p(t) + \sum_{v=1}^M \varphi_{v2}^{(1)}(t)V_v^{(1)} + \sum_{v=1}^M \varphi_{v2}^{(2)}(t)V_v^{(2)}, \quad (20)$$

мұнда $m_Q(t)$, $m_p(t)$, $Q(t)$, $P(t)$, құраушылары үшін математикалық күту;
 $V_v^{(1)}$, $V_v^{(2)}$, – математикалық күту нөлге тең болатын реттелмеген кездейсоқ шамалар; $\varphi_{v2}^{(1)}(t)$ – $P(t)$ және $Q(t)$ құраушылары бар өзара координаттық функциясы; $Q(t)$ – ағынды, $P(t)$ – атмосфералық жауын-шашын. Ағынды қалыптастырушы факторлар мен ағындыны біртұтас модельдеу алгоритмы [158 б.350] жұмыста көрсетілген.

Антропогендік факторларды ескере отырып, өзен ағындысын ұзақ мерзімге болжаудың әдістемелік негіздері. Көптеген елдерде келешектегі суды тұтынудың екі сценарийі қолданылады: шартты сценарий және тұрақты даму сценарийі. Бірінші сценарий соңғы онжылдықтардың үлгісі бойынша әлемде суды тұтынудың дамуын болжайды. Тұрақты даму сценарийі әр аймақтың ерекшелігін анықтайтын негізгі факторларды ескере отырып, тұщы суды суаруда және өнеркәсіпте пайдалану технологиясын жетілдіру бойынша келешекте тиімді шараларды пайдалануға негізделген.

Біздің еліміз үшін [168-171] еңбектерінде су үнемдеу жөніндегі іс-шараларды ескере отырып, экономика салаларында қазіргі заманғы және перспективалық су тұтынуды бағалауға негізделген табиғи-шаруашылық жүйелерінде су пайдалануды дамытудың баламалы гипотезалары қаралады.

Су пайдалануды дамытудың алғашқы гипотезасы келешекте суды пайдалану технологиясы елеулі өзгерістерге ұшырамайды, өнім бірлігіне шаққандағы таза су шығындарының үлестік көрсеткіштері су тұтынатын салаларда өнім өндіру көлемінің өсуіне қарағанда неғұрлым төмен қарқынмен төмендейтін болады деп болжайды. Мұндай гипотеза іске асырылған жағдайда суға деген қажеттілікті қамтамасыз ету жергілікті беттік және жер асты су ресурстарын пайдалануды ұлғайту есебінен жүзеге асырылуы мүмкін.

Екінші гипотеза болашақта барлық су тұтынатын өндірістерде су шығындарының күрт төмендеуін және су ресурстарының өндіріс қалдықтарымен ластануын толығымен жоюды қамтамасыз ететін су пайдаланудың түбегейлі жаңа серпінді технологияларын (қалдықсыз, сусыз) әзірлеу мен қолдану алғышарттарынан туындайды. Аталған гипотезалар сумен қамтамасыз етуді дамытудың үш сценарийінің негізіне алынған: инерциялық, инновациялық және су үнемдеу [169 б.196].

Болашақта суға сұраныстың артуын анықтайтын негізгі факторлар жылдам экономикалық өсу, урбандалуды және азық-түлік өндірісіне әсер ететін халық санының едәуір ұлғаюы болып табылады. Экономика салаларында ұзақ мерзімді перспективаға су алуды болжау үшін (өнеркәсіп, коммуналдық-тұрмыстық қажеттіліктер, ауыл шаруашылығы, балық шаруашылығы) жалпы ішкі өнім көлемінің белгіленген өсуі бойынша индикативтік көрсеткіштерге сәйкес су тұтынуды ретроспективті дамыту

трендтері, сондай-ақ [172] мемлекеттік бағдарламаның және ҚР Ауыл шаруашылық министрлігі жоспарының деректері бойынша Ауыл шаруашылығын дамытудың ұзақ мерзімді жоспарлары ескерілді [173].

Екінші тарау бойынша қорытынды

Бұл тарауда зерттеу аймағының қысқаша физика-географиялық сипаттамасы, климаттық сипаттамасы және зерттеу әдістері келтірілген. Физика-географиялық сипаттамасын қарастыру барысында оның жер бедері, геологиялық құрылымы, топырақ және өсімдік жамылғысы, гидрографиясы, мұздықтарының жай-күйіне тоқталған. Іле өзені алабының жер бедері өте күрделі. Онда жазық шөлді аудандардан биік таулы аймақтарға дейінгі рельеф алуан түрлі. Мұндағы абсолютті белгілер Балқаш көлінің шетіндегі 340 м-ден 4951 м Талғар шыңына дейін қамтылған. Аумақтың гидрографиясына тоқталсақ, ол аумақтың жазық бөлігіндегі сирек өзен желісі (0,01 км/км² дейін) және таулы аймақтарында тығыздық жоғары (0,6-дан 3,0 км/км² дейін) болып табылады.

Іле өзені алабы үшін мұздықтардың рөлі ерекше, себебі елімізде қалыптасатын Іле өзенінің басты салалары Іле, Жетісу Алатауынан бастау алатын өзендер. Тұтастай алғанда бұл аймақ үшін мамырдан қыркүйекке дейін мұздықтар таулардың жалпы ағындының 1/3 бөлігін құрайды, яғни жазғы суару кезеңінде мұздық ағынының үлесі 1,5-2 есе артады. Іле және Күнгей Алатауы өзендерінің алаптарындағы мұздықтардың саны мен ауданы туралы жүйелі өңделген ақпаратты алғаш рет Пальгов Н.Н. монографияда жарияланды. Жетісу Алатауындағы мұздықтардың көлемін және олардағы мұз қорын бағалау Лаврентьев П.Ф., Зенкова В.А., Черкасов П.А. және т.б. Іле Алатауында бойынша академик Северский И.В. басшылығымен География және су қауіпсіздігі институтында қазіргі кездегі жүргізіліп жатқан мұздықтардың қазіргі және келешектегі жағдайы туралы кешенді зерттеулерін атауға болады.

Зерттеу аумағының климатына тоқталатын болсақ, климаты негізінен континенттік, бірақ рельеф құрылымының айырмашылығына байланысты біркелкі емес. Алаптағы жазық жерлер мен аласа таулы аймақтардың климатының негізгі ерекшеліктеріне ауа температурасының тәуліктік және жылдық үлкен ауытқуы, суық қыс және ұзақ, ыстық құрғақ жаз жатады. Таулы аймақтардың климаттық ерекшеліктері әркелкі. Бұл жер бедерінің биіктігі мен рельеф формаларына байланысты. Қысқы ауа-райы Сібір антициклонымен және циклондық белсенділіктің даму дәрежесі мен тұрақтылығымен анықталса, көктемде циклондық белсенділіктің жоғарылауын атап өтуге болады. Жазғы маусымдағы ауа райы Орталық Азия термикалық депрессиясының дамуымен байланысты ыстық, аздап бұлтты болып келеді. Күзгі кезең Батыс Сібір антициклонының сілемінің біртіндеп дамуымен қазан-қараша айларында фронтальды процестердің және циклондық белсенділіктің күшеюімен және басым болуымен (бірақ жауын-шашын азырақ) сипатталады.

Зерттеу әдістеріне келсек, климаттың заманауи өзгерісін статистикалық әдістерді, сызықтық тренд коэффициенттерін және параметрлік емес Манн-Кендалл тестін және Сен көлбеуін қолдану арқылы бағаланды. Су ресурстарын бағалаудың әдістемелік негіздері ретінде: гидрологиялық қатарларды қалпына келтіру және есептік кезеңді таңдау, негізгі гидрологиялық сипаттамаларды есептеу, орташа көп жылдық ағынды картасын жасау, су шаруашылығы учаскелері мен су шаруашылығы алабы үшін өзен ағындысы ресурстарын бағалау, өзен ағындысына шаруашылық іс-әрекеттің әсерін анықтау әдiстерi қарастырылды.

Су ресурстарын ұзақ мерзімге болжау мақсатында диссертациялық жұмыста келесі әдістер қарастырылады: климаттық сценарийлер негізінде өзен ағындысы ресурстарын ұзақ мерзімге болжау (RCP 4.5 және RCP 8.5), өзен ағындысы мен жауын-шашынның бірлескен статистикалық үлгісі арқылы өзен ағындысын ұзақ мерзімге болжау (канондық жіктеу әдісі), антропогендік факторларды ескере отырып, өзен ағындысын ұзақ мерзімге болжау. Қазіргі уақытта әлемде 1-5 жыл және одан да көп уақытты құрайтын су ресурстарын болжаудың бірыңғай әдістемесі жоқ. Өкінішке орай, ғылымның қазіргі даму деңгейі әлі ұзақ сенімді болжам жасауға мүмкіндік бермейді. Біз тек ықтимал «сценарийлер» және ықтималдық болжам туралы айта аламыз. Ағынды қалыптастыру процестерінің көп факторлы сипатына байланысты болжам, негізінен, ықтималдық түрінде ғана мүмкін болады.

3 ІЛЕ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ ЗАМАНАУИ КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІН БАҒАЛАУ

3.1 Климаттың аймақтық өзгеруінің заманауи үрдістері

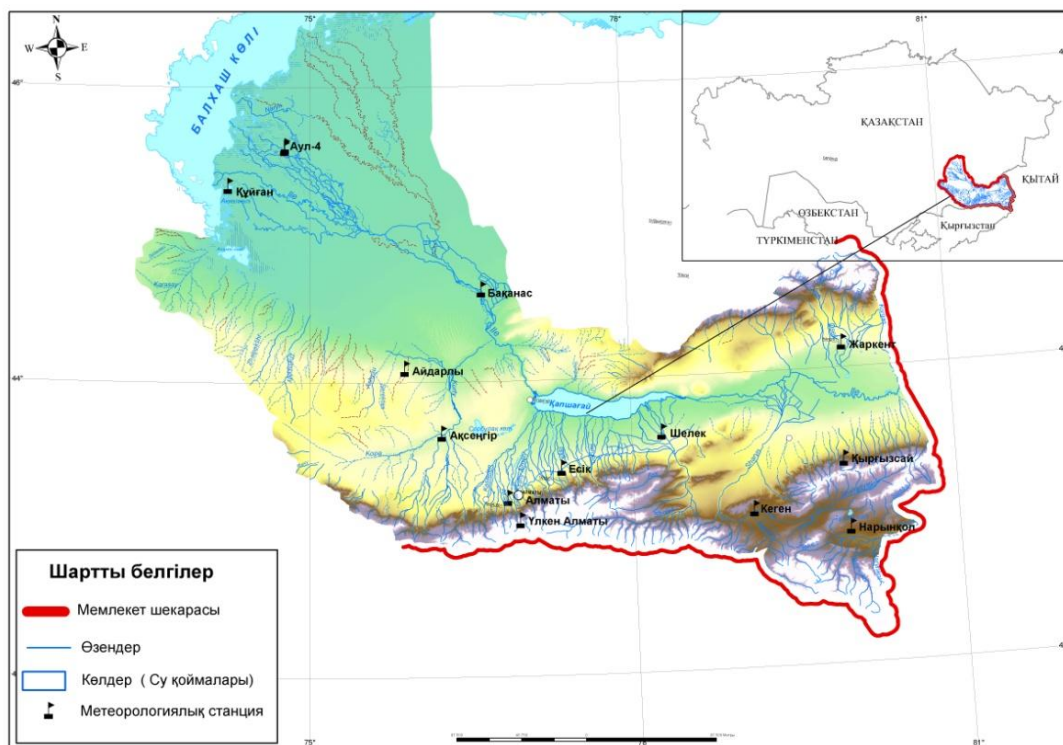
Белгілі бір аймақтардағы климат өзгерістері жаһандық деңгейден айтарлықтай ерекшеленеді және әр аймақта өзіндік айырмашылықтары болады. Бұл тарауда Іле өзені алабындағы климаттың өзгеруінің аймақтық ерекшеліктерінің сипаттамаларына назар аударылды.

Қытай елі аумағынан бастау алатын Іле өзені алабындағы негізгі климаттық параметрлердің өзгеруі Huilan Sun [174] жұмысында қарастырылады, онда Іле өзенінің жоғарғы ағысында орналасқан 7 МС бойынша жасаған зерттеулерінде жаз және қыс айларында жауын-шашын мөлшері айтарлықтай артқанын, сондай-ақ ауа температурасы 1980 жылдардың ортасынан қазіргі уақытқа дейін күрт өскенін көрсетеді. Тағы бір зерттеуде [175] Тянь-Шань тауларындағы Іле өзені алабындағы әртүрлі аласа және биік таулы аймақтардағы жауын-шашын мен ауа температурасының өзгеру сипаты жан-жақты талданады. Мұнда жауын-шашын мен ауа температурасының теңіз деңгейінің биіктігімен тығыз байланысы анықталды, яғни биік таулы аймақтарда жауын-шашын мөлшері артады, ал жазда ауа температурасы градиентінің мәні қыс мезгіліне қарағанда әлдеқайда жоғары болған.

Біздің елімізде де Іле өзені алабының аймақтық климат өзгерістері туралы бірнеше жұмыстарды атап өтуге болады. Заманауи HVB моделін қолдану арқылы өзен ағындысына климаттың өзгеруінің әсерін бағалайтын [176, 177] зерттеулері. Мақалада Іле өзені үшін HBV моделін пайдалану мүмкіндігі туралы қарастырған. Сондай ақ [178-181] зерттеулерінде Іле өзенінің су ресурстарының қазіргі климат өзгерістері салдарынан өзгеруі, экстремалды температуралардың өзгерісі, тәуліктік амплитуда мәндерінің ауытқуы туралы ақпараттар берілген.

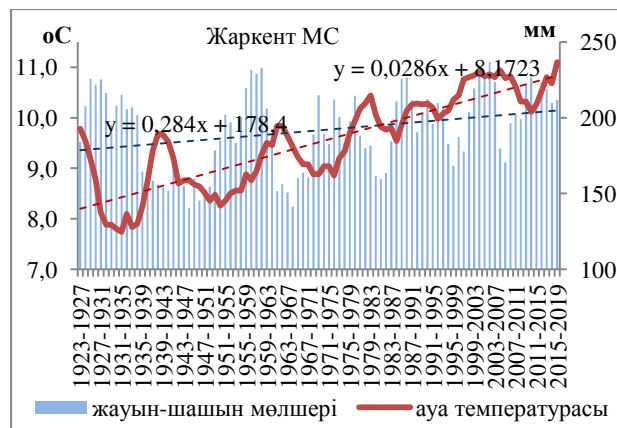
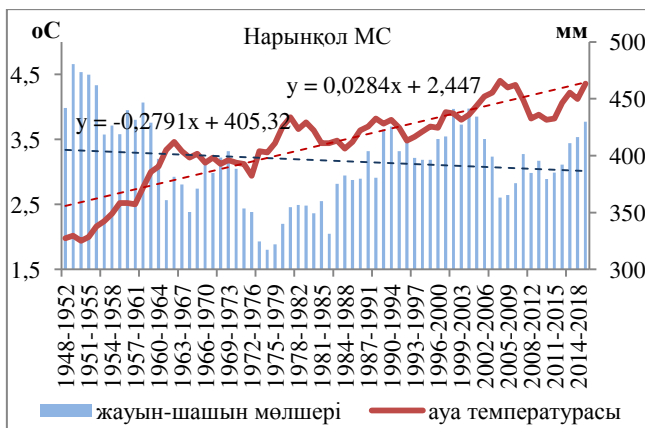
3.1.1 Метеорологиялық параметрлердің көпжылдық өзгерісі

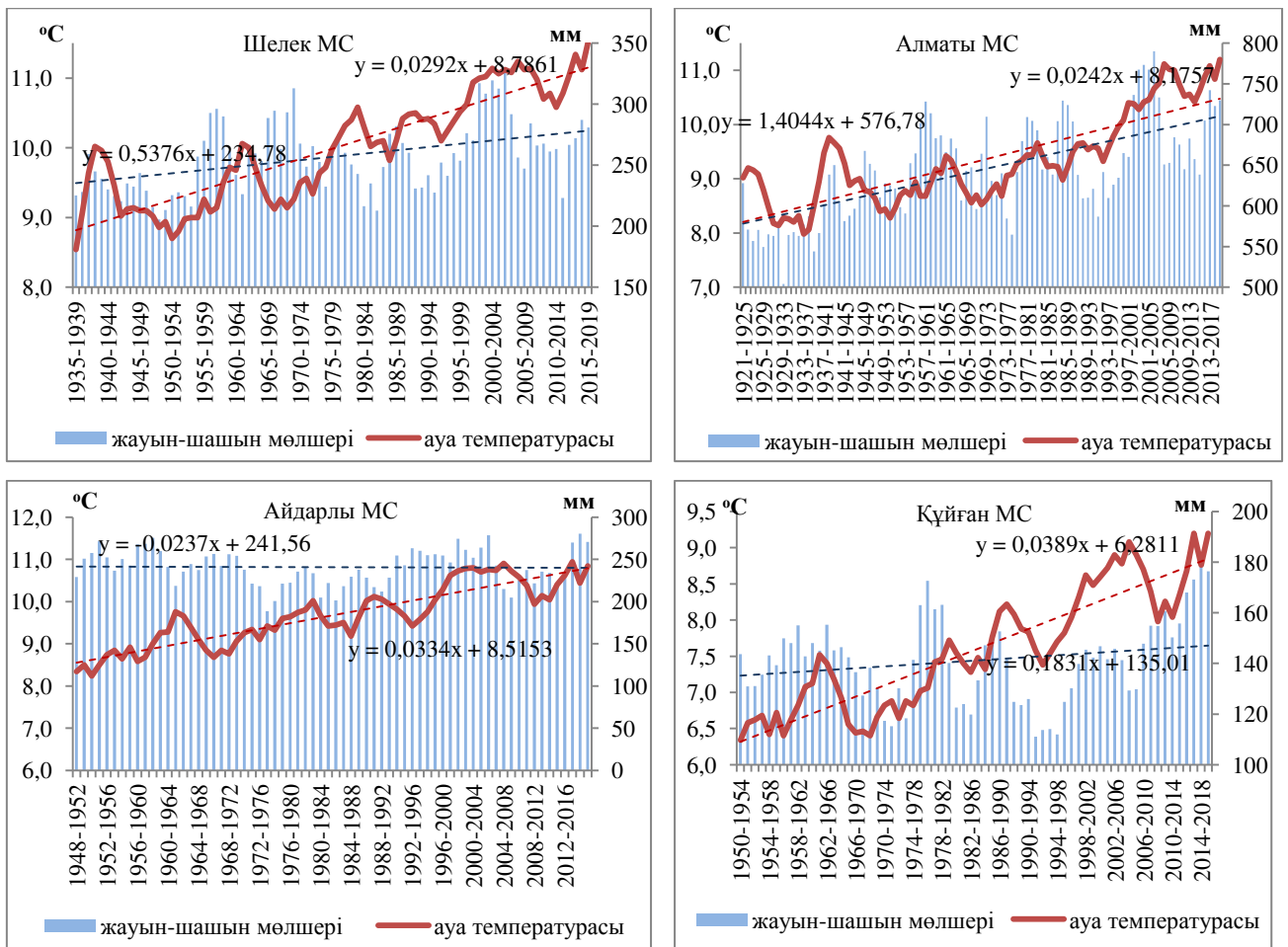
Бұл тарауда зерттеу аумағындағы ауа температурасы, жауын-шашын және буланудың кеңістіктік және уақыттық таралу ерекшеліктерін нақтылау және зерттеу болып табылады. Қойылған міндеттерді шешу үшін бастапқы метеорологиялық ақпарат ретінде Іле өзенінің алабының Қазақстан аумағында орналасқан 13 метеорологиялық станциялар бойынша ауа температурасы мен жауын-шашынның метеостанция ашылған уақыттан 2019 жылға дейінгі мәліметтері алынды. Булану бойынша мәліметтер өте аз және бақылаулар тек жылы мезгілде (ауаның тұрақты оң температурасы бар кезеңдерінде) жүргізіледі. Су бетінен булану мәліметтерін қалпына келтіру барысында бірнеше әдістер қолданылады, ол әдістер туралы деректер [182, 183] мақалаларында келтірілген. Бұл жұмыста су бетінен булану туралы мәліметтер (толық қалпына келтірілген) 3 МС бойынша Қазгидромет РМК алынды. Метеостанциялардың карта-сұлбасы төменде көрсетілген (сурет 7).



Сурет 7 – Іле өзені алабындағы метеорологиялық станциялардың орналасу карта-сұлбасы

Іле өзені алабындағы метеорологиялық көрсеткіштердің көпжылдық динамикасын анықтау үшін ауа температурасының және жылдық жауын-шашынның орташа жылдық мәндерінің өзгеруінің жылжымалы бес жылдық графиктері құрастырылды. Бақыланатын параметрлердің өзгеру тенденциясын анық көрсету үшін графиктерде тренд сызықтары салынды. Орташа жылдық ауа температурасының және жауын-шашынның ($^{\circ}\text{C}/10$ жыл және $\text{мм}/10$ жыл) көпжылдық өзгерістері 8-суретте көрсетілген (мысал ретінде 6 МС алынған).





Сурет 8 – Ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашынның көпжылдық жүрісі

Суреттен көріп тұрғанымыздай, Іле өзені алабының бойындағы қарастырылған барлық метеостанцияларда орташа жылдық ауа температурасының тұрақты жоғарылауы байқалады, бірақ температураның өсуі барлық ауданда біркелкі емес, яғни өзен алабының атырауында орналасқан метеостанцияларда температураның өсуі әрбір он жылдықта жоғары мәнді көрсеткен: Ақсәгір MC – $0,37^{\circ}\text{C}/10$ жыл, Айдарлы MC – $0,33^{\circ}\text{C}/10$ жыл, Бақанас MC – $0,31^{\circ}\text{C}/10$ жыл, М.С.Құйған – $0,39^{\circ}\text{C}/10$ жыл, ал таулы аймақтарында өсу көрсеткіші төмендеу: Есік MC – $0,23^{\circ}\text{C}/10$ жыл, Үлкен Алматы MC – $0,17^{\circ}\text{C}/10$ жыл, MC Қырғызсай – $0,13^{\circ}\text{C}/10$ жыл, Нарынқол MC – $0,28^{\circ}\text{C}/10$ жыл.

Іле өзені алабындағы қарастырылып отырған метеорологиялық станциялардың көпшілігінде көпжылдық кезеңде жауын-шашынның жылдық мөлшерінің өзгеруі статистикалық маңызды емес, әртүрлі бағыттағы үрдіс байқалды (сурет 7). Жауын-шашынның шамалы азаюы Аул – 4 MC – 3,7 мм/10 жыл, Нарынқол MC – 2,8 мм/10 жыл, Есік MC – 2,3 мм/10 жыл (Қосымша А). Көпжылдық кезеңде жылдық жауын-шашын мөлшерінің артуы Қырғызсай MC – 11 мм/10 жыл, Алматы MC – 14 мм/10 жыл, Жаркент MC – 2,8 мм/10 жыл байқалады.

Аймақтық климаттың өзгеруін егжей-тегжейлі талдау үшін әрбір онжылдықтағы ауа температурасы мен жауын-шашынның аномалиялары есептелді (1 және 2-кестелер). Аномалияны есептеу кезінде климаттық норма ретінде 1961-1990 жылдардағы базалық кезеңдегі метеорологиялық көрсеткіштердің орташа мәндері алынды [184, 185].

Кесте 1 – Ауа температурасының аномалиялары

МС	Ауа температурасының аномалиялары (0С)*						
	1950-	1960-	1970-	1980-	1990-	2000-	2010-
	1959 жж.	1969 жж.	1979 жж.	1989 жж.	1999 жж.	2009 жж.	2019 жж.
Нарынқол	-1,17	-0,22	-0,11	0,15	0,35	0,69	0,68
Кеген	-0,86	-0,42	-0,01	0,23	0,46	0,87	1,00
Қырғызсай	-0,53	-0,17	-0,07	0,08	0,30	0,73	0,58
Жаркент	-1,07	-0,30	-0,27	0,32	0,68	1,20	0,97
Шелек	-0,91	-0,43	-0,15	0,31	0,58	1,24	1,17
Есік	-0,49	-0,19	-0,10	0,10	0,52	1,01	0,93
Алматы	-0,55	-0,24	-0,13	0,16	0,62	1,56	1,65
Үлкен Алматы	-0,15	-0,05	-0,05	0,01	0,33	0,77	0,78
Ақсеңгір	-	-0,67	-0,19	0,47	0,64	1,28	1,15
Айдарлы	-0,90	-0,42	-0,05	0,17	0,45	1,28	0,96
Бақанас	-1,03	-0,51	-0,18	0,33	0,58	1,22	1,22
Аул-4	-0,83	-0,47	-0,21	0,38	0,38	1,17	1,04
Құйған	-0,71	-0,40	-0,32	0,41	0,59	1,51	1,38

* Аномалиялар 1961 - 1990 жылдардағы базалық кезеңге қатысты есептелген.

1-кестеде соңғы жиырма жылдықта барлық метеостанцияларда температураның жоғарылауы анық көрсетілген. Үлкен теріс аномалиялар 1950-1969 жылдар аралығын қамтиды. Ауа температурасы аномалиясының станциялар арасындағы айырмашылығы физикалық-географиялық орналасу ерекшеліктерінде, яғни биік таулы метеостанцияларда (Нарынқол МС, Кеген МС) оң температура аномалиясы алаптың төменгі бөлігінде орналасқан метеостанциялармен салыстырғанда төмен.

Атмосфералық жауын-шашынның аномалиясы белгілерінің өзгеруі әр он жылыдықтар бойынша тұрақты емес, бірақ 2000-шы жылдардан кейін аномалияның оң белгісі бар фаза айқын көрінеді (2-кесте). 2000 жылдарға дейін атмосфералық жауын-шашынның аномалия таңбалары әртүрлі, сондықтан да жоғарыдағы мәліметтер негізінде "ылғалды" және "құрғақ" кезеңдерді бөліп көрсету қиындау, негізінде метеорологияда ол үшін басқа әдістерді пайдалануға болады. Бұл жұмыс үшін осы мәндер жеткілікті. Дегенмен, Есік МС және Аул-4 МС теріс аномалия басым болып келеді.

Кесте 2 – Атмосфералық жауын-шашынның аномалиялары

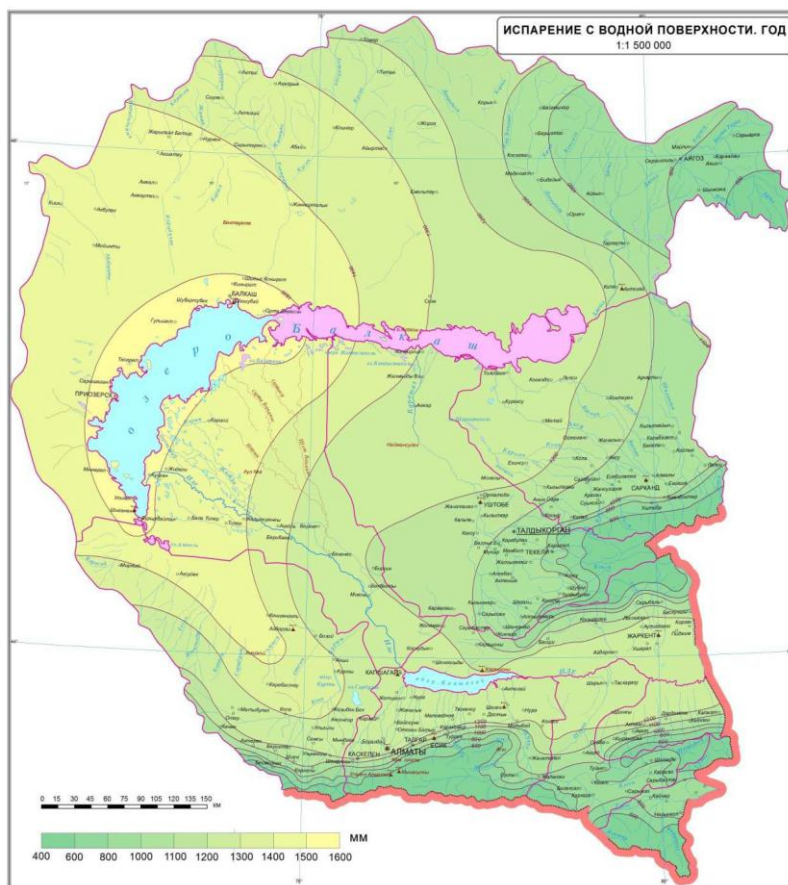
МС	Атмосфералық жауын-шашынның аномалиялары (мм)*						
	1950-	1960-	1970-	1980-	1990-	2000-	2010-
	1959 жж.	1969 жж.	1979 жж.	1989 жж.	1999 жж.	2009 жж.	2019 жж.
Нарынқол	81	19	-10	-1	46	38	40
Кеген	-31	5	-1	5	-18	15	7
Қырғызсай	16	2	-14	17	38	37	85
Жаркент	19	-11	10	11	7	17	36
Шелек	-10	7	7	-9	-10	25	14
Есік	-12	45	-10	-16	-98	-32	-26
Алматы	-17	3	-26	23	-34	51	32
Үлкен Алматы	49	56	-50	8	-19	46	61
Ақсеңгір		15	5	-9	1	31	16
Айдарлы	22	19	1	-7	27	0	24
Бақанас	11	21	-5	-5	-22	1	10
Аул-4	4	3	-5	4	-21	-17	-17
Құйған	0	4	-1	-4	-16	-3	22

* Аномалиялар 1961 - 1990 жылдардағы базалық кезеңге қатысты есептелген

Су бетінен булануды бағалау. Булануды бағалау кез келген су объектісінің немесе алаптың су теңдестігін анықтау үшін қажет. Су бетінен булануды бағалау әртүрлі әдістерді қолдана отырып жасалуы мүмкін. Әдістердің әртүрлілігі су беті мен оған іргелес ауа массасының өзара әрекеттесуінің күрделі механизмінің әлі толық ашылмағандығымен түсіндіріледі. Табиғаттағы булану процесі көптеген факторларға байланысты, олардың ең маңыздысы жер бетінің ылғалдылығы және оның үстіндегі метеорологиялық жағдайлар. Метеорологиялық жағдайларға мыналарды жатқызуға болады: күн радиациясының қарқындылығы, ауа температурасы, ауа ылғалдылығы және жел жылдамдығы. Жел жылдамдығы турбулентті араластырудың қарқындылығын анықтайды. Бұл факторлар булану қарқындылығына тікелей әсер етеді, бұл олардың шамасына пропорционалды [182 б.49; 183 б.313].

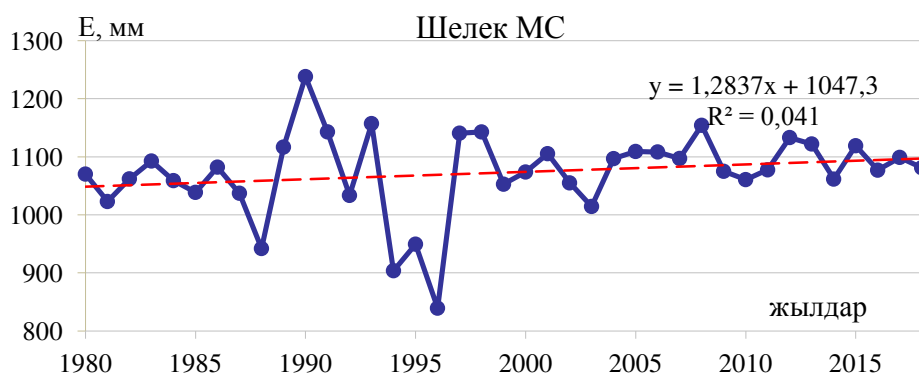
Кожахметов П. Ж және Монкаева Г. Е [182 б.59] мақаласында Іле-Балқаш алабы бойынша метеостанция мәліметтері негізінде 1980-1995 жж. аралығындағы су бетінен булану мөлшері бағаланған (сурет 9). Булану бойынша мәліметтердің аз болуы, сондай ақ салқын мерзімдерде жүргізілмеуіне байланысты мақалада мәліметтерді қалпына келтіру үшін әртүрлі әдістер қолданылған. Зерттеу нәтижелері бойынша Іле-Балқаш алабындағы су бетінен булану аумақ бойынша біркелкі емес, яғни тау аралық Іле ойпатында абсолютті биіктігі 800 м-ге дейінгі аумақтарда жылдық булану 1200...1400 мм. Максималды мәні Қапшағай су қоймасы аймағындағы 1518 мм-ге жетеді (М Қарашоқы). Іле өзені алабындағы жоталар (Іле Алатауы, Жетісу Алатауы, Кетмен жотасы) буланудың таралуына айтарлықтай әсер

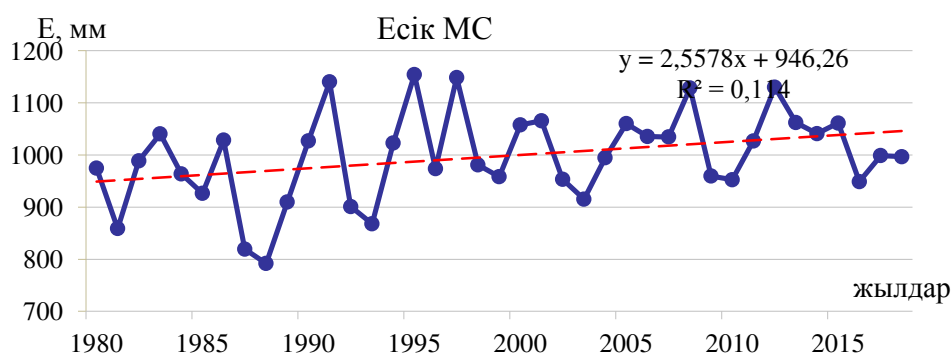
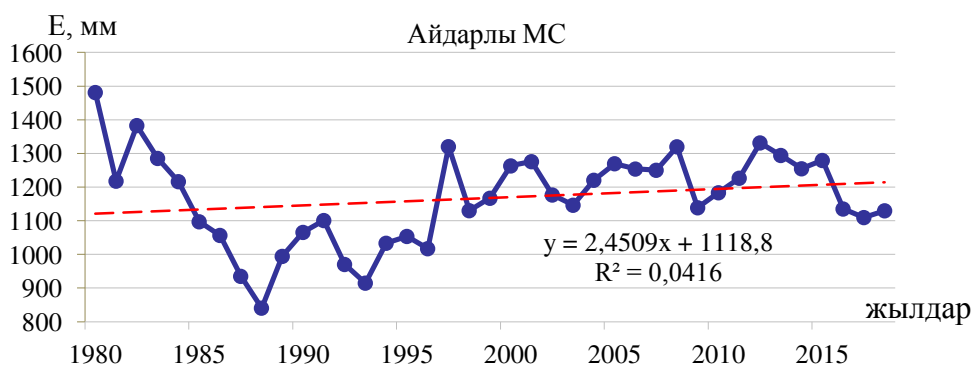
етеді. Орналасу биіктігі неғұрлым жоғары болса, булану мөлшері соғұрлым аз болады. Алаптық жазықтық аудандарына қарай булану мөлшері артады.



Сурет 9 – Іле-Балқаш алабының аумағындағы су бетінен буланудың орташа көпжылдық таралуы [184 б.57]

Сондай ақ төменде Іле өзені алабында орналасқан 3 МС бойынша 1980-2018 жж. су бетінен буланудың көпжылдық жүрісінен булану мөлшерінің өсіп келе жатқанын көруге болады (сурет 10).





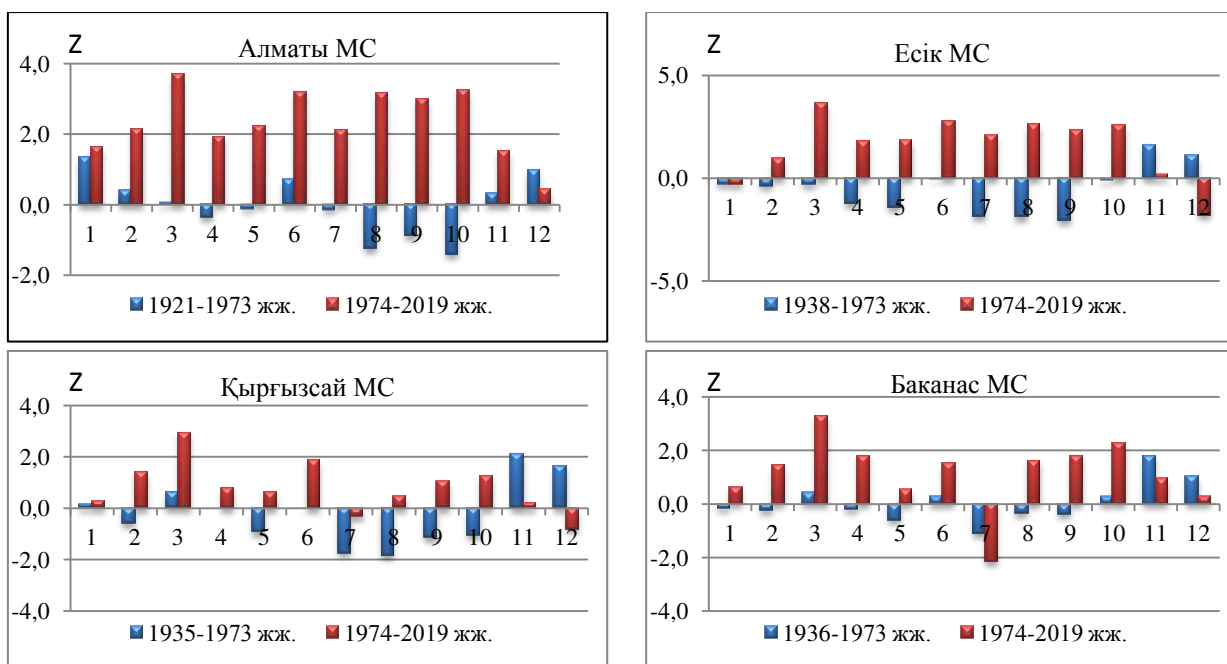
Сурет 10 - 1980-2018 жылдар аралығындағы су бетінен буланудың уақыттық жүрісі

Жоғарыда келтірілген мәліметтер Іле өзені алабы бойынша су бетінен буланудың таралуын толық көрсетпейді, дегенмен буланудың көпжылдық жүрісіндегі байқалатын оң үрдіс су бетінен буланудың артып келе жатқаны анық. Оның басты себiбiн ауа температурасының күрт жоғарлауымен байланыстыруға болады.

3.1.2 Ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын трендтарын статистикалық бағалау (Манн-Кендал тесті, Сен көлбеуі)

Ғылыми зерттеулердің көпшілігі климат өзгерістерінің су ресурстарына әсерін бағалау барысында тек орташа жылдық немесе циклдік кезеңдерге мән береді, бірақ ауа температурасы мен жайын-шашынның жыл ішіндегі өзгерісі әртүрлі. Орташа жылдық мән оны көрсете алмайды және ол өз кезегінде өзендердің су режимінің өзгеруінің нақты көрінісін көрсетпейді. Сондықтан да жыл мезгілдері бөлінісінде метеорологиялық параметрлердің монотонды трендтерін анықтау үшін Манн-Кендалдың параметрлік емес тестісі және Сен көлбеуі қолданылды. Жоғарыда келтірілген метеопараметрлер мен аномалия мәндерінің көпжылдық жүрісінен және әдеби шолулардан байқағанымыздай, көптеген метеостанцияларда 70-ші жылдардан кейін ауа температурасының күрт жоғарылауы тіркелген, сондықтан параметрлік емес сынақтарды жүргізу үшін екі кезеңге бөлінді: 1973 жылға дейін және 1974-

2019 жж. Ауа температурасының трендтерін талдауға арналған Манн-Кендалл тестінің қорытынды нәтижелері 11-суретте келтірілген.



Сурет 11 - Манн-Кендалл тестінің (Z-статистика) ауа температурасы бойынша айлық көрсеткіштері

Манн-Кендалл тестінің нәтижелері бойынша трендтердің ай сайынғы сынақ нәтижелері жыл ішіндегі ауа температурасының орташа айлық мәндерінің өзгеруі де 1970-ші жылдан кейін температураның көтерілгенін растайды. Барлық метеостанциялар бойынша ауа температурасының максималды қарқынды жылынуы 1974 жылдан кейін наурыз айында, сондай-ақ көктемгі және күзгі айларға тән екенін көрсетеді. Манна-Кендалл тесті бойынша 1973 жылдан кейін тренд маңыздылығы наурыз айында 3,67 ге дейін жеткен (Алматы МС). Мұндай наурыз айындағы температураның маңызды өсуін Сен көлбеуінің де нәтижелері айқындап тұр (кесте 3).

Жауын-шашын трендтарының маңыздылығын параметрлік емес тесттардың көмегімен тексеру барысында айтарлықтай ерекше жағдай анықталмады. Дегенмен станциялар бойынша жауын-шашын динамикасының жылдық таралуында 1974-2019 жылдардағы қысқы жауын-шашынның өсуі байқалады. 1973 жылдан кейінгі екі сынақтың мәліметтері бойынша қысқы жауын-шашынның ең көп өсуі алаптың жазық бөлігінде орналасқан метеорологиялық станцияларда байқалды. Көктемгі-жазғы кезеңде 1973 жылдан кейін жауын-шашынның азаюы да орын алған (Қосымша Б, кесте Б.1, Б.2). Көктемгі және күзгі айлардың қарқынды жылынуы аймақтағы өзендерінің гидрологиялық режиміне, яғни су тасудың басталу және аяқталу мерзімдеріне, сондай-ақ су тасқыны шыңының ерте мерзім немесе кеш мерзім ауысына әсер етендігі анық.

Кесте 3 - Сен көлбеуінің ауа температурасы бойынша айлық көрсеткіштері

Айлар	ауа температурасы									
	Алматы МС		Есік МС		Жаркент МС		Қырғызсай МС		Бақанас МС	
	1921-1973	1974-2019	1938-1973	1974-2019	1923-1973	1974-2019	1935-1973	1974-2019	1936-1973	1974-2019
Қаңтар	0,032	0,057	-0,006	-0,008	0,047	0,029	0,005	0,006	-0,007	0,025
Ақпан	0,010	0,075	-0,018	0,026	0,015	0,062	-0,029	0,039	-0,017	0,062
Наурыз	0,000	0,122	-0,011	0,111	0,009	0,095	0,024	0,087	0,023	0,126
Сәуір	-0,009	0,032	-0,035	0,032	-0,004	0,027	0,000	0,013	-0,007	0,036
Мамыр	0,000	0,037	-0,050	0,029	0,008	0,010	-0,025	0,014	-0,019	0,009
Маусым	0,006	0,042	0,000	0,041	0,000	0,018	0,000	0,023	0,006	0,017
Шілде	0,000	0,028	-0,045	0,025	-0,010	0,005	-0,033	-0,004	-0,021	-0,025
Тамыз	-0,017	0,044	-0,033	0,039	-0,012	0,016	-0,033	0,005	-0,006	0,017
Қыркүйек	-0,012	0,047	-0,033	0,038	0,000	0,025	-0,015	0,017	-0,007	0,019
Қазан	-0,019	0,061	0,000	0,049	-0,019	0,031	-0,019	0,021	0,000	0,041
Қараша	0,008	0,047	0,080	0,002	0,023	0,018	0,091	0,005	0,087	0,041
Желтоқсан	0,030	0,011	0,055	-0,046	0,053	0,008	0,071	-0,019	0,085	0,020
Жылдық	0,004	0,053	-0,007	0,031	0,010	0,031	0,000	0,020	0,014	0,035

3.2 Климаттың өзгеруінің сценарлық болжамдары

Климатты келешекке болжау бұл климаттық жүйенің болашақ тасталымдар немесе парниктік газдар (ПГ) мен аэрозоль концентрациясы сценарийіне сүйене отырып модельденген, ол әдетте климаттық үлгілерді қолдану арқылы алынады. Ұзақ мерзімдік климаттық болжамдар қысқа мерзімдік болжамдардан айырмашылығы оның предикторларында, яғни ұзақ мерзімдік болжамдардың негізіне ауаға тасталынатын концентрация, аэрозольдердің сценарийі жатады, бұл өз кезегінде, болашақ әлеуметтік-экономикалық өзгерістерге, технологияның дамуына қатысты болжамдарға негізделеді [12 б.24; 20 б.226; 23 б.87].

Жалпы алғанда келешекке арналған аймақтық климаттың өзгеруін болжау үшін төмендегі алгоритм орындалуы тиіс:

- негізгі сыртқы фактор ретінде атмосфераның химиялық құрамының өзгеруін, атап айтқанда, RCP4.5 және RCP8.5 концентрациясының репрезентативті траекторияларымен сипатталатын шаруашылық іс-әрекеттің салдарынан өзгертін парниктік газдардың концентрациясын қарастыру. RCP шығарындылар мен атмосфералық концентрациялардың негізінен төрт түрлі проекциясын сипаттайды. Жаһандық климат үлгілері үшін есептеулерде көбінесе RCP4.5 және RCP8.5 қолданылады, себебі RCP2.6 сценарийі шығарындылардың шамалы мөлшеріне байланысты іс жүзінде мүмкін емес деп есептеледі, RCP6.0 RCP4.5 пен RCP8.5 арасында аралық болып табылады [136 б.7; 152 б.33; 153 б.25; 186]. Осылайша, бұл жұмыста аймақтық климаттың өзгеруін болжау үшін 2 сценарий таңдалды - RCP4.5 және RCP8.5. RCP4.5 бойынша радиациялық әсер 2100 жылға қарай тұрақталып шамамен $4,5 \text{ Вт/м}^2$, RCP8.5 бойынша радиациялық әсер 2250 жылға қарай тұрақталып $8,5 \text{ Вт/м}^2$ болуы мүмкін [187].

- аймақтық климаттың өзгеруін болжаудың негізгі құралы ретінде климаттық жүйенің құрамдас бөліктерінің өзара әрекеттесуін барынша толық көрсете алатын атмосфера мен мұхиттардың жалпы айналым үлгісінің ансамблдік жүйесін пайдалану. Зерттеу жұмысында Орталық Азия үшін тесттен өткен 21 модель таңдап алынды. Тестілеу АМЖАҰ 5 климаттық үлгілерді тексеру үшін бірыңғай базалық кезең ретінде анықталған 1980-1999 жылдар аралығындағы модельдердің нәтижелері бойынша алынған метеорологиялық өрістерге арналған бағдарламалық және визуализация құралдарын қолдану арқылы жүргізілді.

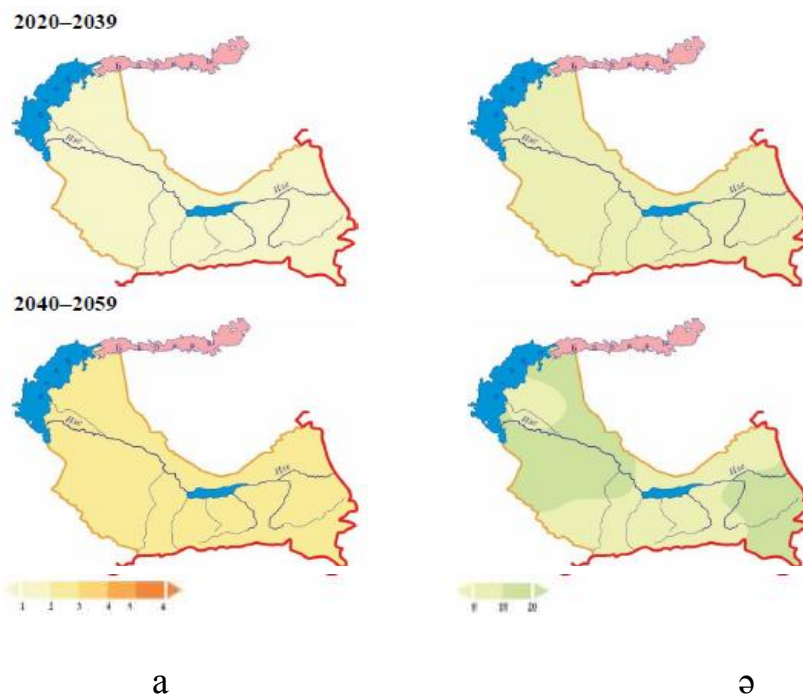
- әзірленген климаттық модельдер ансамблі зерттелетін аймақтағы бақылаулар деректерінде бірыңғай уақыт кезеңінде тексеріледі, тексеру нәтижелері модельдер ансамблінің жүйелік қателігін бағалауға және оны климаттық сценарийлерді түзету үшін пайдалану. Модель заманауи климаттың ерекшеліктерін жақсы көрсетсе, келешектегі климаттық болжамдар дұрыс сипатталады. Аймақтық климатты сипаттау физикалық-географиялық жағдайлардың күрделілігіне және модельдердің кеңістіктік рұқсатына байланысты екенін атап өткен жөн.

- жаһандық климат модельдерінің нәтижелерін аймақтандырудың зерттелген әдістерін қолдана отырып, максималды қол жетімді және тиімді кеңістіктік бөлшектермен климаттың ықтимал өзгеру сипаттамаларының матрицаларын алу. Реанализ және бақыланатын климат арасындағы айырмашылықтарды бағалау үшін екі жаһандық климаттық мұрағаты, яғни Era-Interim және Ewembil пайдаланылды, оларда метеостанциялардағы бастапқы бақылаулар тексерілді және расталды [188].

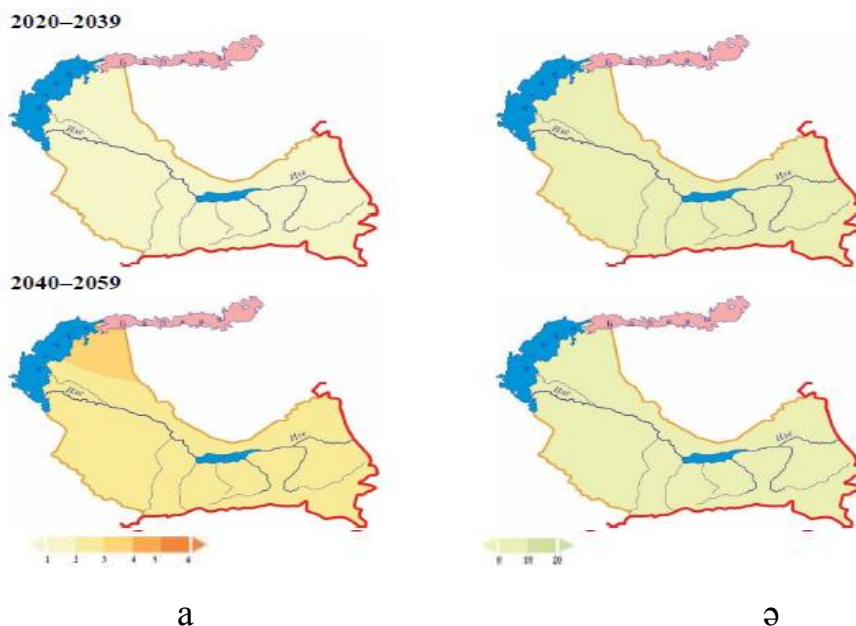
Дүниежүзілік метеорологиялық ұйымның ансамблдік болжамдарына негізделген есептеулерге сәйкес [20 б.223; 186 б.320; 187 б.485; 189], Қазақстан аумағында 21 ғасырда климаттың өзгеруі күшейе түседі. Сонымен қатар климаттың өзгеруі жыл мезгілдері мен аумақтар бойынша біркелкі болмайды. Орташа жылдық температура 2030 жылға қарай 1-2 °С-қа және 2050 жылға қарай 2-3 °С-қа артады, жауын-шашынның 2050 жылға дейін ұлғаюы негізінен қысқы маусымда 10% - дан аспайды, оңтүстік-батыс өңірлерде жауын-шашын Қазақстанның қалған аумақтарына қарағанда аз болады. Температура мен жауын-шашынның мұндай өзгеруі сөзсіз табиғи жүйелердегі теңсіздікке, су ресурстарының қысқаруына, соның салдарынан ауыл шаруашылығында және экономиканың басқа салаларында экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін.

Ұлттық және халықаралық сарапшылардың бағалауы бойынша құрғақшылық пен өзендердің суының азаю сияқты климаттық апаттар Қазақстан аумағында үйреншікті құбылысқа айналуы мүмкін. Болжам бойынша, 2030 жылға қарай елде жайылымдардың өткізу қабілеті 10% - ға төмендейді, 2040 жылға қарай су тапшылығы қажеттіліктің 50% - ға құрайды, қазіргі мұздық массасының 50% - дан астамы 2100 жылға қарай жоғалатындығын болжайды [20 б.237].

Іле өзені алабының аймағына тоқталатын болсақ, Қазгидромет орталығының мәліметтері бойынша [20 б.238] АМЖАҰ 5 үлгілерінің ансамбліне негізделген сценарийлік болжамдар қарастырылған екі сценарий бойынша одан әрі айтарлықтай климаттың жылынуы күтілуде. 2030 жылға қарай ауаның орташа жылдық температурасының болжамды өзгеруі 1,5-2,5 °С аралығында өзгереді, ал 2050 жылға қарай температураның жоғарылауы базалық кезеңдерге (1981-2000) қарағанда 2,9 °С жетуі мүмкін (сурет 12, 13).



Сурет 12 - RCP 4.5 климаттық сценарий бойынша ауа температурасы (а) мен жауын-шашынның (ә) өзгерісі [20 б.239]



Сурет 13 - RCP 8.5 климаттық сценарий бойынша ауа температурасы (а) мен жауын-шашынның (ә) өзгерісі [20 б.240]

Температураның ең жоғары көтерілуі жаз айларында (шілде, тамыз) күтіледі. Сценарийлік болжамдарға сәйкес жауын-шашынның жылдық мөлшерінің шамалы өсуі күтілуде (Қосымша В, кесте В.1, В.2). 2050 жылға дейін жауын-шашынның өсуі 15%-дан аспайды. Қысқы жауын-шашын мөлшері артады, 2050 жылға қарай 20-30% аралығында болады, жазғы маусымда жауын-шашын мөлшері 8%-ға дейін төмендеуі мүмкін [20 б.240].

Үшінші тарау бойынша қорытынды

Бұл тарауда Іле өзені алабы бойынша метеорологиялық параметрлердің кеңістіктік және уақыттық таралу ерекшеліктеріне талдау жүргізілді.

Іле өзені алабының бойындағы барлық метеостанциялардағы ауа температурасының көпжылдық жүрісінде оң үрдісті көрсетті, бірақ температураның өсуі барлық ауданда біркелкі емес, яғни өзен алабының атырауында орналасқан метеостанцияларда температураның өсуі әрбір он жылдықта жоғары мәнді көрсеткен, орташа алғанда $0,13^{\circ}\text{C}/10$ жыл $-0,39^{\circ}\text{C}/10$ жыл аралығында болған. Қарастырылған метеорологиялық станциялардың көпшілігінде көпжылдық кезеңде жауын-шашынның жылдық сомаларының өзгеруі статистикалық маңызды емес, әртүрлі бағыттағы үрдіс байқалады.

Аймақтық климаттың өзгеруін егжей-тегжейлі талдау үшін әрбір онжылдықтағы ауа температурасы мен жауын-шашынның аномалиялары есептелінді, яғни соңғы жиырма жылдықта барлық метеостанцияларда температураның өсуі анық байқалады, атмосфералық жауын-шашынның аномалиясы белгілерінің өзгеруі әр он жылыдықтар бойынша тұрақты емес, бірақ 2000-шы жылдардан кейін аномалияның оң белгісі бар фаза айқын көрінеді.

Ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын трендтарын статистикалық бағалау (Манн-Кендал тесті, Сен көлбеуі) барысында жыл ішіндегі ауа температурасының орташа айлық мәндерінің өзгеруі де 1970-ші жылдан кейін температураның көтерілгенін растайды. Барлық метеостанциялар бойынша ауа температурасының максималды қарқынды жылынуы көктемгі және күзгі айларға, әсіресе наурыз айына тән екенін көрсетеді. Жауын-шашын трендтарының маңыздылығын параметрлік емес тесттардың көмегімен тексеру барысында айтарлықтай ерекше жағдай анықталмады, дегенмен 1974-2019 жылдардағы қысқы жауын-шашынның өсуі байқалады.

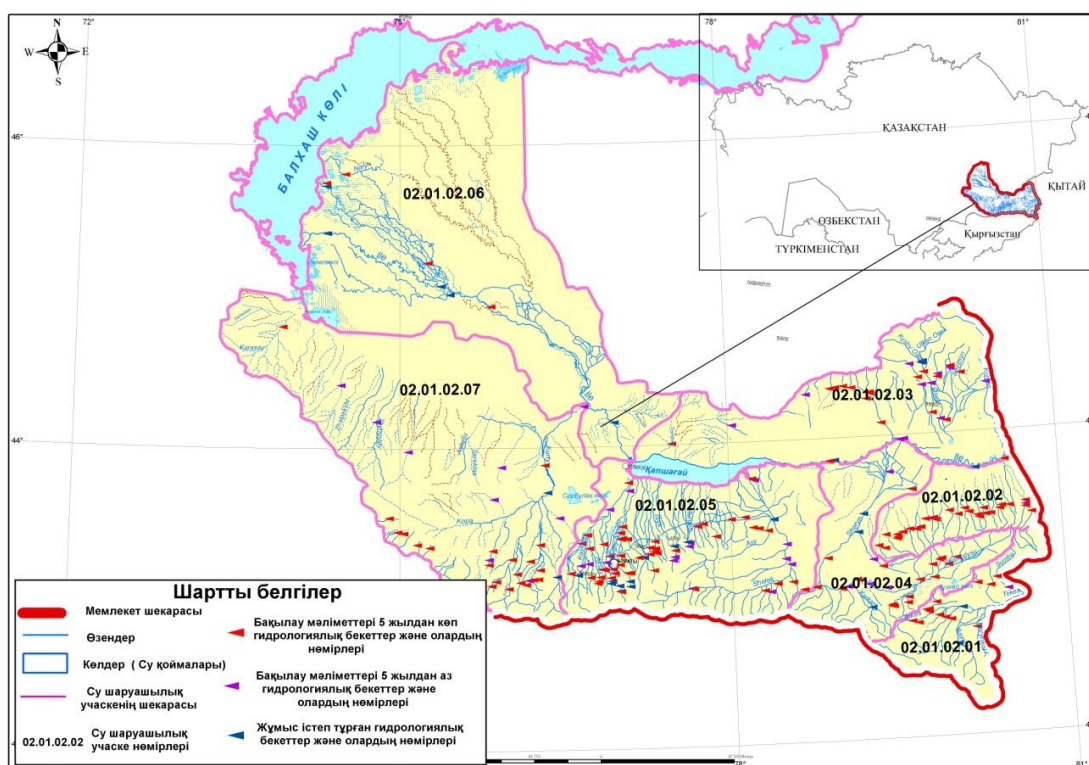
Сценарлық болжамдарға тоқталатын болсақ АМЖАҰ 5 үлгілерінің ансамбліне негізделген екі сценарий бойынша одан әрі климаттың жылынуы күтілуде. 2030 жылға зерттеу аумағында ауаның орташа жылдық температурасының болжамды өзгеруі $1,5-2,9^{\circ}\text{C}$ аралығында өзгереді, ал 2050 жылға қарай температураның жоғарылауы базалық кезеңдерге (1981-2000) қарағанда $2,9^{\circ}\text{C}$ жетуі мүмкін. Температураның ең жоғары көтерілуі жаз айларында (шілде, тамыз) күтіледі. Сценарлық болжамдарға сәйкес жауын-шашынның жылдық мөлшерінің шамалы өсуі күтілуде.

4 ІЛЕ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АҒЫНДЫ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУ

4.1 Алаптың гидрологиялық зерттелуі және бастапқы ақпараттардың сапасын бағалау

Іле өзені алабының гидрологиясы туралы алғашқы мәліметтерді Л.С.Бергтің 1903 жылы Орталық Азияға саяхаты кезінде [190] алынған. Іле өзені алабындағы өзендердегі алғашқы гидрометриялық жұмыстар да 20 ғасырдың басынан басталады. Оларды Ауыл шаруашылығы министрлігіне қарасты жерлерді жақсарту басқармасының гидрометриялық бөлімі ұйымдастырды: 1910 жылы Іле өзенінің Іле ауылынан 12 км төмен жерде, ал 1912 жылы 31 шілдеде Іле – Борохудзир (Борохудзир шатқалы) гидрологиялық бекеті ашылды.

Негізгі өзендерде ағындыны жүйелі түрде бақылау тек мемлекеттік гидрометеорологиялық станциялар басқармасымен 30-жылдары басталды (Қазгидромет ҚазКСР 01.03.88 ж. бастап). 80-ші жылдардың басында олар 84. 1900 жылдан бастап Іле өзені бассейнінің гидрометриялық желісі тығыз болды және мұнда әртүрлі бөлімдерге жататын 300-ге жуық гидрологиялық бекеттер жұмыс істеді, олардың кейбіреулері маусымда немесе 1-3 жыл ғана жұмыс істеді. Іле өзені алабы жалпы алғанда 7 су шаруашылығы учаскелерінен тұрады (Қосымша Г). Алаптағы гидрологиялық станцияларының орналасу сұлбасы төмендегі суретте көрсетілген (сурет 14). Қазіргі кезде Іле алабында тұрақты жұмыс істеп тұрған 35 ГБ бар.



Сурет 14 - Іле өзені алабының гидрологиялық станцияларының орналасу карта-сұлбасы

4-кестеде Іле өзені алабының гидрологиялық бекеттеріндегі бақылаулардың ұзақтығы туралы мәліметтер келтірілген. Іле өзенінің алабы жеті су шаруашылығы учаскелерінен тұрады. Гидробекеттердің ең көбі (38) 02.01.02.05 су шаруашылығы учаскесінде орналасқан. Ең азы (2) - 02.01.02.01 су шаруашылығы учаскесінде.

Кесте 4 - Су шаруашылығы учаскелеріндегі гидрологиялық бекеттер саны

СШУ №	Бақылау ұзақтығына байланысты ГБ саны					Барлығы
	< 5	5-10	11-20	21-30	> 30	
02.01.02.01					2	2
02.01.02.02	1		1		4	6
02.01.02.04			1		4	5
02.01.02.05	4	1	6	5	22	38
02.01.02.03	3	1	2		5	11
02.01.02.06	3		2	4	4	13
02.01.02.07	4	1			1	6

Зерттелетін аймақ бойынша бекеттер біркелкі орналаспаған. Гидрометеорологиялық станциялардың көпшілігі өзендердің ағынды қалыптастыру аймағының төменгі шекарасында таулардан шығатын бөліктерде орналасқан. Ауыл шаруашылығында жиі пайдаланылатын ағындының жайылу аймақтары (жазық аумақ) жеткілікті қамтылмаған.

Ұзақ мерзімді бақылаулар Іле өзені - Қапшағай ГЭС-нен 37 км (ур. Қапшағай) төмен орналасқан ГБ - (1910-2007, 2010-2012 жж.) - 101 жыл, Алматы өзені - Алматы қ. (Бутаковка өзенінің сағасы, дамба) (1916, 1917, 1927-2012 жж.) - 88 жыл, Қаскелең өзені -Қаскелең қ. (1928-1998, 2000-2012 жж.) - 84 жыл, Шарын өзені - Сарытоғай шатқалы (1928-2004, 2006-2012 жж.) - 84 ж. "Қазгидромет" РМК ведомствосындағы Іле өзені алабының негізгі гидрологиялық бекеттері туралы қысқаша мәліметтер төменде кестеде келтірілген (кесте 5). Іле алабы бойынша ГБ туралы толық ақпарат қосымшада (Қосымша Д, кесте Д.1) берілген.

Гидрологиялық бекеттер саны біршама көп орналасқан Іле Алатауы өзендерінің алаптары бойынша да таралуы біркелкі емес. Кіші Алматы өзенінің алабы неғұрлым толық зерттелген, онда алты ГБ жұмыс істеп тұр. Сондай-ақ Үлкен Алматы өзенінің алабы да жақсы зерттелген. Ұзын Қарғалы, Шамалған, Қаскелең, Ақсай, Түрген және т.б. өзендерінің таулы бөліктерінде тек бір, екі ГБ жұмыс істейді.

Өсек өзені алабында екі гидробекет толық жұмыс істейді. Басқа шағын өзендер мен уақытша су ағындарының алаптарында гидробекеттер жоқтың қасы. Көбінесе бақылау ұзақтығы бір жылдан бірнеше жылға дейін созылған.

Кесте 5 - "Қазгидромет" РМК ведомствосындағы Іле өзені алабының негізгі гидрологиялық бекеттері туралы мәліметтер [191]

Өзен аттары	Гидробекет аттары	Өзен сағасынан ара қашықтығы, км	Су жинау алабы		Жұмыс жасау кезеңі	
			Ғ, км ²	Норт., м	ашылуы	жабылуы
1	2	3	4	5	6	7
Іле өзені	Қайырған шатқалы, Қорғас өзені құятын жерден 4 км төмен	811	60800	-	28.08.1912	30.06.1958
Іле өзені	Добын айлағы	723	64388		22.05.2000	жұмыс істейді
Іле өзені	Борохудзир айлағы	697	71800	-	31.08.1912 (27.06.1948)	29.05.1998
Іле өзені	Іле а. 164 км жоғары	635	84200	-	01.09.1956	жұмыс істейді
Қорғас өзені	Басқыншы а. 11 км жоғары	4,0	80		01.01.2005	жұмыс істейді
Өсек өзені	Кіші Өсек өзені құятын жерден 1,7 км жоғары	119	724	2980	1913 (30.06.1966)	жұмыс істейді
Кіші Өсек өзені	Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары	0,2	407	2880	26.03.1913 (25.10.1960)	жұмыс істейді
Борохудзир өзені	Кийтін а.	37	470	2100	1948	29.05.1998
Іле өзені	Іле а. (Қапшағай шатқалы) 37 км төмен	434	111000	-	1910	жұмыс істейді
Іле өзені	Үшжарма а.	270	129000	-	08.10.1937 (01.01.1970)	1996
Іле өзені	Жиделіден 1км төмен	228	129000	-	29.03.1956 (01.09.2002)	жұмыс істейді
Іле өзені, Суминка саласы	бастаудан 6 км төмен	13			18.09.1956 (01.01.2012)	жұмыс істейді
Іле өзені, Жиделі саласы	бастаудан 16 км төмен	-	107		15.12.1967	жұмыс істейді
Іле өзені, Жиделі саласы, Иір тармағы	сағадан (Иір а.) 2,5 км	2,5	-		09.06.1957 (01.09.2002)	жұмыс істейді
Іле өзені	Жиделі а.	35	131000	-	16.06.1967 (01.09.2002)	жұмыс істейді
Текес өзені	Текес а.	331	1770	2910	1929	жұмыс істейді
Байынқол өзені	Байынқол а.	43	734	3290	1946	жұмыс істейді
Сұпатсай руч.	с. Үлкен Дикан	27	67	2370	1937	1979
Дартамты руч.	Дартамты а.	25	94,5	2350	1935	1986
Ұзынкүңгей басы өзені	Тегермен а.	28	68,4	2290	1935	1987
Сүмбе өзені	Сүмбе а.	8	86,7	2270	1937	1987
Подгороное өзені	Қырғызсай а.	16	12,2	2340	1946	1957
Шарын өзені	Жалаулы а.	207	2860		1981	01.01.1996
Шарын өзені	Ү.Талдыбұлақ өз. сағасынан 2 км төмен	184	5070	2460	1930	01.07.1998
Шарын өзені	Сарытоғай шатқалы	84	7370	2240	1928	жұмыс істейді
Қарқара өзені	таудан шыққан жері	43	997	3210	1960	жұмыс істейді
Темирлік өзені	с. Темирлик	9,4	504	2090	1963	жұмыс істейді
Шелек өзені	Бартоғай су қоймасынан жоғары	88	3390		01.01.2005	жұмыс істейді
Шелек өзені	Малыбай ауылы	63	4300	2560	22.03.1928 (04.03.1983)	жұмыс істейді
Шелек өзені	саға	12	4740	1112	21.05.1970	12.09.1994
Қаратұрық өзені	Қаратұрық а.	16	159	1970	1942	1985
Түрген өзені	Таутүрген а.	66	614	2750	1932	жұмыс істейді
Шенгелді өзені	Шенгелді а.	16	1360	650	01.07.1960	12.09.1994

5-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
Есік өзені	Есік қ.	68	256	2990	1915	жұмыс істейді
Талғар өзені	Талғар қ.	92	444	3240	1928	жұмыс істейді
Қаскелең өзені	Қаскелең қ.	116	290	2680	1928	жұмыс істейді
Қаскелең өзені	саға	13	2640		1974	01.04.1992
Шамалған өзені	Шамалған а. 6 км жоғары	45	139	2450	1928	1988
Ү. Алматы өзені	ҮАК 2 км жоғары	87	71,8	3590	1928	жұмыс істейді
Ү. Алматы өзені	Проходная өзені сағасынан 2 км жоғары	76	155	3120	1952	жұмыс істейді
Құмбел өзені	саға	0,9	22,4	3250	07.09.1951 (21.06.2010)	жұмыс істейді
Проходная өзені	саға	1,4	82	3160	01.06.1951 (24.07.2003)	жұмыс істейді
Терісбұтақ өзені	саға (Алматы қ.)	1	31	2250	1947	жұмыс істейді
К. Алматы өзені	Мыңжылқы МС	116	21	3660	1936	жұмыс істейді
К. Алматы өзені	Тұйықсу базасы	113	28	3520	1939	жұмыс істейді
К. Алматы өзені	Сарысай өзенінің төменгі сағасы	108	45,2	3177	1973	жұмыс істейді
К. Алматы өзені	Алматы қ.	99	118	2560	1916	жұмыс істейді
К. Алматы өзені	Медеу	111	74,1		01.06.2000 (01.05.2005)	жұмыс істейді
Сарысай өзені	саға	0,2	10	2760	1942	2012
Горельник руч.	Горельник турбазасы	0,2	11,9	2930	1940	1988
Батарейка өзені	Просвещенец	0,2	5,55	2240	1941	жұмыс істейді
Бутаковка өзені	Бутаковка а., Шыбынсай өз. сағасы	4,5	17,2	2120	1940	жұмыс істейді
Күрті өзені	Ленин клх. базасы	122	9500	1010	01.06.1941 (01.01.2005)	жұмыс істейді
Ұзынқарғалы өзені	Фабричный а.	101	344	2590	1927	жұмыс істейді

Шарын, Текес өзендерінің алаптарында, Кеген және Іле өзендерінің аралығында гидрометриялық бақылау 20-шы жылдардың соңында басталды; 1927 жылы Шарын - Сарытоғай гидробекеті ашылды, 1929 жылы Кеген - Талдыбұлақ өзенінің сағасынан 2 км төмен жерден бекет ашылды; ал 30-шы жылдардан бастап бекеттер басқа да шағын өзендерде пайда болды.

4.2 Өзендердің жылдық ағынды қатарларын қалпына келтіру

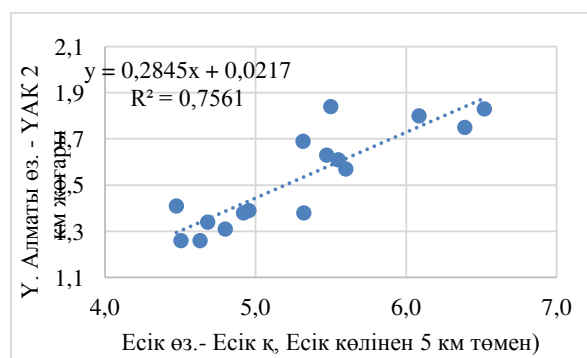
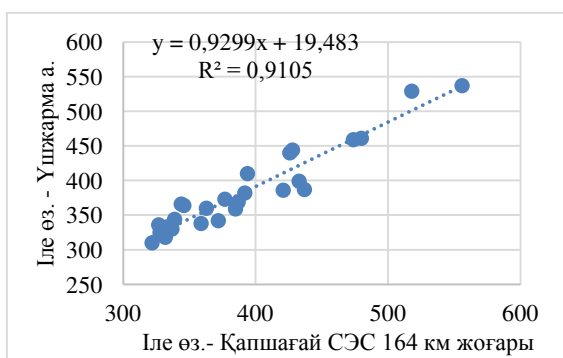
Гидрологиялық бекеттердің басым көпшілігінде бақылау қатарларында үзілістер немесе мәліметтер жоқ болады. Бұл жағдайда жылдық ағынды қатарларын қайта қалпына келтіру қажет. Ол үшін гидрологиялық аналог әдісі, ағын мен метеорологиялық элементтердің (жауын-шашын мен температура) байланыс әдісі қолданылады. Аналог бекет таңдау кезінде негізгі критерий жұптық немесе көптік корреляция коэффициенті арқылы көрсетілетін есептік бекет мен аналогтың өзен ағындысының синхрондылығы болып табылады. Мысал ретінде 6-кестеде кейбір

гидрологиялық бекеттердің ағынды қатарын қалпына келтіру туралы мәліметтер көрсетілген.

Кесте 6 - Гидрологиялық бекеттер бойынша өзендердің қалпына келтірілуі туралы қысқаша мәліметтер

Өзен-бекет	Аналог	Кор.коэф r	Регрессия теңдеуі
Байынқол өз. - Байынқол а.	Байынқол өз. - Байынқол а. (QIV-IX)	0,97	$y = 0,552x + 1,275$
	К. Алматы өз. – Сарысай сағасынан төмен	0,73	$y = 9,085x - 0,017$
Кіші Өсек өз. - Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары	Кіші Өсек өз. - Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары (Q_{V-IX})	0,96	$y = 0,467X_{\text{вер.}} + 0,943$
Ү.Алматы өз. – ҮАК 2 км жоғары	Есік өз.- Есік қ, Есік көлінен 5 км төмен	0,76	$y = 0,2845x + 0,0217$
Шарын өз. - Жалаулы а.	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы	0,90	$y = 0,128x + 3,016$
Шарын өз. - Ү.Талдыбұлақ өз. сағасынан 2 км төмен	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы	0,87	$y = 0,522x + 7,766$
Шелек өз. - Малыбай а.	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы	0,78	$y = 0,3126x + 23,352$
Асы өз. - Асысаға а.	Түрген өз. - Таутүрген а.	0,90	$y = 0,430x - 0,928$
Іле өз. - Қапшағай шатқалы (37 км)	Іле өз. – Үшжарма а.	0,99	$y = 1,0145x + 2,2648$
Іле өз. – Үшжарма а.	Іле өз. - Қапшағай шатқалы (37 км)	0,98	$y = 0,9658x + 9,6759$
	Іле өз. – Қапшағай СЭС 164 км жоғары	0,91	$y = 0,9299x + 19,483$
Күрті өз.- Ленин клх. базасы	Аксенгір МС бойынша $X_{\text{жыл}}$, $T_{\text{жыл}}$	0,72	$y=0,008x_1-0,341x_2+3,9$
Ұзынқарғалы өз. – Фабричный а.	Түрген өз. - Таутүрген а.	0,79	$y = 0,615x - 0,854$

Бұдан басқа, жылдық ағын қатарларын қалпына келтіру кезінде ГБ жай-күйі туралы, өзендегі су ағыны режиміне әсер еткен өлшеу тұстамасынан жоғары су шаруашылығы іс-шаралары туралы барлық ақпарат ескерілді. Мұндай ақпарат гидрологиялық анықтамалықтардан алынған. Шаруашылық іс-шараларының мерзімі туралы ақпарат болмаған жағдайда, өзен суының табиғи режимінің бұзылу жылын анықтау үшін оларды анықтау бойынша әртүрлі тәсілдер қолданылды. Іле өзені алабы бойынша өзендерді қалпына келтіру туралы толық мәліметтер қосымшада (Қосымша Е) келтірілген. 15-суретте қарастырылып отырған алап бойынша ағынды қатарларын қалпына келтіру кезінде пайдаланылған негізгі өзен мен аналог өзеннің орташа жылдық шамалары арасындағы байланыстың кейбір графиктері көрсетілген.



Сурет 15 - Есептік (негізгі) және аналог өзен арасындағы орташа жылдық су өтімінің байланыс графиктері

4.3 Іле алабы өзендерінің ағынды ресурстарының аумақтық таралу ерекшеліктері

Өзен ағындысының көпжылдық өзгерісін талдау негізінде су өтімінің жылдар бойы тұрақты ауытқулар болатынын көрсетеді. Ағындының уақыт бойынша ауытқуы суы мол және су аз жылдар түрінде көрінеді және олар бір-бірінен барлық қарастырылып отырған кезеңдегі орташа ағындыдан ауытқуы бойынша да, бір кезеңнің ұзақтығы бойынша да ерекшеленеді. Бұл топтар әртүрлі ұзақтықтағы және сулылығының әртүрлі диапазонындағы циклдарды құрайды [95 б.86; 115 б.96].

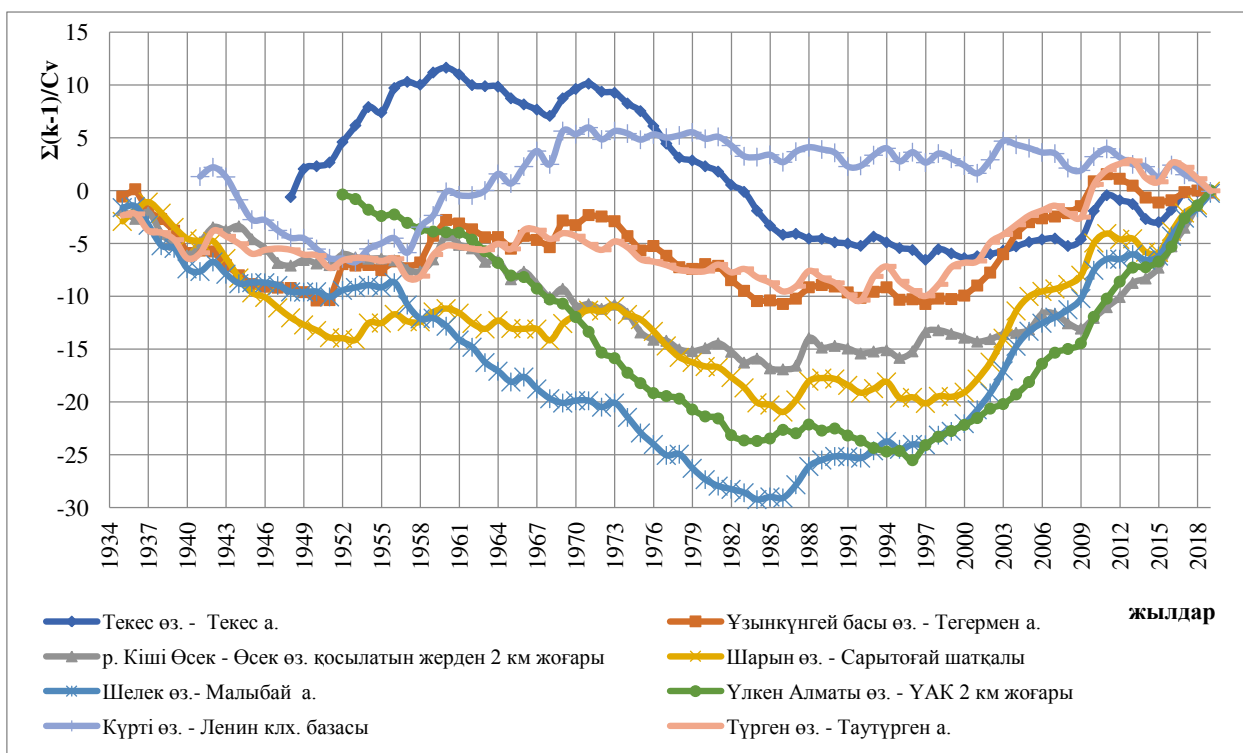
Жалпы алғанда өзен ағындысындағы көпжылдық өзгерістерін бағалаудың екі тұжырымдамасы бар. Біріншісі бойынша, өзен ағындысының қалыптасуы оның стохастикалық табиғатына негізделген. Яғни бақыланатын уақыттық қатарларды пайдалана отырып, уақыт пен кеңістіктегі өзен ағындысының өзгеру заңдылықтарының ықтималдылығын сипаттайды, бұл заңдылықтар келешектеде сақталады деп қарастырылады. Алайда, уақыт өте келе, климаттың өзгеруі салдарынан, сондай ақ өзен ағындысының бақылау қатарлары ұзарған сайын, бастапқы уақыт қатарларының жеке сегменттеріне тән кеңістіктік және уақытша біртекті еместігі байқалады. Кеңістіктіктегі гетерогенділік негізінен жер бетінің ландшафттық өзгеруіне байланысты, ал уақытша гетерогенділік негізінен климаттық және гидрологиялық жүйелерге сыртқы әсерлердің, соның ішінде радиациялық (күннің айналасындағы жердің орбиталық қозғалысының әсерінен пайда болатын инсоляциялық тербелістер), гравитациялық (ай мен күннің толқындары, басқа планеталардың тікелей және жанама әсерлері) және антропогендік әсердің әсерінен қалыптасады. Нақты деректерді талдау климаттық және гидрологиялық сипаттамалардың уақыттық қатарларында кейбір қайталанушылықтармен сипатталады, бірақ олардың параметрлерінде ерекшеленетін тербеліс циклдері байқалады, бұл өзен ағындысының антропогендік өзгеруін қамтитын екінші тұжырымдаманы құрайды [125 б.142; 126 б.155].

Осылайша, гидрологиялық сипаттамалардың барлық уақыттық қатарлары үшін полициклдік (әртүрлі уақыт диапазондарындағы өзгергіштік), стационарлық емес және монотондылықтың болмауы тән. Өзен ағындысының келешектегі өзгеруіне қатысты тұжырымдамаға сәйкес сол өзгерістерді бағалау әдістерін таңдау қажеттілігі туындайды. Климаттық және гидрологиялық циклдің тұрақтылығы тұжырымдамасы ықтималды-статистикалық әдістерді қолдануды қарастырады. Ал климаттық, антропогендік өзгерістерге сай өзен ағындысының уақытша қатарларында бір бағытты үрдістерді (трендтерді) және оны айқындайтын факторларды кейіннен экстраполяциялай отырып, уақыт қатарының детерминистік құрамдасын анықтау, сондай-ақ әсер ету факторлары мен жауап беру сипаты арасындағы функционалдық байланыстарды белгілеу қажеттілігіне алып келеді.

Қарастырылып отырған алаптағы өзен ағындысының уақыттық қатарынан есептік кезеңді таңдау және ауытқу заңдылықтарын анықтау үшін ағындының ең ұзақ бақылау қатары бар әртүрлі гидрологиялық біртекті аудандар үшін гидробекеттер таңдалып, ГБ ашылғаннан 2019 жылға дейінгі кезеңде жылдық (шартты-табиғи) ағынды қатарлары қайта қалпына келтіріліп, олар бойынша ағындының айырымды интегралдық қисықтары салынды (сурет 16).

Суреттен көрініп тұрғандай, Іле өзені алабындағы негізгі өзендердің интегралды қисықтарының көпшілігінде өзен сулылығының 4 негізгі кезеңі байқалады: 30-шы жылдардан 50-ші жылдарға дейін суы аз, содан кейін 70-ші жылдарға дейін суы мол фазасы, 70-ші жылдардан бастап 80-ші жылдардың ортасына дейін судың азаюы байқалады, содан кейін судың кобеюі қазіргі уақытқа дейін жалғасуда. Дегенмен кейбір өзендерде (Күрті өзені, Түрген өзені) соңғы жылдарда судың азаюы тіркелген.

Кейбір өзендердің интегралдық қисықтарында (Ұзынкүңгей басы, Кіші Өсек өзені) қосымша үшінші элемент, яғни 60-жылдардың аяғындағы шағын шың байқалады. Сондай ақ Үлкен Алматы өз. – ҰАК 2 км жоғары және Шелек өз. – Малыбай ауылы бекеттерінде ағынды жүрісі біршама ассиметриялы, мұнда судың азаюы 60-шы жылдардан басталып 90-шы жылдарға дейін созылған. Интегралдық қисық сызықтарынан, сонымен қатар климаттық жылынуды ескере отырып есептік кезең ретінде 1974-2019 жж. таңдап алынды.

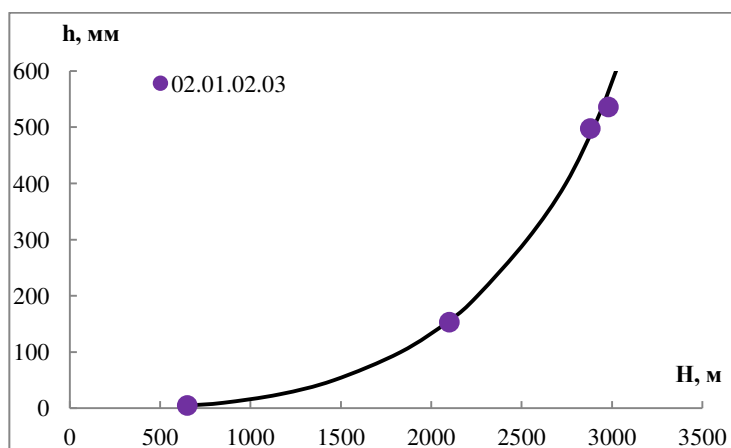
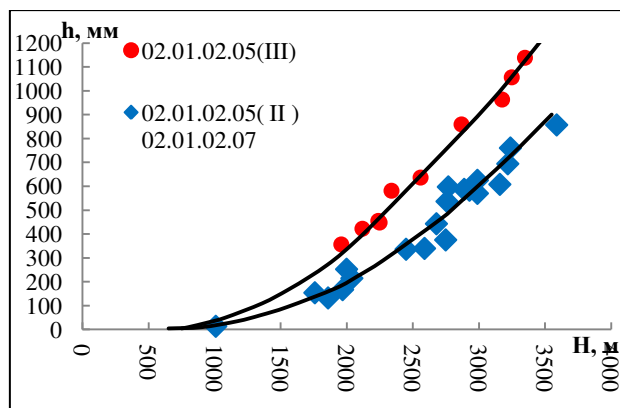
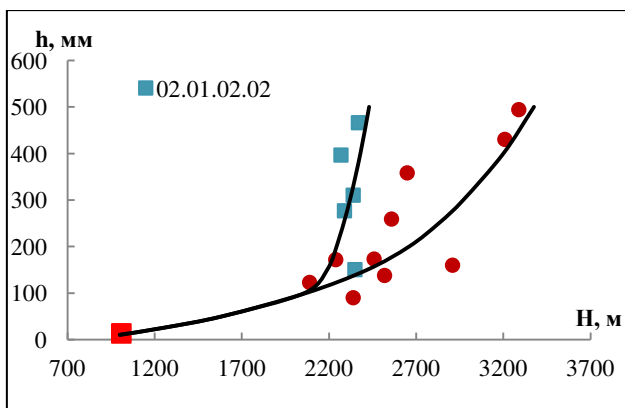


Сурет 16 – Іле өзені алабының негізгі өзендерінің модульдік коэффициенттерінің біріктірілген интегралдық қисықтары

Орташа көпжылдық ағындының картасын жасау. Ағынды карталарын құру үшін репрезентативті гидробекеттердегі ағындының орташа көпжылдық шамалары және оларды талдау негізінде алынған ағындының су жинау алабының орташа салыстырмалы биіктігіне байланысы $h = f(N_{орт.сал})$ пайдаланылды. Ағындының су жинау алабының орташа салыстырмалы биіктігіне негізделген $h = f(N_{орт.сал})$ қисықтары сызылады, мұнда абсцисса су жинау алабының орташа салыстырмалы биіктіктерін ($N, м$), ал ордината ағынды қабатын ($h, мм$) көрсетеді. Ағынды қабаты ағынды қалыптасатын аймақта орналасқан репрезентативті гидробекеттердегі орташа көпжылдық нормамен анықталады.

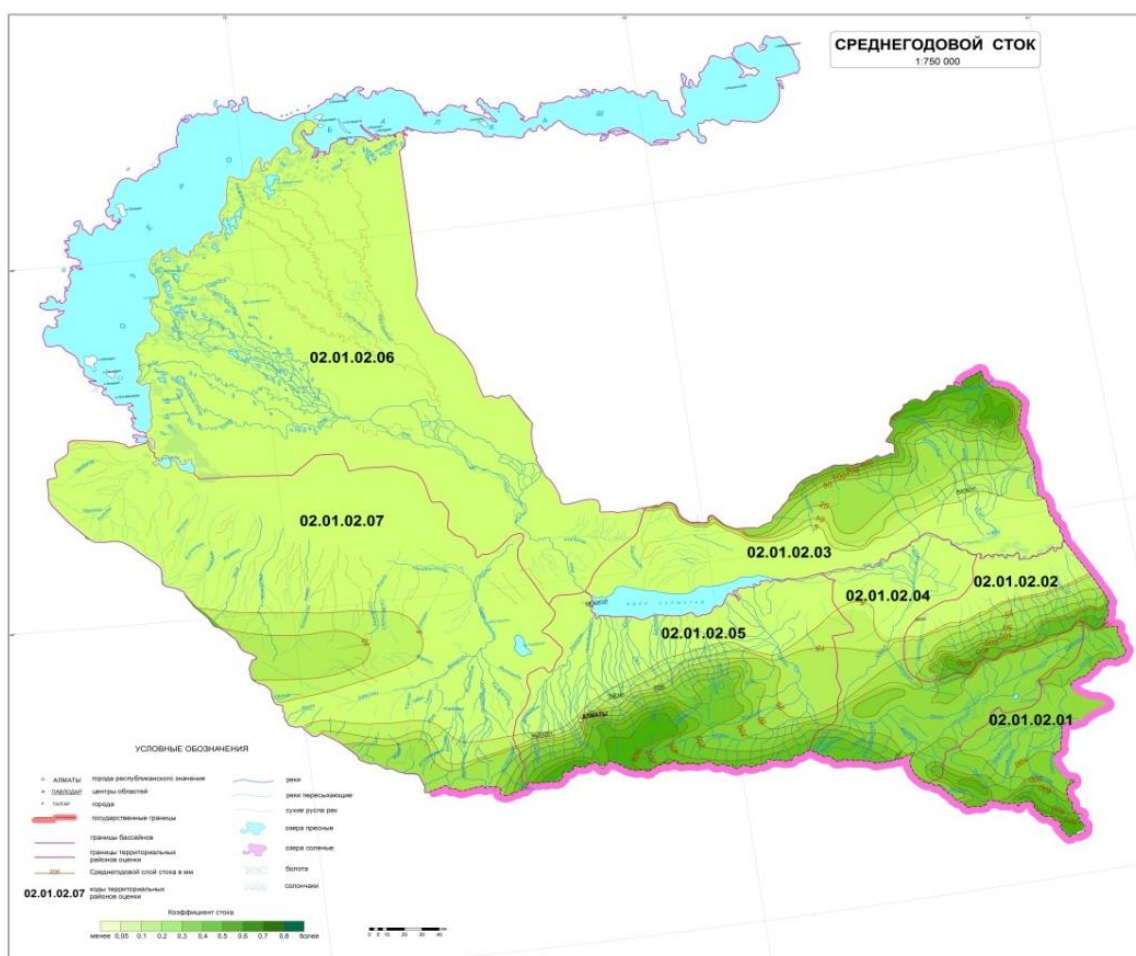
Репрезентативтік бақылау бекеттері бойынша орташа көпжылдық ағынды туралы деректер негізінде Іле өзені алабы бойынша 5 тәуелділік қисықтары алынды (сурет 17).

Байланыс қисықтарын салу үшін су жинау алаңы 50 мың км²-ден жоғары өзендер, ұсақ бұлақтар мен уақытша су ағындары, ағыстың таралу аймағындағы гидробекеттер, сондай-ақ азоналды факторлардың әсері салдарынан үлкен ауытқуы бар нүктелер пайдаланылмаған. Жекелеген жағдайларда бір тәуелділікте бір-бірінен біршама алыс орналасқан, бірақ қалыптасу шарттары ұқсас (мысалы Текес, Шарын, Шелек өзендері) өзендер біріктірілген.



Сурет 17 - Іле өзені алабы бойынша ағынды қабатының аймақтық байланыс қисықтары

Сонымен қатар зерттелмеген учаскелердегі ағындыны анықтау мақсатында Шульц В.Л. ұсынған әдіске негізделген ағынды картасы жасалған. Осы картаны құру кезінде ГП бойынша алынған орташа көпжылдық ағынды (ағынды қабаты h) таулы аудандардағы су жинаудың орташа өлшенген биіктігіне сәйкес келетін көлденеңге, жазық аудандардағы геометриялық орталыққа жатқызылған. Содан кейін сызықтар ағынды қабатының тең мәндерінің нүктелері бойынша жүргізілді. Әрі қарай, изосызықтар рельефтің, орографияның, тау беткейлерінің осы аймақтарға түсетін ылғал массаларына қатысты бағыты негізінде түзетілді. 13-суретте Іле өзені алабының орташа көпжылдық ағынды қабатының (мм) картасы көрсетілген. Іле өзені алабындағы өзендердің орташа жылдық ағындысы 0-ден 800 мм-ге дейін өзгереді (сурет 18).



Сурет 18 - Іле өзені алабының орташа көпжылдық ағынды қабатының (мм) картасы [190 б.19]

Ағындының ең үлкен қабаты Іле Алатауының орталық бөлігі (02.01.02.05), Текес өзені алабында (02.01.02.01) байқалады, онда ағынды қабаты 800 мм-ге дейін жетеді, сондай-ақ Ұзынқара жотасының батыс сілемінде ағындының ең жоғары мәні 600 мм-ге тең. Ағындының ең аз

кабаты Ұзынқара жотасының сол жағалау бөлігіндегі және Шу-Іле суайрығының солтүстік беткейіндегі суы аз өзендер жатады.

Іле өзені алабының су ресурстарын бағалау. Өзен суларының су ресурстық потенциалын екі көрсеткішпен сипаттауға болады: табиғи (климаттық) ресурстар, нақты (антропогендік жүктеме әсерінен өзгерген) ресурстар. Табиғи су ресурстары деп кез келген аумақтың өзен ағындысының жыл сайынғы жаңартылатын ресурстарын айтсақ болады. Яғни төменде табиғи су ресурстарына тоқталатын боламыз.

Су шаруашылығы учаскелері бойынша ағындының орташа көпжылдық мәндерін есептеу үшін зерттелген (нақты бақылаулармен қамтылған) және зерттелмеген (бақылаулармен қамтылмаған) учаскелер бойынша алынды. Іле өзені алабындағы су шаруашылық учаскелер бойынша есептелген жергілікті су ресурстары төменде көрсетілген (кесте 7).

Кесте 7 – Іле өзені алабы бойынша 1974-2019 жж. аралығындағы жергілікті табиғи (климаттық) су ресурстары

Аудан	Сушаруашылық аудандар	Жергілікті су ресурстары, км ³		
		Зерттелген	Зерттелмеген	Жалпы
Текес өзені алабы	02.01.02.01	0,66	0,38	1,04
Кетмен жотасының солтүстік баурайындағы өзендер алабы	02.01.02.02	0,099	0,395	0,49
Үсек өзені алабы	02.01.02.03	0,69	0,91	1,60
Шарын өзені алабы	02.01.02.04	0,92	0,013	0,93
Іле-Алатауының солтүстік баурайындағы өзендер алабы	02.01.02.05	2,51	0,097	2,61
Күрті өзені алабы	02.01.02.07	0,12	0,095	0,22
Жалпы су ресурстары		5,00	1,89	6,89

Қазіргі уақытта, дәлірек айтсақ, 1974 - 2019 жылдар аралығында Іле өзені алабындағы өзен ағындысының жалпы табиғи (климаттық) ресурстары 21,8 км³ құрайды, оның 6,89 км³ жергілікті ресурстар, Қытайдан келетін ағынды (Іле өзені бойынша) - 15,3 км³, Қырғыз Республикасынан (Қарқара өзені бойынша) - 0,37 км³ құрайды, ҚХР кететін су (Текес өзені бойынша) - 1,00 км³.

02.01.02.01 СШУ Текес өзені алабын қамтиды. Бұл учаскеге басқа аймақтардан ағынды кірмейді. Бұл территорияда қалыптасқан су ресурстары зерттелетін (0,66 км³) және зерттелмеген (0,38 км³) аймақтарының ағынды суларының қосындысымен бағаланатын 1,04 км³ көлеміндегі жергілікті ресурстарды құрайды. СШУ қалыптасатын негізгі су мөлшері Текес өзені арқылы ҚХР аумағына өтеді.

02.01.02.02 СШУ келетін су жоқ. Ұзынқара жотасынан төмен қарай ағатын көптеген шағын өзендер мен бұлақтардың жалпы ағындысы жергілікті ресурстарды құрайды. Зерттелген аумақтардағы ағынды 0,10 км³, зерттелмеген аумақтардағы ағынды 0,39 км³, жалпы ағынды 0,49 км³ (кесте 8).

Кесте 8 – Іле өзені алабы бойынша 1974-2019 жж. аралығындағы жалпы табиғи (климаттық) су ресурстары

Аудан	Келетін ағынды көлемі, км ³	Жергілікті су ресурстары, км ³	Жалпы су ресурстары, км ³
02.01.02.01		1,04	1,04
02.01.02.02		0,49	0,49
02.01.02.03	15,6	1,60	17,2
02.01.02.04	0,38	0,93	1,31
02.01.02.05		2,61	2,61
02.01.02.07		0,22	0,22
Жалпы	15,9	6,89	21,8

02.01.02.03 СШУ Жетісу Алатауының оңтүстік беткейінен (Өсек, Қорғас) ағатын өзендер жергілікті су ресурстарын құрайды, сондай-ақ ҚХР мемлекеттік шекарасынан Қапшағай шатқалына дейінгі (Қапшағай су қоймасын қоса алғанда) аралықты қамтитын Іле өзен кіреді. Жергілікті су ресурстары 1,60 км³. Бұл учаскеге ҚХР-нан (Іле өзені – Қайырылған шатқалы ГБ), 02.01.02.04 СШУ Шарын өзені арқылы, 02.01.02.05 СШУ Іле өзеніне құятын өзендері арқылы ағынды кіреді.

02.01.02.04 СШУ Шарын өзенінің алабын қамтиды, жергілікті су ресурстары 0,93 км³ құраса, Қарқара өзені арқылы Қырғыз Республикасынан 0,38 км³ су келеді.

02.01.02.05 СШУ Іле Алатауы жотасының солтүстік беткейіндегі өзендердің (Қаскелең, Шамалған, Үлкен және Кіші Алматы, Талғар, Түрген, Есік және т.б. өзендері) ағындысы осы учаскедегі су ресурстарын қалыптастырады. Бұл аймаққа келетін ағынды жоқ. Жергілікті ресурстар 2,61 км³ құрайды.

02.01.02.06 СШУ Қапшағай су қоймасынан (Қапшағай шатқалы) Балқаш көліне дейінгі аралықты қамтиды, яғни ағындының жайылатын аумағы. Тек учаскенің басында 0,090 км³ құрайтын шағын ағындар қалыптасады. Учаскеге Іле өзені және 02.01.02.03 СШУ арқылы су келеді. Учаскеде жалпы ағынды 14,8 км³ құрайды.

02.01.02.07 СШУ Күрті өзенінің алабын қамтиды. Мұнда басқа СШУ су келмейді. Жергілікті ресурстар 0,22 км³.

4.4 Өзен ағындысы ресурстарының қазіргі климаттық үрдістерге байланысты өзгеруі

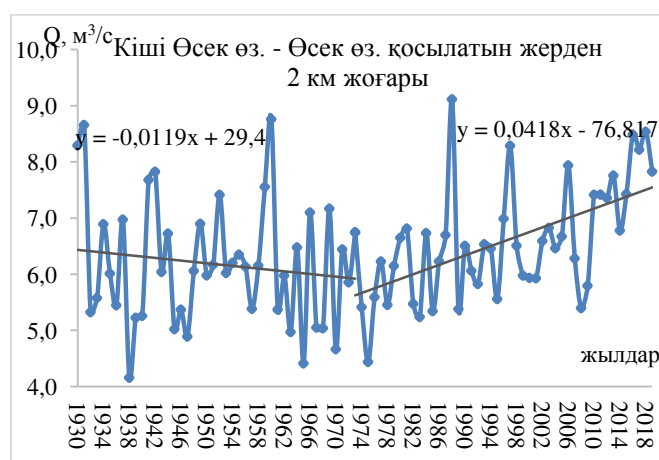
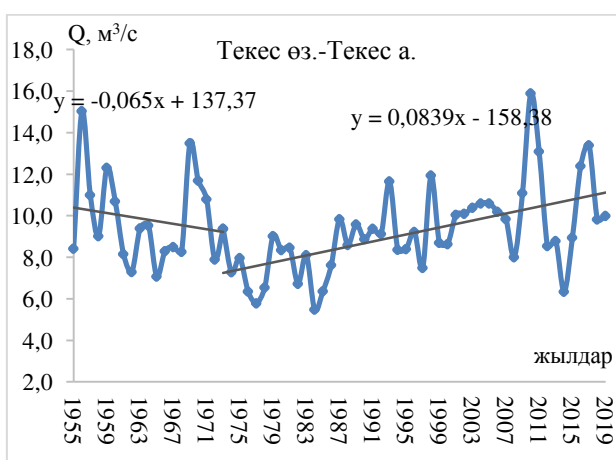
Климаттың өзгеруі барысында су ресурстарының аумақ бойынша біркелкі таралмауы айқын көрінуде. Жер бедеріне, геологиялық құрылымына, қоректену сипатына қарағанда өзгерістерге барынша бейім ағынды сулардың пайда болуының негізгі факторлары ауа температурасы мен жауын-шашын сияқты метеорологиялық сипаттамалар болып табылады.

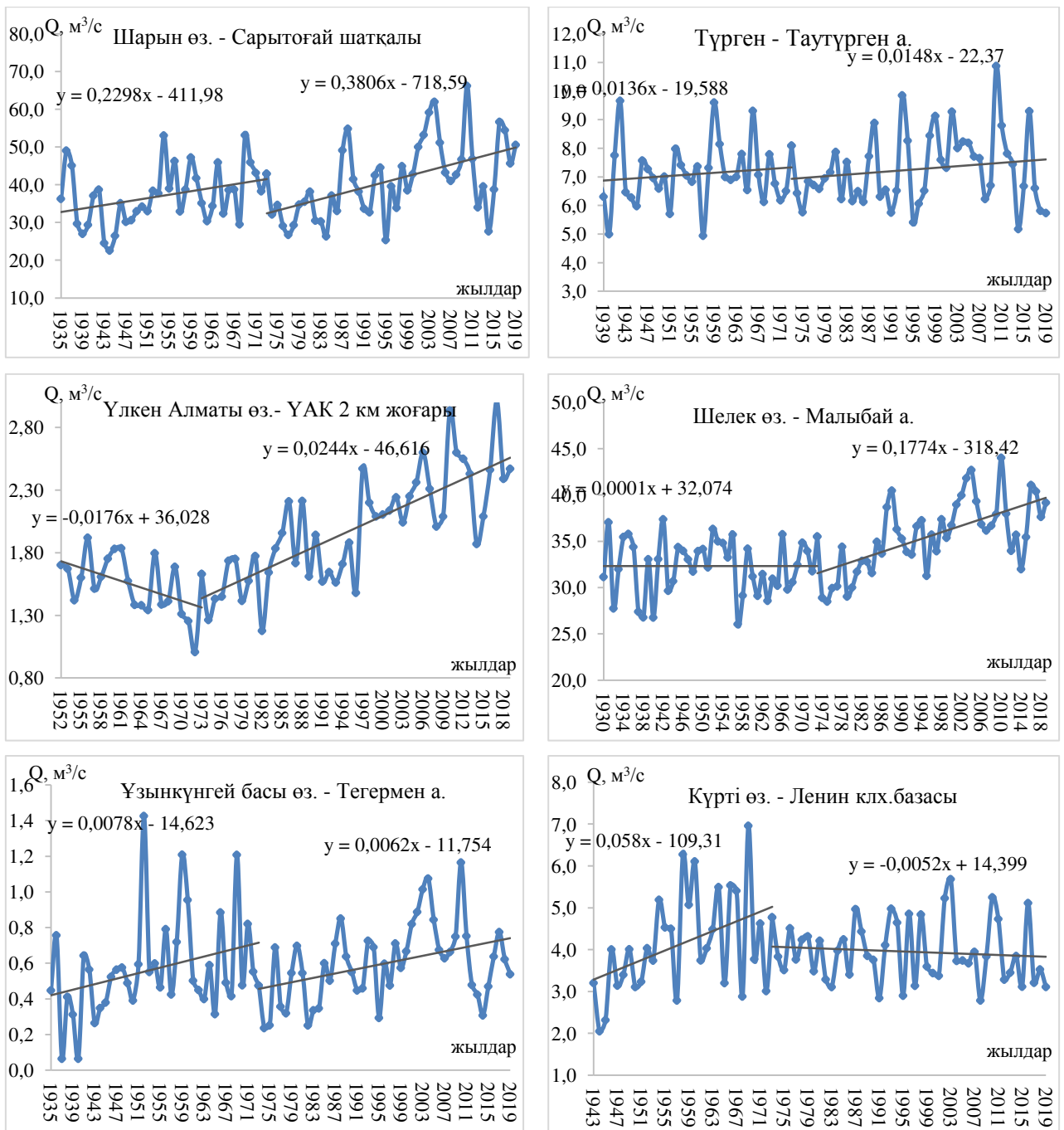
Сонымен қатар, климаттық сипаттамалардағы заманауи өзгерістерді бағалау осы өзгерістерге байланысты өзен ағындысын бағалауға мүмкіндік береді.

Климаттың өзгеруін зерттеуге арналған жұмыстарда негізінен ауа температурасы мен жауын-шашынның ауытқуы зерттеледі, себебі бұл элементтерде бақылаулардың ең ұзақ және сенімді қатарлары бар. Жоғарыда Іле өзені алабы бойынша бұл параметрлердің көпжылдық өзгерісі қарастырылған болатын. Осы орайда метеорологиялық параметрлердің өзгерісіне қарай су ресурстарында болатын ауытқуларға тоқталатын болсақ, ағындының интегралдық қисықтарына және 1970 жылдардан кейінгі жаһандық жылынуды ескере отырып талдау екі кезеңді салыстыру арқылы жүргізілді.

Өткен тарауда айтылғандай, аймақтық деңгейде метеорологиялық параметрлердің тенденцияларында кеңістіктік және уақыттық өзгерістер орын алды. Іле өзені алабындағы орналасқан метеорологиялық станцияларда көпжылдық орташа ауа температурасының 70-ші жылдардан кейін қарқынды өскені байқалған. Іле өзені ағысы бойымен бірте-бірте артады, яғни биік таулы аудандарда орналасқан метеостанцияларда температураның жоғарылауы айтарлықтай емес, ал өзен атырауында температураның жоғарылауы $0,30-0,39^{\circ}\text{C}/10$ жыл құраған. Қарастырылып отырған метеорологиялық станциялардың көпшілігінде жылдық жауын-шашын мөлшерінің өзгеруінің статистикалық емес, тренд сызықтарында көп бағытты үрдіс байқалады.

Іле өзені алабындағы ағындының 1973 жылға дейін және 1974-2019 жж. дейінгі екі кезеңдегі көпжылдық жүрісінен 70-ші жылдардан кейін ағынды қалыптасатын аумақтарда орналасқан гидрологиялық бекеттерде өзен ағындысының біршама өсуі, ал алаптың жазық аудандарында азаюы байқалады. Жылдық ағынды ұлғайған бұл өзен алаптарының көбінде әртүрлі дәрежеде мұздықтармен қоректенетінін атап өткен жөн. Төменде мысал ретінде бірнеше гидрологиялық бекеттердегі өзен ағындысының көпжылдық жүрісі көрсетілген (сурет 19).

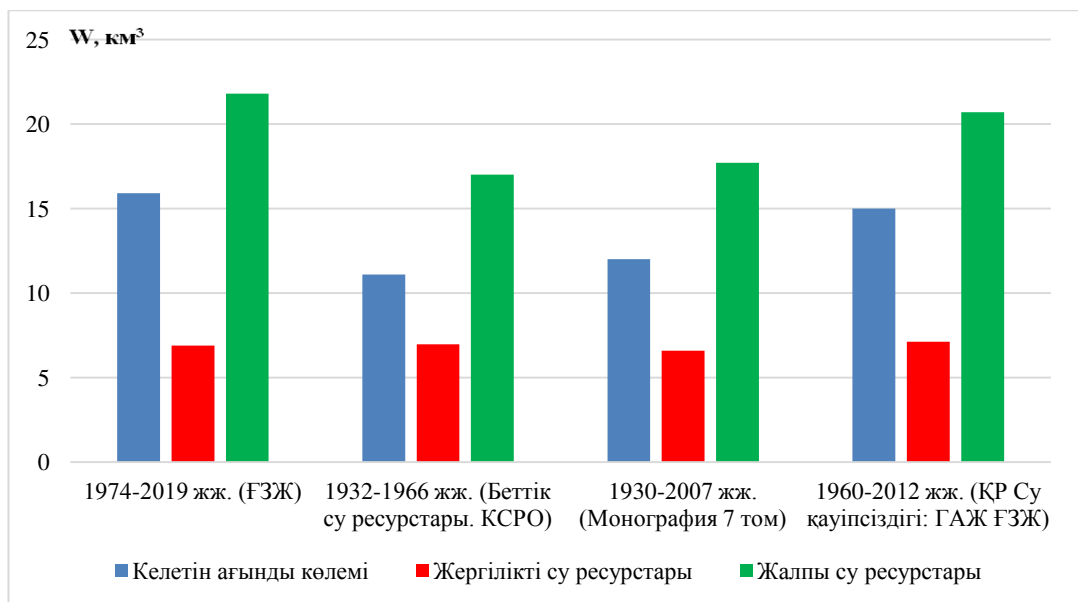




Сурет 19 – Іле өзені алабындағы өзен ағындысының көпжылдық жүрісі

Алаптың жазық бөлігінде орналасқан Күрті өзені – Ленин клх. базасы тұстамасында 1973 жылдан кейін ағындының азаюы байқалады, бұл ауа температурасының қарқынды көтерілуіне байланысты болуы мүмкін, себебі Іле өзенінің атырау аймағында таулы аудандармен салыстырғанда көбірек жылынған. Ауа температурасының жоғарылауы булану процессінің қарқынды жүруіне ықпал етуі мүмкін.

Іле өзені алабы бойынша ертеректе жүргізілген зерттеулер бойынша су ресурстарын салыстыратын болсақ қазіргі кезде жалпы су ресурстарының біршама өскенін байқаймыз (сурет 20).



Сурет 20 – Іле өзені алабындағы су ресурстарының өзгерісі

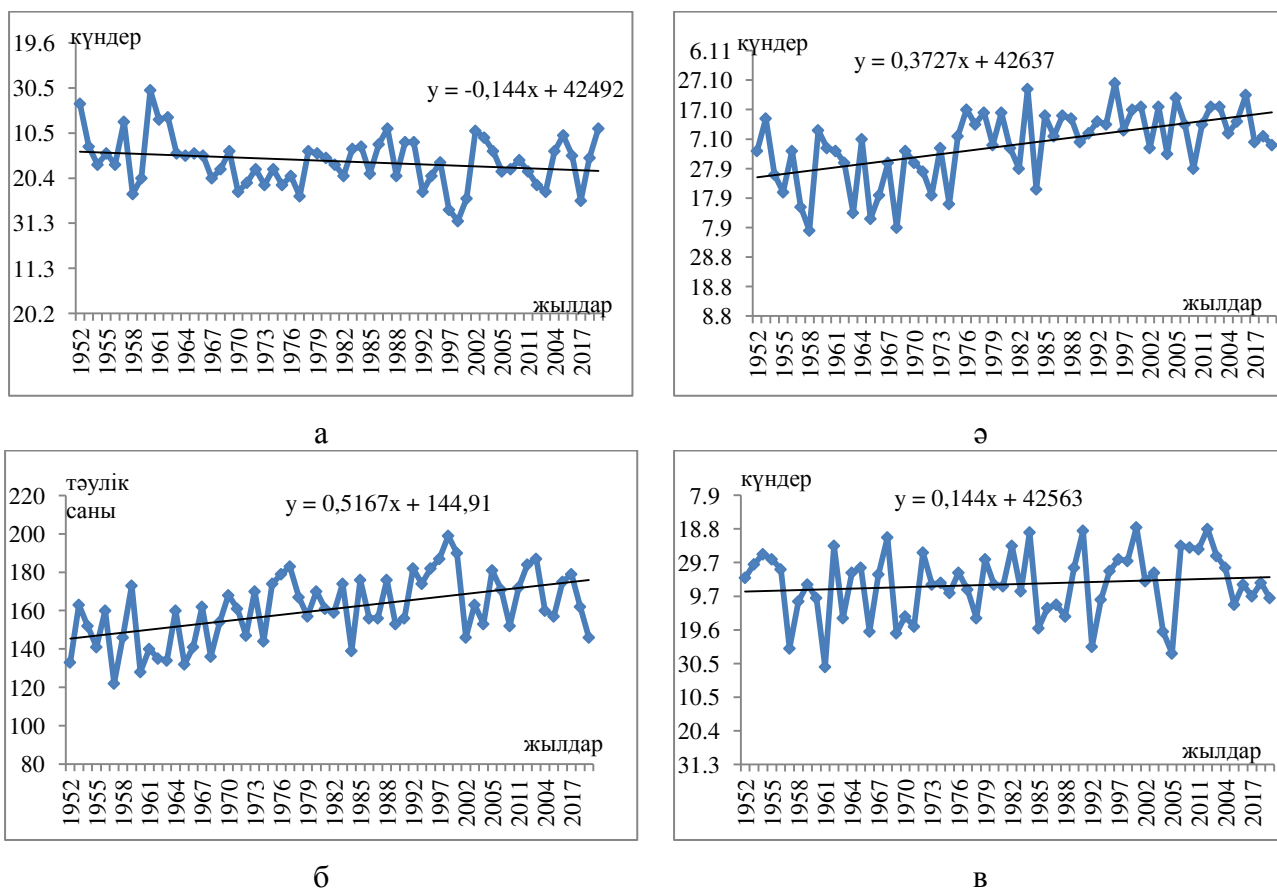
Бұл жағдайды ауа температурасының мен жауын-шашынның жоғарылауы [20 б.206; 174 б.652; 175 б.46; 184 б.13], сондай-ақ көпжылдық мұз бен қар қорларының еруі салдарынан мұздық ағынды үлесінің ұлғаюынан су мөлшерінің көбеюімен түсіндіруге болады [142 б.1668; 143 б.1133; 144 б.257]. Яғни қазіргі уақытта мұздықтардың азаюы байқалғанымен, табиғи жағдайда өзен ағындысының азаюы байқалмайды. Дегенмен, бұл құбылыс уақытша сақталғанымен мұздық ағындының максималды еру деңгейі өткеннен кейін кері жүруі мүмкін. Егер де температураның өсуі жалғасатын болса, Солтүстік Іле мұздық жүйесінің мұздықтарының басым көпшілігі осы ғасырдың соңына қарай (2080-2085 жж.) және Жетісу Алатауының оңтүстігіндегі мұздану, анықталған деградация жылдамдығын $2,2 \text{ км}^2/\text{жыл}$ ($0,97\%/жыл$) сақтай отырып - 2060 жылға қарай жойылып кетуі мүмкін [141 б.68; 144 б.257].

Ғылыми зерттеулердің көпшілігінде ағындының жылдық немесе циклдік өзгерістеріне аса қатты мән береді, бірақ ол жыл ішіндегі метеорологиялық параметрлердің өзгеруі су режимінің өзгеруіне тигізетін әсерін ашып көрсетпейді. Сондықтан да жоғарыда жүргізілген Манн Кендалл және Сена көлбеуі параметрлік емес тесттары бойынша ақпан наурыз айларындағы температураның күрт өсуін ескеріп жылішілік ағындыға тигізетін әсерін бағалау маңызды болып табылады.

Көктемде ауа температурасының және қыста жауын-шашынның жоғарылауы қардың еру қарқындылығының жоғарылауына әкелуі мүмкін және көктемгі су тасудың ағынды коэффициентінің жоғарылауына ықпал етіп, су тасу кезеңінің басталу уақытына әсер етеді. Мұндай жағдай әсіресе көктемгі су тасқыны басым болатын таулы аймақтарда байқалады. Қазақстан аумағындағы көктемгі су тасу су режимінің негізгі фазасы және жылдық ағындының негізгі бөлігін құрайды [192, 193]. Су тасу кезіндегі ағындының

жүруі негізінен қардың еруімен анықталады. Көктемгі су тасудың негізгі элементтеріне су тасу кезеңінің басталу және аяқталу күндері, оның ұзақтығы, максималды (мерзімді және орташа тәуліктік) ағынды мөлшері және т.б.

Көктемгі айлардың қарқынды жылынуы өзендердің гидрологиялық режиміне, яғни су тасудың басталу және аяқталу мерзімдеріне, сондай-ақ су тасу кезеңі шыңының ерте немесе кеш мерзімге жылжуы туралы көптеген зерттеулер бұған дәлел [194-196]. Мұндай үрдіс біз қарастырған бірнеше өзенде байқалған, мысалы, төмендегі суретте Үлкен Алматы өзені – ҰАК 2 км жоғары ГБ су тасу кезеңінің басталу және аяқталу мерзімдері, өзендегі су тасу кезеңінің ұзақтығы мен шыңы графиктері көрсетілген (сурет 21).



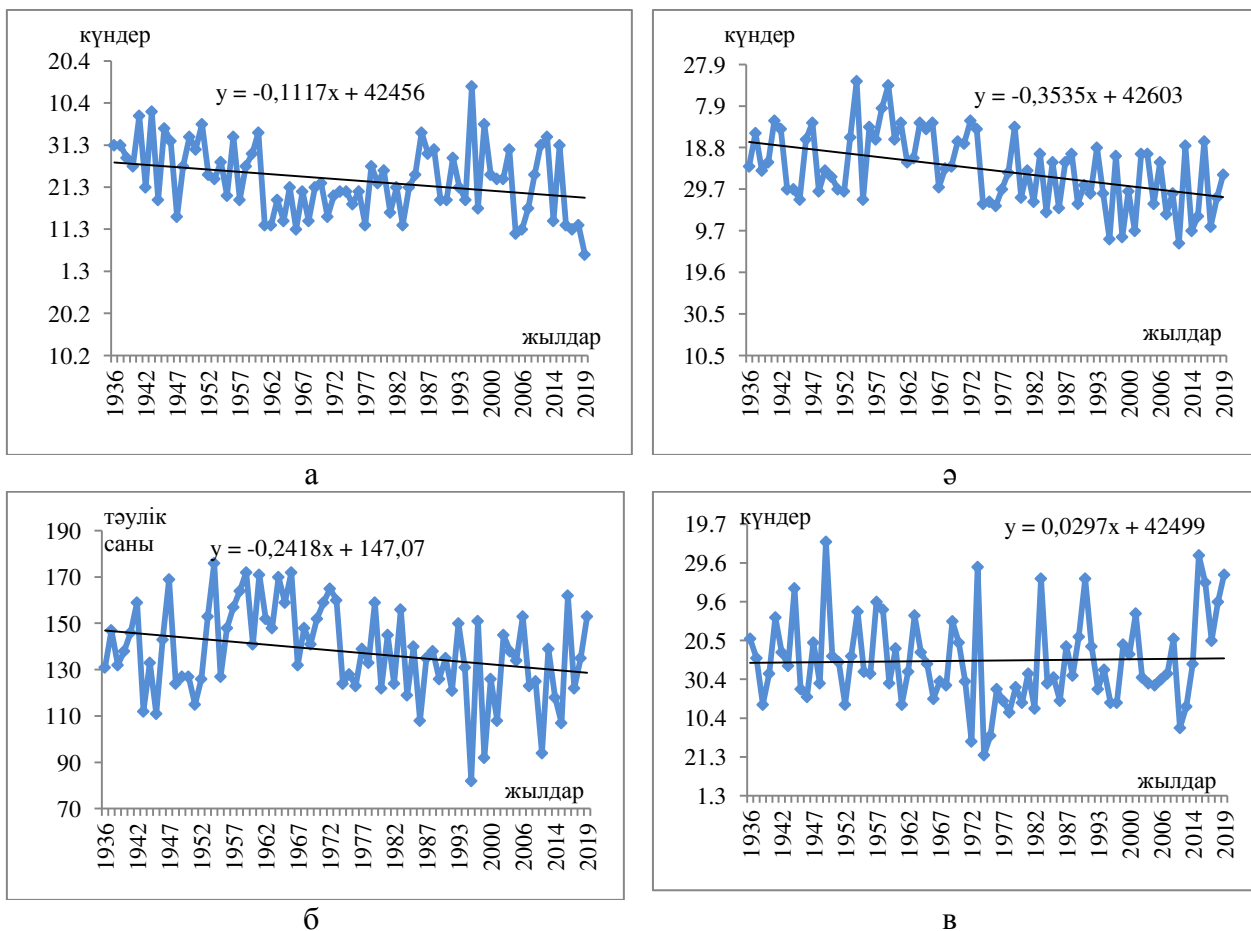
а – су тасу кезеңінің басталу уақыты, ә - су тасу кезеңінің аяқталу уақыты, б – су тасу кезеңінің ұзақтығы, в – су тасу кезеңінің шыңы

Сурет 21 - Үлкен Алматы өзені – ҰАК 2 км жоғары ГБ су тасу кезеңінің сипаттамалары

Графикте су тасу кезеңінің басталуы мен шыңы белгіленген күндер біршама алға жылжыған: орта есеппен 10 жыл ішінде 1,4 күнге, ал су тасудың аяқталу мерзімі біршама кешігіп орныққан (10 жылда 3,7 күнге), сәйкесінше, орташа ұзақтығы 10 жыл ішінде 5,1 күнге ұзарған

Сондай ақ негізгі қорек көзі қар сулары болып саналатын Шарын өзенін алатын болсақ, онда көктемгі су тасуының барлық қарастырылған

параметрлерінде мерзімдердің алға қарай жылжуы байқалады. Сызықтық трендтің айтарлықтай төмендеуі әсіресе су тасудың басталу 10 жылда 1,1 күн алға жылжығанын көреміз. Су тасудың басталу және аяқталу күндерін ертерек уақытқа жылжуының әсері су тасу ұзақтығының статистикалық маңызды үрдіспен қысқаруына әкелуді (сурет 22).



а – су тасу кезеңінің басталу уақыты, ә - су тасу кезеңінің аяқталу уақыты, б – су тасу кезеңінің ұзақтығы, в – су тасу кезеңінің шыңы

Сурет 22 - Шарын өзені – Сарытоғай шатқалы ГБ су тасу кезеңінің сипаттамалары

Су тасу кезеңінің басталу және аяқталу күндерін таңдау өте қиын міндет болып табылады. Жоғарыда қарастырылған посттарда су тасудың басталу күнінің ертерек уақытқа жылжуын статистикалық маңызды деп айта аламыз. Көктемгі су тасу кезеңінің басы, соңы, шарықтау шегінің өзгеру мерзімдері жыл ішіндегі ауа температурасының өзгеруімен тығыз байланысты және бұл көрсеткіш су тасу кезеңінің шартты объективті сипаттамасы ретінде қарастырылады. Өткен тараудағы ауа температурасын бағалау нәтижесінде алынған мәліметтерге сәйкес ақпан және наурыз айларында ауа температурасының жоғарылауы 70-ші жылдардан кейін әрбір онжылдыққа шамамен $+0,7...+1,0^{\circ}\text{C}$ дейін өскен, соның салдарынан су тасу кезеңінің басталуы әрбір онжылдыққа 3,4 күнге дейін жылжыған. Су тасу кезеңінің

аяқталу уақыты қарастырылған өзендердің қоректену көзіне байланысты әртүрлі. Негізгі қоректену көзі мұздықтар мен көпжылыдық қар қорлары болып табылатын Үлкен Алматы өзенінде су тасу кезеңінің аяқталу уақыты артқа жылжыса, қоректенуінде қар маңызды рөл атқаратын Шарын өзенінде алға жылжыған.

4.5 Өзен ағындысы ресурстарының антропогендік іс әрекеттердің әсерінен өзгеруі

Өзен ағындысының антропогендік өзгерістерін кешенді түрде бағалау гидрологияның күрделі мәселелерінің бірі болып табылады. Әсіресе өзендердегі бақылау желісі дамымаған әрі су пайдалану жайлы деректер жеткіліксіз жағдайда сушаруашылық жоспарлар аталған мәселенің шешімінсіз іске асырылуы мүмкін емес. Халық санының жылдан жылға артуы, өнеркәсіптік өндірістердің және ауыл шаруашылығының қарқынды дамуы қолда бар табиғи су ресурстарымен және оған деген сұраныс арасындағы қатынастарды зерттеу қажеттілігі күннен күнге артып келеді.

XIX ғасырдың аяғында өзен ағындысының антропогендік әсерге ұшырауы туралы А.И. Воейковтың жұмыстарында көрсетіле бастады, яғни ол ірі өзендерінің алабында ағаштарды кесу нәтижесінде айтарлықтай өзгеріске ұшырағанын дәлелдеген. Ірі гидролог ғалым В. Г. Глушков су ресурстары мен су теңдестігіне шаруашылық іс-әсерінің әсерін зерттеу гидрологиядағы маңызды мәселенің бірі деп қарастырған [197]. Сондай-ақ Булавко А.Г., Ревера О.З., Лалыкин Н.В. [198] Беларусь, Украина және Молдова территориясындағы өзен ағындысының антропогендік өзгерісін бағалау үшін су теңдестігін және әрбір экономика салаларының әсерін бөліп қарастырды. Авторлар мақалада қарастырылған аймақтағы өзендердің көпшілігінде жыл сайынғы ағындының Беларусьта - 7-14%, Украина мен Молдовада 20-25% -ға дейін төмендеуін анықтады.

Соңғы жылдарда экономика салаларының жекелеген түрлерінің де және жалпы әсерін бағалау үшін көптеген зерттеулер жүргізілді. Осы мәселе бойынша толыққанды іргелі зерттеулерге Шикломанов И. А. [199, 200] еңбектерін жатқызуға болады. Шикломанов И. А. Ол әр түрлі физикалық-географиялық жағдайларға байланысты гидрологиялық режим мен су ресурстарына әртүрлі шаруашылық қызмет түрлерінің әсерін есепке алу және бағалау әдістері қарастырылған. Онда 1900-2000 жылдардағы халықтың өсуіне, өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығының дамуына байланысты су ресурстарындағы өзгерістер туралы мәселелер қозғалған.

Су ресурстарын, оның ішінде климаттың қазіргі заманғы өзгерістері мен антропогендік жүктемелерді ескере отырып, ішінара су шаруашылығы теңдестігін бағалау мәселелері Қазақстан аумағы бойынша отандық гидрологтардың зерттеулерінде (Гальперин Р. И., Давлетғалиев С. К., Достай Ж. Д., Алимкулов С. К. және т. б.) көрсетілген [70 б.34; 72 б.330; 122 б.59; 123 б.214; 201, 202].

Қытай мен Қазақстанның аумағын байланыстыратын трансшекаралық Іле өзенінің заманауи климат өзгерісімен қатар, шаруашылық іс-әрекеттің салдарынан өзгеруін бағалау маңызды мәселе. Себебі Іле өзеніндегі су көлемінің төмендеуі Балқаш көлінің біртіндеп азаюына алып келуі мүмкін, яғни біздің негізгі мақсатымыз су ресурстарын тұрақты басқару мен қорғаудың ғылыми негізделген стратегиясын әзірлеу үшін тек климат өзгерістері емес сондай-ақ антропогендік әсерді ескере отырып, ағынды өзгерістерінің үрдісін зерттеу.

1970 жылдардан кейін жаһандық климаттың гидрологиялық жүйеге әсерінен бөлек өзен алаптарында антропогендік факторлардың үлесі арта түсті. Іле өзенінің бойынан жобалық қуаттылығы 28,1 км³ құрайтын Қапшағай су қоймасы, Шелек өзенінде – Үлкен Алматы каналы арқылы 170 км қашықтыққа орналасқан Шамалған өзеніне су тастауды қамтамасыз ететін Бартоғай су қоймасы (320,0 млн. м³), Күрті су қоймасы (115,0 млн. м³) және 31,7 мың га аумақтағы Ақдала күріш алқабындағы суландыру жүйесі салынған [70 б.34; 125 б.142]. Сондай-ақ Іле өзенінен Қытай аумағында соңғы жылдары су алу қарқыны артып келеді, оған себеп ұлттық экономиканы дамыту мен өсіп келе жатқан қалалардың халқын ауыз сумен қамтамасыз ету, егін шаруашылық алқаптарының өсуі және т.б экономика салалары үшін су пайдаланудың жылдан жылға өсуі.

Іле өзені бойынша антропогендік факторды бағалау арналық су теңдестік әдісі негізінде үш негізгі учаске үшін 1992-2019 жж. саналды:

1 учаске – ҚР мен ҚХР мемлекеттік шекарасынан Қапшағай СЭС 164 жоғары орналасқан гидробекетке дейін;

2 учаске – Қапшағай СЭС 164 жоғары орналасқан гидробекеттен Қапшағай СЭС 37 км төмен орналасқан гидробекетке дейін;

3 учаске – Қапшағай СЭС 37 км төмен орналасқан гидробекеттен Үшжарма ауылына дейін;

1 учаске – Іле өзенінің негізгі ағындысы ҚХР ШҰАА аумағында қалыптасады. Іле өзенінің жоғарғы ағысында ҚХР ШҰАА аумағында ирригация және энергетика қажеттіліктері үшін ірі гидротехникалық құрылыстар салынуда. ҚХР аумағындағы Іле өзені алабынан су алу көлемі жыл сайын артып келеді, шекаралас гидробекетте антропогендік әсердің салдарынан ағындының азаюы 2829 млн.м³ құрады, бұл өзеннің гидрологиялық режимінің өзгеруіне айтарлықтай әсерін тигізеді. Қазақстан аумағында Іле өзенінің негізгі арнасы бұл учаскеде айтарлықтай антропогендік өзгерістерге ұшырамайды. Бірақ бұл учаскеде, көлемі 3569 млн.м³ құрайтын жергілікті қалыптасатын су ресурсы бар, 16-формула бойынша олар табиғи жағдайда 1347 млн. м³, антропогендік жағдайда-1 039 млн. м³, яғни шаруашылық іс-әрекеттің салдарынан 308 млн. м³ азайған, ал табиғи ысырыптар 2222 млн. м³ су құрайды. Статистикалық деректер бойынша учаскеде қайтарымсыз су тұтыну көлемі 304 млн. м³ оның ішінде тұрақты суармалауға - 92,8 %, ауыл шаруашылығын сумен жабдықтау – 4,1%, коммуналдық-тұрмыстық және өндірістік, тиісінше – 1,64 және 1,41 %.

Жалпы, арналық су теңдестік және қайтарымсыз су тұтыну әдісі бойынша есептелген әрбір учаске шегіндегі антропогендік әсердің мәні 9-кестеде келтірілген.

2 учаске – осы учаскеде Іле өзенінің арнасындағы негізгі антропогендік өзгеріс негізінен Қапшағай су қоймасының жұмыс істеуіне байланысты, атап айтқанда, су қойманы жыл сайын толтыруға (90,8 млн.м³), су бетінен булануға (1267 млн. м³) және фильтрацияға (1265 млн. м³) жұмсалатын ысыраптар. Бұл учаскенің аумағында да 2721 млн. м³ көлемінде жергілікті ресурстар қалыптасады. Арнадағы өзгерістерді алып тастағанда, жоғарғы және төменгі тұстамалардың арасындағы жанама ағынды табиғи жағдайда 2198 млн.м³, ал антропогендік өзгеріске ұшырағаннан кейін – 1529 млн. м³ құрайды. Бұл учаскедегі табиғи ысыраптар 524 млн. м³ құрайды, яғни антропогендік өзгеріс 668 млн.м³ құрайды, ол негізінен Үлкен Алматы каналының ауданындағы суды тұтынумен байланысты. Статистикалық деректерге сйкес, су ресурстарын негізгі пайдалушы тұрақты суармалау (83,8%) болып табылады. Коммуналдық-тұрмыстық қажеттіліктерге -10,7 %, өндірістік қажеттіліктерге шамамен 4,21 % (кесте 9).

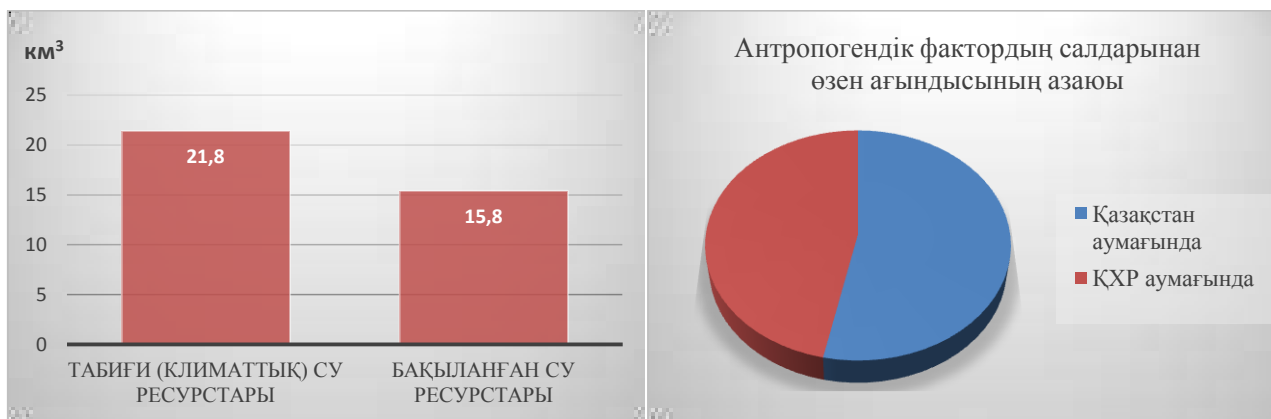
Кесте 9 – Арналық су теңдестік әдісі және қайтарымсыз су тұтыну коэффициентін пайдалану бойынша өзен ағындысының антропогендік ысырабы, млн. м³

Учаскелер	Арналық су теңдестік әдісі	Қайтарымсыз су тұтыну				
		Барлығы	экономика салалары бойынша			
			коммуналдық-тұрмыстық	өндірістік	ауылш-қ сумен қамтамасыз ету	тұрақты суармалау
1	308	304	5,00	4,29	12,6	282
2	668	670	71,6	28,2	8,74	561
3	71,2	75,1	1,07	1,28	3,14	69,6
Іле өзені алабы	1048	1049	77,7	33,8	24,5	913

3 учаске - Қапшағай су қоймасының құрылысына дейін бұл учаске экологиялық жағдайы табиғи тұрақты жағдайда болды. Осы аймақта Қапшағай су қоймасы салынбас бұрын, жер асты сулары өзен түбінің астында қалып, нәтижесінде өзен суларының фильтрациясы еркін болып, орташа есеппен жылына 410 млн м³ құраған. Қапшағай су қоймасы салынғаннан кейін, сондай- ақ, Ақдала суару алабы іске қосылғаннан бастап жер асты сулары деңгейі жоғары көтерілу салдарынан өзен суының фильтрациясы азайып нөлге жетті. Ақдала суару алабына тұрақты суармалауға (90%) бұл учаскеден өзен арнасынан 250 млн.м³ су тұтынады. Сонымен қатар Күрті өзенінің алабында осы учаскеде 223 млн.м³ көлемінде жергілікті ресурстар қалыптасады, оның ішінде табиғи ысыраптар 147 млн.м³, шаруашылық іс-әрекет салдарынан -71 млн.м³ азайған. Учаскеде суды пайдаланудың айтарлықтай көлемі тұрақты суармалауға (90% – дан астам) кетсе, қалған шығындар: ауыл шаруашылығын сумен жабдықтау – 4,19 %, өндірістік қажеттіліктер-1,70 %, коммуналдық – тұрмыстық

кажеттіліктер-1,43% құрады.

Жалпы алғанда Іле өзені алабының антропогендік факторлардың әсерінен азаюы $6,0 \text{ км}^3$ құраған, яғни табиғи (климаттық) ағындыдан ($21,8 \text{ км}^3$) 28 % азайған. Оның ішінде шаруашылық іс-әрекетті бағалау барысында ҚХР аумағындағы антропогендік өзгеріс шекаралық гидробекеттің мәліметі бойынша - $2,8 \text{ км}^3$, қалған $3,2 \text{ км}^3$ біздің елімізге тиесілі (сурет 23).



Сурет 23 - Іле алабы өзендері су ресурстарының антропогендік факторлардың әсерінен өзгерісі

Біздің аумағымыздағы негізгі антропогендік әсер Қапшағай су қоймасының жұмыс істеуімен (инфильтрация, булану және т.б.) байланысты ысыраптар шамамен $2,3 \text{ км}^3$ құраса, $1,05 \text{ км}^3$ суды әртүрлі экономика салалары тұтынған. Сондай-ақ 250 млн. м^3 Іле өзенінің арнасынан Ақдала күріш алқабы пайдаланып отыр (кесте 10).

Кесте 10 – Іле алабының өзен ағындысына антропогендік факторлардың әсері, млн. м^3

СШУ	Жергілікті су ресурстарының антропогендік өзгерісі	Іле өзені арнасындағы антропогендік өзгерістер		ҚР аумағындағы су ресурстарының антропогендік өзгерісі	ҚХР аумағындағы су ресурстарының антропогендік өзгерісі
		Қайтарымсыз су тұтыну	Су қойма және өзен атырауы		
02.01.02.01	-35,4			-35,4	
02.01.02.02	-41,4			-41,4	
02.01.02.03	-198,2			-198,2	-2 829
02.01.02.04	-64,2			-64,2	
02.01.02.05	-670		-2 301	-2 971	
02.01.02.06		-250	410	160	
02.01.02.07	-75,1			-75,1	
Іле өзені алабы	-1 084	-250	-1 891	-3 225	-2 829

Қарастырылған кезең бойынша Іле алабы бойынша нақты ағынды $15,8 \text{ км}^3$ құраған, яғни табиғи ағындымен (климаттық) салыстырғанда антропогендік факторлардың әсерінен 28 % азайған. Осылайша, тұрақты

даму үшін суға деген ұсыныс пен сұранысты реттеу қажеттілігі артатындығы анық және ҚХР аумағынан келетін суға ғана емес тек ҚР аумағында қалыптасатын жергілікті ресурстарға сүйене отырып, болашақта ауыл шаруашылығы және өнеркәсіп өнімдерінің отандық өндірісін кеңейту барысында су тапшылығын болдырмау, немесе оларды қысқарту болмаса суды аз қажет ететін басқа да өндірістерге көшу қажет. Сондай-ақ, осы аймақтың экологиялық тұрақты жай-күйін сақтау үшін Іле өзені атырауы мен Балқаш көлінің тұрақты деңгейін сақтау мақсатында нақты шаралардан тұратын іс-қимылдар кешенін әзірлеу керек.

Төртінші тарау бойынша қорытынды

Жалпы диссертацияның төртінші тарауында Іле өзені алабының өзен ағындысы су ресурстарының қазіргі жай-күйі бағаланды. Ең алдымен алаптағы гидрологиялық ақпараттардың зерттелуі, олардың сапасы бағаланды. Қазіргі кезде Іле алабында тұрақты жұмыс істеп тұрған 35 ГБ бар, бекеттер біркелкі орналаспаған. Гидрометеорологиялық станциялардың көпшілігі өзендердің ағынды қалыптастыру аймағының төменгі шекарасында таулардан шығатын бөліктерде орналасқан. Ауыл шаруашылығында жиі пайдаланылатын ағындының жайылу аймақтары (жазық аумақ) жеткілікті қамтылмаған. Гидрологиялық бекеттердің басым көпшілігінде бақылау қатарларында үзілістер немесе мәліметтер жоқ, сол себепті жылдық ағынды қатарлары қайта қалпына келтірілді. Ол үшін гидрологиялық аналог әдісі, ағын мен метеорологиялық элементтердің (жауын-шашын мен температура) байланыс әдісі қолданылады. Аналог бекет таңдау кезінде негізгі критерий жұптық немесе көптік корреляция коэффициенті арқылы көрсетілетін есептік бекет мен аналогтың өзен ағындысының синхрондылығы қаратырылды.

Өзен ағындысының уақыттық қатарынан есептік кезенді таңдалды және ауытқу заңдылықтарын анықтау үшін ағындының ең ұзақ бақылау қатары бар әртүрлі гидрологиялық біртекті аудандар үшін гидробекеттер алынып, олар бойынша ағындының айырымды интегралдық қисықтары салынды. Іле өзені алабындағы негізгі өзендердің интегралды қисықтарының көпшілігінде өзен сулылығының 4 негізгі кезеңі байқалады: 30-шы жылдардан 50-ші жылдарға дейін суы аз, содан кейін 70-ші жылдарға дейін суы мол фазасы, 70-ші жылдардан бастап 80-ші жылдардың ортасына дейін судың азаюы байқалады, содан кейін судың кобеюі қазіргі уақытқа дейін жалғасуда. Дегенмен кейбір өзендерде (Күрті өзені, Түрген өзені) соңғы жылдарда судың азаюы тіркелген.

Сондай ақ екінші тараудағы су ресурстарын бағалау алгоритмі негізінде Іле алабы бойынша 1974-2019 жж. су ресурстары есептелінді, яғни жалпы табиғи (климаттық) ресурстары $21,8 \text{ км}^3$ құраған, оның $6,89 \text{ км}^3$ жергілікті ресурстар, Қытайдан келетін ағынды (Іле өзені бойынша) - $15,3 \text{ км}^3$, Қырғыз Республикасынан (Қарқара өзені бойынша) - $0,37 \text{ км}^3$ құрайды, ҚХР кететін су (Текес өзені бойынша) - $1,00 \text{ км}^3$.

Сонымен қатар су ресурстарына қазіргі климат өзгерістері мен

антропогендік факторлардың тигізетін әсері бағаланды. Іле өзені алабындағы табиғи ағындының көпжылдық жүрісінен 70-ші жылдардан кейін ағынды қалыптасатын аумақтарда орналасқан гидрологиялық бекеттерде өзен ағындысының біршама өсуі, ал алаптың жазық аудандарында азаюы байқалады. Жылдық ағынды ұлғайған өзен алаптарының көбінде әртүрлі дәрежеде мұздықтармен қоректенетінін атап өткен жөн. Яғни температураның соңғы жылдарда қарқынды өсуінен көпжылдық мұз бен қар қорларының еруі салдарынан мұздық ағынды үлесінің ұлғаюынан су мөлшерінің кобеюі байқалған. Бірақ қазіргі уақытта мұздықтардың азаюы байқалғанымен, табиғи жағдайда өзен ағындысының азаюы байқалмайды. Дегенмен, бұл құбылыс уақытша болуы мүмкін мұздық ағындының максималды еру деңгейі өткеннен кейін процесс кері жүруі мүмкін. Зерттеулерге сүйенетін болсақ температураның өсуі жалғасатын болса, Солтүстік Іле мұздық жүйесінің мұздықтарының басым көпшілігі осы ғасырдың соңына қарай (2080-2085 жж.) және Жетісу Алатауының оңтүстігіндегі мұздану, анықталған деградация жылдамдығын $2,2 \text{ км}^2/\text{жыл}$ ($0,97\%/жыл$) сақтай отырып - 2060 жылға қарай жойылып кетуі мүмкін. Алаптың жазық бөлігінде орналасқан бекеттерде 70-ші жылдардан кейін ағындының азаюы байқалады, бұл ауа температурасының қарқынды көтерілуіне байланысты болуы мүмкін, себебі Іле өзенінің атырау аймағында таулы аудандармен салыстырғанда көбірек жылынған. Ауа температурасының жоғарылауы булану процессінің қарқынды жүруіне ықпал етуі мүмкін.

Заманауи климат өзгерісімен қатар, шаруашылық іс-әрекеттің салдарынан су ресурстарының өзгеруі бағаланды, яғни Іле өзені алабының антропогендік факторлардың әсерінен азаюы $6,0 \text{ км}^3$ құраған, яғни табиғи (климаттық) ағындыдан ($21,8 \text{ км}^3$) 28 % азайған. Оның ішінде шаруашылық іс-әрекетті бағалау барысында ҚХР аумағындағы антропогендік өзгеріс шекаралық гидробекеттің мәліметі бойынша - $2,8 \text{ км}^3$, қалған $3,2 \text{ км}^3$ біздің елімізге тиесілі. Біздің аумағымыздағы негізгі антропогендік әсер Қапшағай су қоймасының жұмыс істеуімен (инфильтрация, булану және т.б.) байланысты шығындар шамамен $2,3 \text{ км}^3$ құраса, $1,05 \text{ км}^3$ суды әртүрлі экономика салалары тұтынған. Сондай-ақ 250 млн. м^3 Іле өзенінің арнасынан Ақдала күріш алқабы пайдаланып отыр.

5 ІЛЕ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АҒЫНДЫ РЕСУРСТАРЫНЫҢ КЕЛЕШЕКТЕГІ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУ

5.1 Өзендердің ағынды ресурстарын келешектегі климаттық өзгерістерді ескере отырып, ұзақ мерзімге болжау

Келешектегі климат өзгерістеріне қарай өзен ағындысының ұзақ мерзімді болжамын сандық бағалау үшін ағынды мен метеорологиялық факторлар арасындағы статистикалық тәуелділік әдісі қолданылды. Бұл жұмыста біз АМЖАҰ бесінші есебіндегі RCP 4.5 және RCP 8.5 сценарийлерін қолдандық. АМЖАҰ-5 алдыңғы нұсқалармен салыстырғанда елеулі өзгерістер орын алған, яғни үлгілер айтарлықтай жақсарған, бұл ұсынылған үлгіден ақпараттың кеңістіктік ажыратымдылығын арттыруға бағытталған түзетулер жасалған, осылайша климаттың өзгеруінің қоршаған ортаға әсерін бағалау кезінде жер бедерімен, су нысандарымен байланысты аймақтық географиялық ерекшеліктерді, жер бетінің табиғаты және т.б., негізгі климаттық жүйелердің есептеу схемалары, берілген ақпараттың сапасы жақсарды және т.б.

5.1.1 Өзендердің ағынды ресурстарын АМЖАҰ климаттық сценарийлер негізінде болжау

Өзен ағындысы мен метеорологиялық параметрлер арасындағы болжамдық тәуелділіктерді пайдалана отырып (Қосымша Ж), есептеу нәтижелеріне сай Іле өзені алабының 7 су шаруашылығы учаскесі бойынша ағынды өзгерістерінің сценарийлік болжамдары алынды. Іле өзені алабының 7 СШҰ үшін өзен ағындысының корреляциялық теңдеулері көршілес елдерден келетін ағынды (ҚХР, Қырғызстан), жергілікті су ресурстары және белгілі бір СШҰ ағып шығатын аудандардағы гидробекеттер (Шарын өзені – Сарытоғай, Күрті өзені – Ленин, Іле өзені – Қапшағай СЭС-інен 37 км төмен) үшін бөлек анықталды. Байланыс нүктелері су жинау аалбының әртүрлі бөліктерінде және географиялық орналасуын, орташа биіктігін немесе су жинау алабының геометриялық орталығын ескере отырып алынды. Есептеуге $\geq 0,6$ жоғары корреляция коэффициенті алынды. Көрші елдерден келетін ағынды үшін көрші мемлекеттердің аумағында орналасқан нүктелер немесе шекараға жақын орналасқан нүктелер пайдаланылды. Климаттық сценарийлер негізінде өзен ағындысы ресурстарын 2030, 2040, 2050 жылдарға арналған болжамдық бағалау нәтижелері төменде көрсетілген. Негізгі болжамдық метеорологиялық параметрлер ретінде ауа температурасы және атмосфералық жауын-шашын мөлшері алынды.

Алынған нәтижелерді талдай отырып, Іле өзені алабы бойынша өзен ағындысының күтілетін болжамды өзгерістеріне қарай келесі негізгі белгілерді бөліп көрсетуге болады, яғни алаптың көп бөлігінде жылдық ағындының ұлғаюы күтілуде, екі климаттық сценарий бойынша Жетісу

Алатауының оңтүстік беткейіндегі өзендерде (02.01.02.03) ағынды 15%-ға дейін, Кетмен жотасының солтүстік беткейінде (02.01.02.02) 10%-ға дейін және Текес өзені алабының (02.01.02.01) ауданында 7% дейін өсуі мүмкін. Басқа СШУ жергілікті ресурстардың шамалы ұлғаюы барлық болжамды кезеңдерде 1%-дан 6%-ға дейін ауытқиды. Тек Күрті өзенінің алабында (02.01.02.07) күтілітін жылдық ағынды 10% дейін төмендеуі мүмкін (кесте 11).

Кесте 11 – Іле өзені алабы бойынша өзен ағындысының сценарлық болжамдары, км³

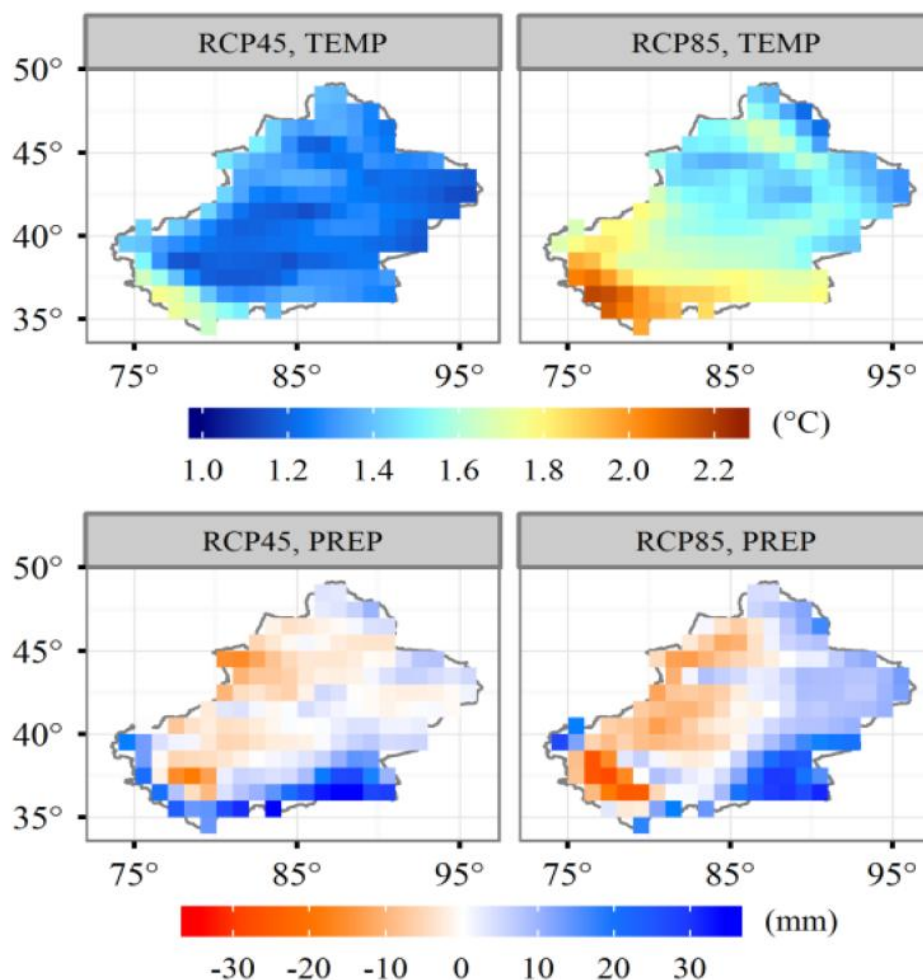
Параметрлер	1974-2019	Болжам кезеңдері		
		2030	2040	2050
02.01.02.01	1,04	1,08	1,09	1,10
02.01.02.02	0,49	0,57	0,57	0,58
02.01.02.03	1,60	1,74	1,78	1,81
02.01.02.04	0,93	0,94	0,95	0,96
02.01.02.05	2,61	2,67	2,67	2,68
02.01.02.07	0,22	0,21	0,21	0,20
Жергілікті су ресурстары	6,89	7,21	7,27	7,33
Келетін ағынды	15,9	16,5	16,6	16,8
соның ішінде: ҚХР келетін ағынды (Іле өзені бойынша)	15,6	16,1	16,2	16,4
ҚР келетін ағынды (Қарқара өзені бойынша)	0,38	0,37	0,37	0,37
Жалпы су ресурстары	21,8	22,7	22,8	23,1
ҚХР кететін ағынды (Текес өзені бойынша)	1,01	1,06	1,07	1,08

Алаптағы су ресурстарының күтілетін шамасының біртексіз таралуының маңызды факторы болашақтағы метеорологиялық факторлардың өзгеруі болып табылады. Жүргізілген есептеулер мен зерттеулердің [186-190] нәтижелеріне сүйенетін болсақ елімізде сондай-ақ жекелеген гидрологиялық аймақтар мен су шаруашылығы учаскелері үшін жауын-шашын мен ауа температурасының болжамды өзгерістері біркелкі емес өзгеретіндігі туралы қорытынды жасауға болады.

Сонымен қатар Іле өзені бастау алатын ҚХР жасалған зерттеуде [203] климаттың екі сценарий бойынша жылдық жауын-шашын мен ауа температурасының өзгеруінің сценарлық болжамдары талданған. Онда 2041–2050 жж. орташа жылдық температура RCP4.5 жағдайында 1,6°C және RCP8.5 жағдайында 2,2°C жоғарылайтындығы көрсетілген. Жылдық жауын-шашын мөлшері 2,5% шамалы өсуі күтілуде (сурет 24).

Біздің еліміздегі метеорологиялық параметрлердің күтілетін болжамдарына тоқталатын болсақ, онда қарқынды жылыну Іле өзенінің атырауында (3,0 °C дейін) орналасқан метеорологиялық станцияларда айқын болады. Бүкіл алап бойынша ауаның орташа жылдық температурасының базалық кезеңмен (1981-2000 ж.ж.) салыстырғанда 2050 жылға қарай өсуі

орта есеппен 2,2 °С-ден 2,5 °С-қа дейін болады. Климаттық сценарийлер бойынша орташа жылдық жауын-шашын мөлшері алап бойынша артады деп болжайды. Жауын-шашынның ең көп ұлғаюы таулы аймақтарда 14%-ға дейін (02.01.02.01), ең аз өсімі жазық жерлерде күтіледі.



Сурет 24 - СҰАА бойынша 2041–2050 жылдар аралығындағы температура мен жауын-шашынның 1996–2005 жылдардағы тарихи кезеңмен салыстырғандағы кеңістіктегі өзгерістері [203]

Мұндай жағдайларда климаттың өзгеруінің аймақтың су ресурстарына әсерін түсіну өте маңызды. Әсіресе, алаптағы негізгі ағынды қалыптасатын аймақтарында су ресурстарының күтілетін шамалы өсуін келесідей түсіндіруге болады, яғни ауа температурасының қарқынды өсуі салдарынан қар мен мұзбен қоректенетін өзендерде көпжылдың мұз қабаттарының еруі салдарынан ағынды мөлшерінің артуы болуы мүмкін, бірақ зерттеу нәтижелерге сәйкес [141 б.68; 144 б.257] Солтүстік Іле мұздық жүйесінің мұздықтарының басым көпшілігі осы ғасырдың соңына қарай (2080-2085 жж.) және Жетісу Алатауының оңтүстігіндегі мұздану, анықталған деградация жылдамдығын 2,2 км²/жыл (0,97%/жыл) сақтай отырып - 2060 жылға қарай жойылып кетуі мүмкін. Бірақ кейбір өзендерде болашақта

қазіргі уақыттағыдай мұздықтардың еруі салдарынан өзен ағындысының артуы байқалатын болса, бұл құбылыс мұздық ағындының максималды еру деңгейі өткеннен кейін кері жүріп ағынды мөлшері болашақта азаю мүмкін.

Алаптың жазық жерлерінде жағдай басқаша болуы мүмкін. RCP 8.5 сценарийі бойынша 2050 жылға қарай өзен ағындысы алаптың жазық бөлігінде 16%-ға дейін төмендейді деп күтілуде. Бұл аудандарда жауын-шашынның шамалы артуы ағынды мөлшеріне аз әсер етеді, себебі оның булану салдарынан шығыны үлкен, яғни жазық аудандарда ауа температурасына тәуелділік айқынырақ көрінеді. Температураның өсуі жағдайында күзгі тоң қабатының тереңдігінің азаюы байқалып, нәтижесінде инфильтрация арқылы ағындының жоғалуы артуы мүмкін.

Жалпы алғанда Іле өзені алабында барлық болжамды кезеңдерде (2030-2050 жж.) жалпы су ресурстарының 5%-ға дейін артуы байқалады, көршілес Қытай мемлекетінен келетін ағынды судың болжамдық мәндері де екі климаттық сценарий бойынша 2030 жылға қарай – 3,8%-ға, 2040 жылға қарай – 4,6%-ға, 2050 жылға қарай – 6%-ға дейін өседі деп күтілуде.

5.1.2 Өзен ағындысы мен жауын-шашынның бірлескен статистикалық үлгісіне негізделген өзен ағындысының ұзақ мерзімді болжамы (канондық жіктеу әдісі)

Бұл жұмыста айлық өзен ағындысы мен метеорологиялық факторлардың статистикалық модельденген мәндері арқылы ағынды гидрографының сценарлық болжамын жасау мүмкіншілігі қарастырылды. Давлетғалиев С.К. [159 б.12; 163 б.92] жұмысында канондық жіктеу әдісімен айлық ағынды, жауын-шашын және ауа температурасының мәндерін бірлесіп модельдеу мүмкіндігі көрсетілген, яғни алынған мәндерді гидрографтардың сценарийлік болжамдарын жасауға болатындығы дәлелденген. Сондай ақ Ресей ғылым академиясының су мәселелері Институтында ағынды қалыптасуының физика-математикалық моделі негізінде ағындыны қалыптастыратын факторларды ескеретін жұмыс жасалған [162 б.884]. Бірақ мұндай болжамдардың ұзақтылығы шектеулі және ғаламдық климаттың өзгеруі нәтижесінде ағынды құраушы факторлардың өзгерісі ескерілмеген.

Модельдеудің негізгі мақсаты атмосфералық жауын-шашын мен ауа температурасының жағдайын ескеріп көптеген ағынды гидрографын, яғни өзен ағындысының жыл ішілік болжамын алу болып табылады. Ағынды мен оны қалыптастыратын факторлардың гидрографының бірнеше нұсқасының соңғы уақыт нүктесіне қойылған кездейсоқ процестер мен векторларды модельдеу мақсаты ретінде қарастыруға болады. Қалыпты процестер корреляциялық байланыс матрицасымен беріледі, сәйкесінше корреляциялық теория шеңберінде модельдеу көп өлшемді үлестірім заңы бойынша модельдеумен тең. Осы орайда ағындыны статистикалық модельдеудің ең тиімді ұстанымы ретінде канондық жіктеуді қарастыруға болады. Ол кездейсоқ шамалар мен кездейсоқ емес функциялар жиынтығын сипаттауға мүмкіншілік береді. Канондық жіктеу әдісі сызықтық түрлендіру

санатындағы тиімдісі және маңызды артықшылығының бірі метеорологиялық параметрлермен байланысты модельдеу процесін бірнеше тұстамада бір уақытта жасауға болатындығы.

Бұл жұмыста айлық ағынды гидрографының болжамын канондық жіктеу әдісімен жасау мүмкіншілігін Іле өзені алабы бойынша екі гидробекетте жүргізілді: Іле өзенінде Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары орналасқан ГБ және Шарын өзені – Сарытоғай шатқалы ГБ. Модельді тексеру мақсатында есептік кезең ретінде 1974-2019 жж. аралығындағы өзен ағындысы және ағындыны құраушы фактор ретінде атмосфералық жауын-шашын алынды. Атмосфералық жауын-шашынның өзен ағындысының арасындағы жақсы корреляциялық байланыс яғни $r > 0,60$ жоғары болған Нарынқол, Мынжылқы және Қырғызсай метеостанцияларының (МС) мәндері алынды. Модельденген қатар саны 500 жылды құрайды.

Айлық ағынды мен жауын-шашынның таралу заңдылығы барлық жағдайда Пирсона χ^2 критерийі бойынша алынды. Модельдің сапасы негізгі және модельденген қатарлардың салыстыру арқылы жүзеге асады. Айлық ағынды мен жауын-шашынның негізгі сипаттамаларының айлық мәндерін салыстыру нәтижелері төмендегі 12-15 кестелерде көрсетілген.

Кесте 12 - Іле өзені (Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары) және Нарынқол, Мынжылқы МС бойынша айлық орташа су өтімі және жауын-шашынның статистикалық параметрлері

Пара-метр	айлар												жыл
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Су өтімі													
$Q, \text{м}^3/\text{с}$	226	239	351	408	606	885	1066	1073	605	402	350	279	541
	228	240	352	410	603	880	1058	1069	602	400	347	277	543
C_v	0,14	0,15	0,12	0,21	0,27	0,30	0,26	0,20	0,16	0,11	0,10	0,15	0,15
	0,15	0,15	0,12	0,21	0,27	0,30	0,26	0,20	0,16	0,12	0,11	0,16	0,15
C_s/C_v	6	2	1	2	2	1	5	6	2	1	1	2	4
	8	2	1	1	2	1	4	5	3	2	2	3	3
r	0,05	-0,07	0,41	0,02	0,21	0,24	0,19	0,27	0,32	0,08	0,21	-0,09	0,32
	0,07	-0,05	0,43	-0,04	0,07	0,06	0,15	0,21	0,21	-0,03	0,17	-0,17	0,11
Жауын-шашын													
$X, \text{мм}$	15,9	18,1	33,0	62,9	98,2	104,0	97,5	64,9	41,1	39,3	30,5	20,2	626
	15,2	17,3	32,5	63,6	99,9	104,5	99,9	63,7	40,1	39,7	31,1	20,2	628
C_v	0,58	0,44	0,45	0,39	0,28	0,27	0,36	0,44	0,48	0,44	0,52	0,63	0,15
	0,57	0,44	0,45	0,38	0,29	0,28	0,36	0,47	0,47	0,44	0,53	0,74	0,15
C_s/C_v	2	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	3	3
	2	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	3	2
r	-0,03	0,03	-0,07	-0,05	-0,14	-0,10	-0,02	-0,10	0,00	-0,13	-0,19	-0,03	-0,03
	-0,04	-0,02	-0,11	-0,10	-0,13	-0,13	-0,05	-0,14	0,00	-0,15	-0,16	-0,10	-0,15
Ескерту: 1-ші қатар – бақыланған мәліметтер, 2-ші қатар – модельденген мәліметтер													

Кестеден көріп тұрғанымыздай айлық ағынды мен жауын-шашынның модельденген және бақыланған орташа мәні вариация коэффициенті арасында 500 жылға модельденген мәліметтер бойынша салыстырмалы түрде жақсы сәйкестік байқалады. Бірінші реттік автокорреляция және ассиметрия коэффициенті арасындағы айырмашылық осы параметрлердің есептік дәлдігінде жатыр. Канондық жіктеу әдісі сондай-ақ бастапқы және модельденген мәліметтердің корреляциялық және өзара корреляциялық матрицаларын да жақсы шығарады.

Модельдеудің дәлдігін тексеру үшін Іле өзені - Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары орналасқан гидрологиялық бекеттен алынғын сулылығы әртүрлі жылдар үшін модельденген мәліметтерді нақты мәндермен салыстырылды және оның нәтижесі төмендегі кестеде көрсетілді (кесте 13).

Кесте 13 - Іле өзені (Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары) және Нарынқол, Мыңжылқы МС-ғы гидрологиялық және метеорологиялық сипаттамалардың салыстырмалық мәндері

Параметр	Сәйкес келетін гидрограф номері	Жыл	Жауын-шашын мөлшері, мм	Вег. кезеңіндегі жауын-шашын мөлшері, мм	Жылдық ағынды, м ³ /с	Вегетация кезеңіндегі ағынды, м ³ /с
Суы мол жыл	№ 15, 46, 194, 307, 335	2010	<u>697</u> 694	<u>545</u> 613	<u>744</u> 641	<u>1188</u> 943
Айырмашылық, %			0,5	12	14	21
Суы орташа жыл	№ 100, 169, 209, 233, 271, 365	2015	<u>524</u> 527	<u>427</u> 453	<u>542</u> 482	<u>776</u> 667
Айырмашылық, %			0,4	6	11	14
Суы тапшы жыл	№ 34, 158, 350, 377, 450	1974	<u>583</u> 582	<u>491</u> 512	<u>414</u> 488	<u>586</u> 690
Айырмашылық, %			0,1	4	18	18
Ескерту: алымында бақыланған мәліметтер, бөлімінде – модельденген мәліметтер						

Бұл мақсатты жүзеге асыру үшін берілген жылдарға келесі параметрлер таңдап алынды: жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері, вегетация кезеңіндегі орташа жауын-шашын мөлшері, жылдық ағынды, вегетация кезеңіндегі ағынды. Көптеген модельденген жауын-шашынның мәндерінен аналогия әдісі бойынша орташа және вегетация кезеңіндегі мәндеріне жақын бірнеше жуық келетін мәндер таңдап алынады, және осы нөмірлерге сәйкес айлық ағынды гидрографы таңдалды. Жоғарыда атап өткеніміздей таңдалып алынған модельденген және бақыланған мәліметтердің бірнеше нұсқалары болуы мүмкін, яғни айлық ағындының модельденген гидрографы ретінде олардың орташа мәні алыныды.

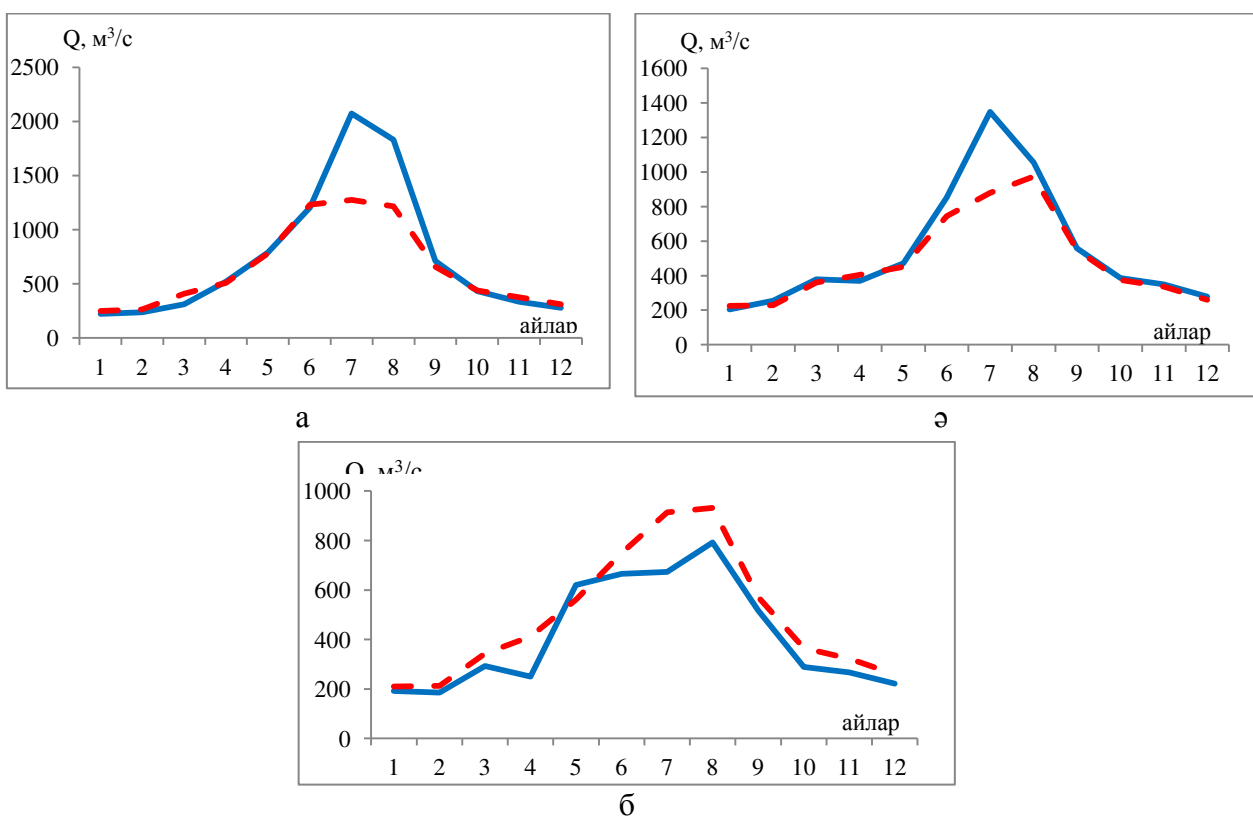
Кесте 14 - Су өтімі және жауын шашынның бақыланған (1-ші қатар) және модельденген (2-ші қатар) корреляциялық матрица қатары (n=500 жыл)

Айлар	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Су өтімі												
I	1	0,64	0,22	-0,05	0,05	0,07	0,06	0,10	0,26	0,20	0,19	0,23
		0,63	0,21	-0,03	0,13	0,12	0,06	0,09	0,30	0,26	0,29	0,31
II		1	0,51	0,05	0,10	0,16	0,10	-0,03	-0,01	0,17	0,20	0,31
			0,45	0,05	0,20	0,25	0,13	-0,01	0,08	0,28	0,33	0,39
III			1	0,29	0,22	0,15	0,05	0,00	0,00	0,14	0,29	0,08
					0,20	0,18	0,18	0,04	-0,02	0,03	0,14	0,26
IV				1	0,37	0,46	0,43	0,53	0,43	0,41	0,36	0,33
					0,36	0,45	0,45	0,55	0,47	0,45	0,39	0,46
V					1	0,68	0,53	0,50	0,55	0,60	0,54	0,37
						0,67	0,53	0,51	0,57	0,62	0,52	0,41
VI						1	0,65	0,53	0,57	0,73	0,56	0,41
							0,60	0,46	0,53	0,72	0,53	0,46
Жауын-шашын												
VII							1	-0,01	-0,08	0,14	0,11	0,05
								-0,03	-0,06	0,14	0,11	0,03
VIII								1	-0,15	-0,04	-0,08	0,04
									-0,21	-0,05	-0,09	0,06
IX									1	0,13	-0,09	0,05
										0,24	-0,13	0,01
X										1	0,03	0,13
											0,04	0,23
XI											1	0,01
												0,01
XII												1

Кесте 15 - Су өтімі және жауын шашынның бақыланған (1-ші қатар) және модельденген (2-ші қатар) өзара корреляциялық матрица қатары (n=500 жыл)

Айлар	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	0,04	0,01	0,06	0,29	0,31	0,30	0,33	0,39	0,33	0,26	0,24	0,22
	0,05	-0,02	-0,03	0,31	0,34	0,28	0,28	0,40	0,39	0,30	0,22	0,27
II	-0,14	0,01	-0,11	0,22	0,15	0,41	0,23	0,19	0,17	0,29	0,18	0,24
	-0,08	0,05	-0,09	0,23	0,10	0,38	0,26	0,20	0,15	0,31	0,20	0,26
III	0,13	0,15	0,07	0,39	0,23	0,25	0,24	0,38	0,22	0,11	0,13	0,27
	0,06	0,13	0,00	0,41	0,20	0,26	0,20	0,32	0,20	0,12	0,12	0,32
IV	0,07	0,11	0,19	0,24	0,12	0,20	0,09	0,18	0,12	0,13	0,17	0,08
	0,06	0,16	0,24	0,29	0,15	0,22	0,06	0,13	0,12	0,17	0,20	0,15
V	0,11	0,28	0,24	0,04	0,25	0,32	0,06	0,02	0,11	0,16	0,12	0,02
	0,08	0,28	0,20	0,03	0,26	0,34	0,07	-0,02	0,08	0,17	0,13	0,05
VI	0,04	0,03	-0,09	0,11	0,27	0,26	0,20	0,19	0,19	0,26	0,15	0,17
	0,03	0,05	-0,10	0,17	0,27	0,22	0,17	0,14	0,14	0,25	0,17	0,22
VII	-0,09	0,04	0,06	0,34	0,33	0,25	0,20	0,17	0,18	0,26	0,22	0,22
	-0,13	0,05	0,11	0,38	0,34	0,26	0,22	0,18	0,21	0,31	0,30	0,29
VIII	0,07	0,12	0,00	-0,16	0,11	0,25	0,27	0,12	0,11	0,20	-0,11	0,05
	0,06	0,13	0,00	-0,24	0,08	0,23	0,19	0,02	0,02	0,12	-0,03	0,08
IX	-0,04	-0,17	-0,12	0,13	-0,12	0,12	0,09	0,11	0,12	0,19	0,19	0,39
	-0,02	-0,17	-0,09	0,19	-0,12	0,09	0,11	0,15	0,14	0,22	0,24	0,38
X	-0,01	-0,06	0,05	0,15	-0,05	0,03	0,18	0,25	0,05	0,02	0,01	0,11
	-0,07	-0,09	0,11	0,21	-0,01	0,07	0,23	0,27	0,10	0,08	0,05	0,18
XI	0,00	-0,03	-0,02	0,13	-0,14	0,10	-0,17	-0,14	-0,02	0,09	0,05	0,13
	0,03	0,07	0,09	0,16	-0,17	0,10	-0,19	-0,21	-0,04	0,06	0,10	0,16
XII	-0,12	0,02	0,00	0,37	0,22	0,21	0,13	0,30	0,13	0,10	0,07	0,28
	-0,06	0,05	0,03	0,41	0,20	0,23	0,15	0,28	0,14	0,13	0,07	0,31

Суы мол 2010 жыл үшін бақыланған мәліметтер бойынша модельденген айлық ағындының бес нұсқасы алынды (15, 46, 194, 307, 335) және модельденген қатар ретінде бес нұсқаның орташасы қабылданды. 14-кестеден көріп тұрғанымыздай ағындының орташа жылдық модельденген мәні бақыланған мәннен айырмашылығы 13,8%, вегетациялық кезеңде - 20,6% құраған. Суы тапшы 1974 жыл бойынша модельденген мәннің нақты мәннен айырмашылығы орташа жылдық кезең үшін - 17,9%, вегетациялық кезең үшін - 17,7%. Суы орташа 2015 жыл үшін таңдалынып алынған алты модельденген қатардың орташасы бақыланған жылдық мәліметтерден 11,1% және вегетациялық кезеңде 14,1% ауытқыған. Айырмашылық пайыздары есептік дәлдік шегінде жатыр. Айлық ағынды гидрографтарының тексеру нәтижелері төмендегі суретте көрсетілген (сурет 25).



а) – суы мол жыл (2010 ж.); ә) – суы орташа жыл (2015 ж.);
 б) суы тапшы жыл (1974 ж.)
 - бақыланған мәндер; --- модельденген мәндер.

Сурет 25 - Іле өзенінің (Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары)
 айлық ағынды гидрографы

Дәл осындай тексеру жұмыстары Шарын өзені – Сарытоғай шатқалы ГБ үшін де жүргізілді (Қосымша И). Канондық жіктеу әдісін қолданатын модельдеу нәтижелері $n=500$ жыл модельденетін қатардың ұзақтығы үшін ағынды су мен жауын-шашынның айлық мәндерінің орташа мәндері мен өзгеру коэффициенттері арасында жақсы сәйкестік бар екенін көрсетеді.

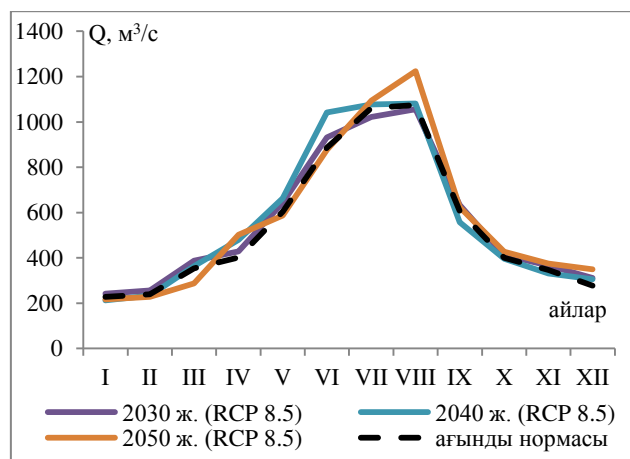
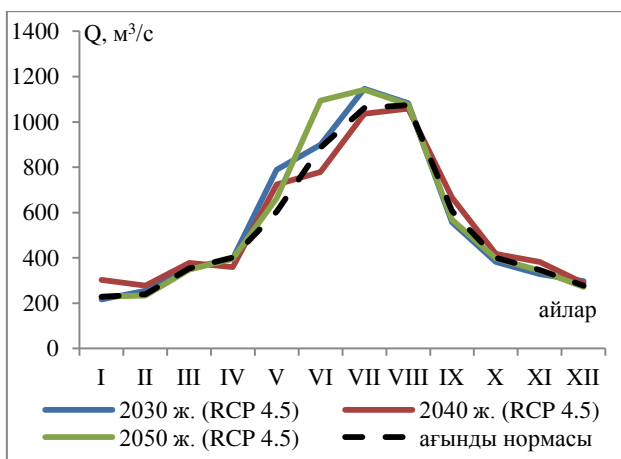
Бірінші ретті асимметрия және автокорреляция коэффициенттерінің нақты және модельденген мәндерінің арасындағы сәйкессіздік есептеудің дәлдігінде жатыр. Шарын өзені - Сарытоғай шатқалы ГБ үшін суы мол жыл үшін нақты деректер мәндері бойынша алты гидрограф таңдалды. Модельденген жылдық ағындының мәні нақты деректерден 26%-ға, ал вегетациялық кезең үшін 24%-ға ерекшеленеді. Орташа су жылы үшін нақты деректер бойынша айлық ағындының сегіз гидрографы таңдалды, модельденген жылдық ағындының мәні нақты деректерден 9%-ға, ал вегетациялық кезең үшін 12,0%-ға ерекшеленеді. Суы аз жыл үшін нақты деректер бойынша төрт айлық ағынды гидрограф таңдалды, модельденген жылдық ағындының нақты деректерден ауытқуы 2,7%, ал вегетациялық кезеңнің ауытқуы 9,6% құрайды (Қосымша И).

Осылайша, канондық жіктеу әдісімен модельденген ағынды және жауын-шашын қатары бақыланған мәнге жақын, авто және өзара корреляциялық матрицаны сақтайды. Яғни канондық жіктеу әдісін климаттың заманауи өзгерісін ескере отырып өзен ағындысын ұзақ мерзімдік кезеңге болжам жасауға болады. Мұндай болжамдардың ұзақтығы мен сапасы метеорологиялық параметрлердің ұзақ мерзімдік болжамдарына байланысты болады.

Климат өзгеруінің әртүрлі сценарийлері негізінде өзен ағындысының ұзақ мерзімдік болжамы үшін кіріс параметрі ретінде Климаттың өзгеруі жөніндегі мемлекеаралық топтың (КӨЖМП) бесінші есебі бойынша әлемдік климат модельдерінің көмегімен жасалған жауын-шашынның мәндері алынды. Қолданылады жауын-шашынның мәндері RCP 4.5 және RCP 8.5 сценарийлері бойынша 2030, 2040, 2050 жылдарға алынды. Базалық кезең ретінде 1981-2000 жж. қабылданды.

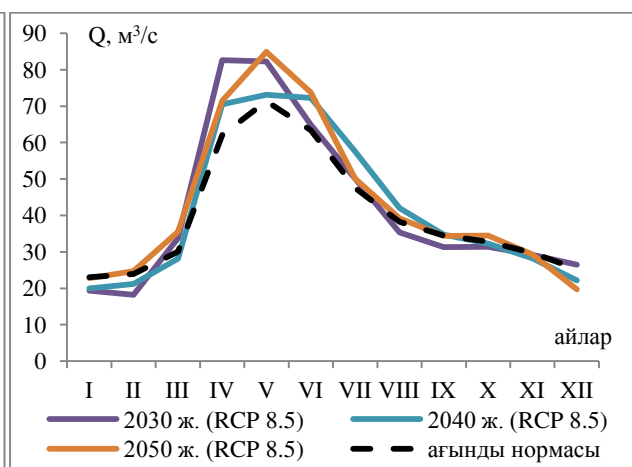
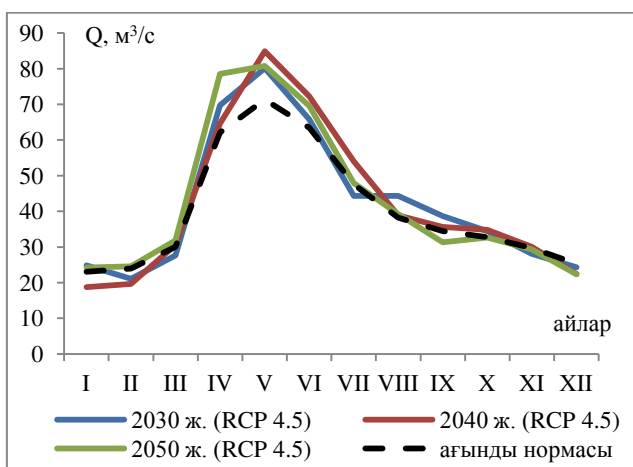
Канондық жіктеу әдісімен модельденген жауын-шашын мәндерінен RCP 4.5 және RCP 8.5 сценарийлері бойынша 2030, 2040, 2050 жылдарға модельденген жауын-шашын мәніне жақын бірнеше нұсқа таңдалып, канондық жіктеу әдәсі бойынша жауын-шашынның белгілі бір жылдарға (2030, 2040, 2050) орташаланған болжамдық мәні табылады. Болжамдық жауын-шашынның реттік нөміріне сәйкес ағынды гидрографының болжамы алынады, яғни айлық өзен ағындысының келешектегі сценарлық болжамы. Канондық әдіс бойынша алынған Іле өзенінің RCP 4.5 және RCP 8.5 сценарийлері бойынша 2030, 2040, 2050 жылдарға арналған сценарлық болжамы төмендегі суретте көрсетілген.

Өзен ағындысының жылышылық өзгерісінің болжамына сәйкес қарастырылып отырған өзенде 2030, 2040 және 2050 жылдарға қарай айлық ағынды мәндері кейбір айларда өсуі немесе азаюы байқалады. 2030 жылға қарай RCP 4.5 климаттық сценарийі бойынша күзгі айларда (қыркүйек-қараша) 8 % дейін азаю мүмкін, ал басқа айларында керісінде 30 % дейін өсуі, ал 2040 жылға қарай су тасу кезеңінде ағынды мөлшері 12 % азаю күтілуде (сурет 26).



Сурет 26 – Канондық жіктеу әдісі бойынша Іле өзенінің (Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары) 2030-2050 жж. ағынды гидрографының болжамы

RCP 8.5 климаттық сценарийі бойынша 2030 жылы шілде мен тамыз айынан басқа айларда ағындының көбеюі байқалады. Шарын өзені бойынша ағындының күтілетін максималды өзгерісі 2030 жылға қарай RCP 8.5 сценарийі бойынша сәуірде 33%-ға өсуі, ал RCP 8.5 сценарийі бойынша 2040 жылға қарай қаңтарда 19%-ға азаюы күтілуде (сурет 27) Сондай ақ гидрограф шыңының кейбір болжамдық кезеңдерде алға жылжуы болжанады.



Сурет 27 – Канондық жіктеу әдісі бойынша Шарын өзені – Сарытоғай шатқалы ГБ 2030-2050 жж. ағынды гидрографының болжамы

Жалпы алғанда, қарастырылған өзендерде гидрограф формасы 2030-2050 жж. дейінгі болжамға сәйкес өте үлкен өзгеріске ұшырамайды, тек жыл ішіндегі өзгерістер, атап айтқанда су тасу кезеңінің шыңы алдыңғы немесе артқы айларға жылжуы, күзгі және қысқы ағындының аз ғана өзгеруі күтілуде. Егер де ағындының болжамдық жылдық мәнін қарастыратын болсақ, RCP4.5 және RCP8.5 сценарийлері бойынша өзен ағындысы 16 % дейін өседі.

5.2 Антропогендік іс әрекеттің әсерінен өзендердің ағынды ресурстарының өзгеруін болжау

Антропогендік факторлардың әсерінен өзен ағындысының өзгеруін болжау табиғи ортаға жылдан жылға антропогендік жүктемелердің өсімен байланысты маңыздылығы үнемі артып отыратын су ресурстарының жай-күйін бақылау мәселесінің бірі болып табылады. Өзен ағындысының антропогендік өзгерістерінің ұзақ мерзімді болжамы үшін қарастырылып отырған алаптағы ағымдағы өзгерісін бағалау маңызды. Жоғарыдағы жүргізілген есептеулер бойынша ұзақ мерзімді перспективаға экстраполяциямен СШУ шегінде алаптағы суды тұтыну динамикасын зерттеуге мүмкіндік береді.

Экономиканың қарқынды өсуі, урбанизацияның артуы және халық санының айтарлықтай өсуі сай азық-түлік өндірісінің ұлғаюы болашақта суға деген сұранысты арттырудың негізгі факторлары болып табылады. Ұзақ мерзімді келешекке экономика салаларында (өнеркәсіп, тұрмыстық қажеттіліктер, ауыл шаруашылығы, балық шаруашылығы) су алуды болжау үшін жалпы ішкі өнімнің жоспарланған өсуінің индикативтік көрсеткіштеріне сәйкес су тұтынудың ретроспективті даму үрдістері, Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің ОБЖ [172, 173] жоспары және мемлекеттік бағдарламалар [204] бойынша ауыл шаруашылығын дамытудың перспективалық жоспарлары ескерілді.

2050 жылға қарай қарастырылып отырған аудандарда халық саны 5,3 миллион адамға дейін артуы мүмкін немесе 2011-2015 жылдармен салыстырғанда 53,6%-ға, оның ішінде Алматы қаласында халық санының 2,73 млн адамға дейін өсуі мүмкін. 2020 жылдан 2050 жылға дейінгі кезеңде қала халқының саны ауылға қарағанда жылдамырақ өседі деп болжануда. Ілеөзені алабы қазіргі уақытта халықтың шоғырлануының артуы мен еңбек ресурстарының шамадан тыс артуын бастан кешіп жатқан дәстүрлі түрде туу деңгейі жоғары аймаққа жатады және бұл үрдіс келешекте де жалғасады [205-208].

Қазақстан Республикасы Су Ресурстары Комитетінің ұзақ мерзімді салалық бағдарламасы шеңберінде Іле өзені (ҚР) алабында суармалы алқаптарды 150 мың гектарға ұлғайту жоспарлануда. Алапта жоспарланып отырған – суару жүйелерін қайта құру, суды үнемдейтін суару технологияларын енгізу, егістік құрылымын ұтымды ету суармалы жерлерді пайдаланудың тиімділігін арттырып, келешекте тиімділікті 0,75-0,80 дейін арттыруды, жұмыс істеп тұрған ирригациялық жүйелердің құнын 15-25%-ға төмендетуді жоспарлауда. Жоспарланған іс-шараларды жүргізу суармалы суды үнемдеуге және келешекте (2050 жылға дейін) суармалы жер көлемін 601,28 мың гектарға дейін ұлғайтуға мүмкіндік береді [209].

2050 жылға қарай экономика салалары мен халықтың жалпы су алуы 5407 млн.м³ құрайды, мұнда су алудың 88%-ға жуығы ауыл шаруашылығына, негізінен жүйелі суаруға келеді [210]. 2030 жылға қарай Іле өзені алабында шаруашылық-ауызсу қажеттіліктері үшін су алу көлемі 313 млн. м³ дейін;

2040 жылға қарай – 348 млн м³ дейін; ал 2050 жылға қарай – 377 млн. м³ артады деп күтілуде. Сондай ақ өнеркәсіптің күтілетін су сұранысының жалпы өсу қарқыны жылына 1,400 млн м³ құрайды, бұл аймақтың су ресурстарын жоспарлау және пайдалану кезінде ескерілуі керек.

Бұл зерттеуде су ресурстарына антропогендік әсердің ұзақ мерзімді болжамында суды пайдалану деректері негізінде 2030, 2040, 2050 жылдар кезеңіне өзен ағындысының болжамдық жағдайының әртүрлі нұсқалары қарастырылды. Бұл жерде айта кететін жайт, өзендердің беттік ағындысының болжамы ең алдымен болашақтағы климаттық өзгерістердің әсерін, содан кейін болжамды антропогендік факторларды есепке алуға негізделген.

2030 жылға арналған кезеңге антропогендік әрекеттерді ескере отырып, өзен ағындысы ресурстарының болжамы Қазақстан Республикасындағы экономиканың дамуының ағымдағы тенденцияларына және суды пайдалану деңгейіне негізделген. Оған сәйкес суды пайдалану технологиясының заманауи жетістіктеріне сәйкес қайтарымсыз суды тұтыну мөлшері қарастырылады. Басқаша айтқанда, бұл суды алуды бірте-бірте арттыруды емес, сұранысты басқару мен реттеуді бірте-бірте өзгертуді және оны кейіннен тұрақты қамтамасыз етуді білдіреді.

2040 және 2050 жылдарға су шығындарын азайту арқылы, яғни суды пайдаланудың озық технологияларын енгізу есебінен келешекте қайтарымсыз су тұтыну коэффициентінің ұлғаюы қарастырылуда. Осылайша, суды алудың бірдей мәндерін сақтай отырып, су ресурстарына жалпы әсері артады. Мұнда қайтарымсыз суды тұтыну коэффициентінің 2030 жылға қарай 10%-ға, 2040 жылға қарай – 20%-ға, 2050 жылға қарай – 30%-ға артуы қарастырылуда.

2030-2050 жылдар аралығындағы кезеңдердегі антропогендік әсерді ескере отырып, Іле өзені алабы бойынша алынған болжамдық сипаттамалары болашақта су шаруашылық учаскелерде әртүрлі сипатқа ие. Мұнда әсіресе су аз кезең аса маңызды, себебі болашақта суды басқаруды жоспарлау барысында, яғни белгілі бір суы тапшы аймақтар үшін қосымша шараларды әзірлеуде маңызды болып табылады.

Төменде келтірілген 2030-2050 жылдарға антропогендік факторды ескере отырып жасалған болжамға сай белгілі бір аймақтарда су ресурстарының тапшылығының қалыптасу ықтималдығы болуы мүмкін.

Іле өзені алабы бойынша жергілікті су ресурстары 2030-2050 жылдарға арналған болжамдық кезеңдерде суы орташа жылдарда базалық кезеңнің нормасымен салыстырғанда 8%-ға, суы аз жылдары 10%-ға дейін төмендеуі күтілуде. Су шаруашылық учаскелеріне жеке тоқталатын болсақ 02.01.02.01, 02.01.02.02 және 02.01.02.03 СШУ су орташа жылдарда 5%-ға дейін өсу күтілуде. Климаттық болжамдарға қатысты су ресурстарының болжамында осы аудандарда табиғи ағындының өсетінін өткен тарауда атап келтірілген (сурет 28).



Сурет 28 – Іле өзені алабындағы антропогендік әсерді ескере отырып, өзен ағындысы ресурстарының болжамы

02.01.02.05 СШУ бойынша 2030-2050 жылдар аралығындағы кезеңде ағынды судың айтарлықтай төмендеуі күтілуде, яғни суы орташа жылдары нормадан 16-48%-ға, суы аз кезеңдерінде 19-68%-ға дейін, мұны осы аумақта жоспарланған ҰАК бойындағы аудандарда ауыл шаруашылығының қажеттіліктері үшін 2050 жылға қарай су тұтынудың 670 млн.м³-тан 1373

млн.м³-ге дейін өсуімен түсіндіруге болады.

02.01.02.07 СШУ су ресурстары 2030-2050 жылдарға қарай су орташа жылдары 38-47%-ға дейін азаюы мүмкін, бұл болашақтағы климаттық өзгерістердің салдары болып табылады, яғни бұл өңірлерде су ресурстарының біртіндеп азаюы күтіледі, оның ішінде температураның жоғарылауымен және географиялық орналасу ерекшеліктерімен байланысты.

Іле өзені алабындағы ең күрделі мәселе ол ҚХР келетін ағынды болып табылады, себебі Іле өзенінің негізгі ағынды қабаты қалыптасатын ШҰАА болашақта Орталық Азиядағы ірі сауда орталығына айналдыру жоспарлануда, бұл стратегиялық мақсатқа жету үшін Қытай тарапы аймақтың ауыл шаруашылығы және өнеркәсіптік әлеуетін арттыруы қажет, бұл тұщы судың үлкен көлемін пайдалануға негізделген [211, 212].

Қазіргі уақытта 2030 жылға дейін есептелген «Батыс Қытайдың ұлы дамуының» екінші кезеңі жүзеге асырылуда. Өнеркәсіпті жаңғыртуға басымдық беріліп, 2010 жылы бірінші кезең аяқталғаннан кейін индустрияландырудың бастапқы деңгейі мен ЖІӨ-нің орташа жылдық өсіміне 10% қол жеткізілді. Бұл трансшекаралық өзендерден су алуды одан әрі арттыруды талап етеді [213].

Іле өзені алабында Қытай көптеген жобаларды жүзеге асыруда, соның ішінде газ тасымалдау жүйесінің құрылысы да бар. Сарапшылардың бағалауы бойынша, бұл жобаларды іске асыру 2050 жылға қарай Қазақстандағы Іле өзенінің ағындысының 40%-ға азаюына, ал өнеркәсіптік (негізінен мұнай өндіруші және мұнай өңдеуші) кәсіпорындарды іске қосу нәтижесінде Қытайдағы өзен алабында ластану деңгейі артады [214].

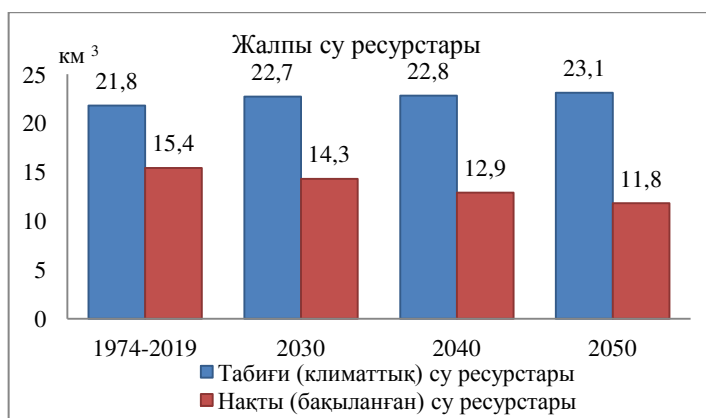
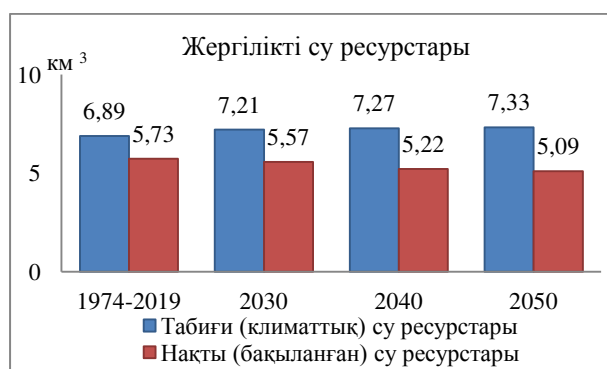
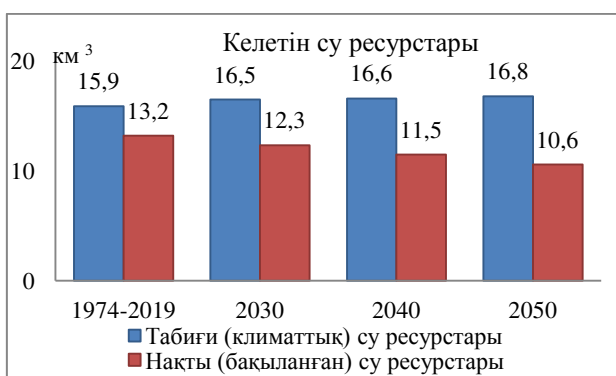
2003 жылы Қытай өзінің маңызды Шыңжаң ақ кітабын жариялады, ол мақта өндірісі мен энергияны пайдалануды тоқтаусыз кеңейтуді білдіреді. Екеуі де ШҰАА дамуы үшін негізгі салалар болғанымен, олар аймақ үшін тұрақсыз суға мұқтаж. Суды өте қажет ететін мақта ШҰАА егістік алқабының жартысына жуығын алып жатыр. Бұған қоса, үкіметтің ШҰАА қоныс аудару саясатына байланысты миллиондаған тұрғындардың қосымша қоныстануы аймақтағы суды тұтынудың күрт артуына алып келуі ықтимал. Жылдам экономикалық өсу, урбанизацияны жеделдету және азық-түлік өндірісіне әсер ететін халық санының айтарлықтай өсуі суға сұраныстың болашақта өсуінің негізгі драйверлері болып табылады [215]. Кейбір мәліметтер бойынша [205] Қытайдың батыс аймақтарында қоныстандыру бағдарламасын жүзеге асыру нәтижесінде 2050 жылға қарай Қытай аумағындағы Іле өзенінің трансшекаралық алабында орналасқан аудандарда халық саны 5928190 адамға дейін артуы мүмкін деп күтілуде.

Трансшекаралық келетін ағындыны болжау барысында Қытайдың ШҰАА экономикалық даму жоспарларына және суды тұтынудың қазіргі тенденциясына сәйкес 2030 жылға суды қайтарымсыз пайдалану коэффициентін қазіргі 0,5 деп, болашақта 2040-2050 жж. тиісінше 0,6 және 0,65 көбейту арқылы болжамдық мәліметтер алынды. Алынған нәтижелер бойынша антропогендік ағынды су орташа жылдарда 20%-ға, суы аз

жылдары 45%-ға дейін төмендеуі күтілуде. Іле өзені бойынша 2030-2050 жж. болжамға сәйкес антропогендік факторлардың салдарынан 2050 жылға қарай суы орташа жылдары су ресурстары 11,8 км³, суы аз жылдары 8,4 км³ дейін азайып кетуі мүмкін.

Су ресурстарының болжамдық мәнін есептеу кезінде біз Қапшағай су қоймасының болашаққа арналған параметрлерінің өзгеруін ескермедік, ол қазіргі кезеңдегідей өзгеріссіз қалады және экономикалық шығын шамамен 2301 млн. м³ болады, яғни оның ауданы мен су көлемі учаскенің жергілікті ресурстарының болашақтағы өзгерістеріне қарамастан сақталады деп қарастырдық. Іле өзені алабының атырауында ауыл шаруашылық саласында қайтарымсыз суды тұтыну 2050 жылға қарай 591 млн.м³ дейін артады деп болжануда.

Жалпы алғанда климаттың өзгеруін, антропогендік факторларды және трансшекаралық ағындыны ескере отырып Іле алабы өзендерінің су ресурстарын ұзақ мерзімге болжау мәліметтеріне сүйенсек климаттық ағындының сценарлық болжамы жоғарыда келтірілген климаттық сценарийлер 10%-ға дейін артады деп күтілсе, нақты ағындының азаюы орын алуы мүмкін, әсіресе ҚХР келетін ағынды суы аз жылдары 45 % дейін азаю болжанады (сурет 29).



Сурет 29 - Климаттың өзгеруін, антропогендік факторларды және трансшекаралық ағындыны ескере отырып Іле алабы өзендерінің су ресурстарын ұзақ мерзімге болжау

Күтілетін сценардық болжамдар жүзеге асқан жағдайда Іле алабы өзендерінің су ресурстары кейбір аймақтарда судың жетіспеушілігіне әкеледі, бұл су ресурстарының аймақтарға қайта бөлінуіне әкелуі мүмкін, сәйкесінше суару аумақтарын кеңейту немесе су шаруашылығы шараларын іске асырудың қолданыстағы жоспарларын өзгертуге тура келеді. Сонымен қатар, болашақта көрші мемлекет тарапынан суды пайдаланудың ең пессимистік болжамдарын іске асыру кезінде біз өз тарапымыздан ең жоғары жүктемелерді ескере отырып, қолда бар жергілікті ағындының позициясын негізге алу және тиісінше экономикалық өсу шығыны мен суға деген қажеттілікті ескере отырып, бүкіл экожүйенің су тұрақтылығын сақтау бойынша мүмкін болатын кез келген шараларды қабылдау қажет. Осылайша, тұрақты даму үшін суға деген сұраныс пен ұсынысты реттеу қажет, ал Қазақстан Республикасының аумағында қалыптасқан жергілікті су ресурстарына ғана сүйене отырып, болашақта ауылшаруашылық өнімдерінің отандық өндірісін кеңейту үшін су тапшылығы орын алатынын ескеріп, яғни оларды қысқарту, немесе суды аз қажет ететін басқа өндіріске көшу қажет болуы мүмкін.

Бесінші тарау бойынша қорытынды

Бұл тарау келешектегі климат өзгерістерін және антропогендік жүктемелерді ескере отырып, Іле өзені алабының су ресурстарын болжауға арналған. Бұл жұмыста табиғи су ресурстарын болжау үшін АМЖАҰ бесінші есебіндегі RCP 4.5 және RCP 8.5 сценарийлерін қолданылып, өзен ағындысы ресурстарын 2030, 2040, 2050 жылдарға арналған болжамдық бағалау нәтижелері алынды. Алынған нәтижелерді сай алаптың көп бөлігінде жылдық ағындының ұлғаюы күтілуде, екі климаттық сценарий бойынша Жетісу Алатауының оңтүстік беткейіндегі өзендерде ағынды 15%-ға дейін, Кетмен жотасының солтүстік беткейінде 10%-ға дейін және Текес өзені алабының ауданында 7% дейін өсуі мүмкін. Басқа СШҰ жергілікті ресурстардың шамалы ұлғаюы барлық болжамды кезеңдерде 1%-дан 6%-ға дейін ауытқиды. Тек Күрті өзенінің алабында күтілітін жылдық ағынды 10% дейін төмендеуі мүмкін.

Сонымен қатар бұл тарауда айлық өзен ағындысы мен жауын-шашынның бірлескен статистикалық модельдеуіне негізделген өзен ағындысының ұзақ мерзімді болжамы (канондық жіктеу әдісі) алынды, яғни ол екі гидробекетте жүргізілді: Іле өзенінде Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары орналасқан ГБ және Шарын өзені – Сарытоғай шатқалы ГБ. Өзен ағындысының жылшылық өзгерісінің болжамына сәйкес қарастырылып отырған өзендерде 2030, 2040 және 2050 жылдарға қарай айлық ағынды мәндері кейбір айларда өсуі немесе басқа айларда азаюы байқалады. 2030 жылға қарай RCP 4.5 климаттық сценарийі бойынша күзгі айларда 8 % дейін азаю мүмкін, ал басқа айларында керісінше 30 % дейін өсуі, ал 2040 жылға қарай су тасу кезеңінде ағынды мөлшері 12 % азаю күтілуде. Сондай ақ

гидрограф шыңының кейбір болжамдық кезеңдерде алға жылжуы болжанады.

Бұл тарауда су ресурстарына антропогендік фактордың тигізетін әсерін болжау су пайдаланудың ұзақ мерзімді болжамдары мен жоспарлары деректері негізінде 2030, 2040, 2050 жылдарға өзен ағындысының болжамдық жағдайының әртүрлі нұсқалары қарастырылды. Іле өзені бойынша антропогендік факторлардың салдарынан 2050 жылға қарай су орташа жылдары су ресурстары $11,4 \text{ км}^3$, суы аза жылдары $8,4 \text{ км}^3$ дейін азайып кетуі мүмкін. Траншекаралық келетін ағындыны болжау барысында Қытайдың ШҰАА экономикалық даму жоспарларына және суды тұтынудың қазіргі тенденциясына сәйкес 2030 жылға суды қайтарымсыз пайдалану коэффициентін қазіргі 0,5 деп, болашақта 2040-2050 жж. тиісінше 0,6 және 0,65 көбейту арқылы болжамдық мәліметтер алынды. Алынған нәтижелер бойынша антропогендік ағынды су орташа жылдарда 20%-ға, суы аз жылдары 45%-ға дейін төмендеуі күтілуде.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмыста жүргізілген зерттеулер бойынша төмендегідей қорытындылар алынды:

1. Іле өзені алабының бойындағы барлық метеостанциялардағы ауа температурасының көпжылдық жүрісінде тренд сызығы оң үрдісті көрсетті, бірақ температураның өсуі барлық ауданда біркелкі емес, яғни өзен алабының атырауында орналасқан метеостанцияларда температураның өсуі әрбір он жылдықта жоғары мәнді көрсеткен, орташа алғанда $0,13^{\circ}\text{C}/10$ жыл - $0,39^{\circ}\text{C}/10$ жыл аралығында болған. Қарастырылған метеорологиялық станциялардың көпшілігінде көпжылдық кезеңде жауын-шашынның жылдық сомаларының өзгеруі статистикалық маңызды емес, тренд сызығында әртүрлі бағыттағы үрдіс байқалады.

Аймақтық климаттың өзгеруін егжей-тегжейлі талдау үшін әрбір онжылдықтағы ауа температурасы мен жауын-шашынның аномалиялары есептелінді, яғни соңғы жиырма жылдықта барлық метеостанцияларда температураның өсуі анық байқалады, атмосфералық жауын-шашынның аномалиясы белгілерінің өзгеруі әр он жылыдықтар бойынша тұрақты емес, бірақ 2000-шы жылдардан кейін аномалияның оң белгісі бар фаза айқын көрінеді.

Ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын трендтарын статистикалық бағалау (Манн-Кендал тесті, Сена көлбеуі) барысында жыл ішіндегі ауа температурасының орташа айлық мәндерінің өзгеруі де 1970-ші жылдан кейін температураның көтерілгенін растайды. Барлық метеостанциялар бойынша ауа температурасының максималды қарқынды жылынуы көктемгі және күзгі айларға, әсіресе наурыз айына тән екенін көрсетеді. Жауын-шашын трендтарының маңыздылығын параметрлік емес тесттардың көмегімен тексеру барысында айтарлықтай ерекше жағдай анықталмады. Дегенмен станциялар бойынша жауын-шашын динамикасының жылдық таралуында 1974-2019 жылдардағы қысқы жауын-шашынның өсуі байқалады.

Сценарлық болжамдарға тоқталатын болсақ АМЖАҰ 5 үлгілерінің ансамбліне негізделген екі сценарий бойынша одан әрі климаттың жылынуы күтілуде. 2030 жылға зерттеу аумағында ауаның орташа жылдық температурасының болжамды өзгеруі $1,5-2,9^{\circ}\text{C}$ аралығында өзгереді, ал 2050 жылға қарай температураның жоғарылауы базалық кезеңдерге (1981-2000) қарағанда $2,9^{\circ}\text{C}$ жетуі мүмкін. Температураның ең жоғары көтерілуі жаз айларында (шілде, тамыз) күтіледі. Сценарлық болжамдарға сәйкес жауын-шашынның жылдық мөлшерінің шамалы өсуі күтілуде.

2. Өзен ағындысының уақыттық қатарынан есептік кезеңді таңдалды және ағындының ең ұзақ бақылау қатары бар әртүрлі гидрологиялық біртекті аудандар үшін гидробекеттер алынып, толық емес гидрологиялық қатарлар қалпына келтіріліп, олар бойынша ағындының айырымды интегралдық

кисықтары салынды. Іле өзені алабындағы негізгі өзендердің интегралды кисықтарының көпшілігінде өзен сулылығының 4 негізгі кезеңі байқалады: 30-шы жылдардан 50-ші жылдарға дейін суы аз, содан кейін 70-ші жылдарға дейін суы мол фазасы, 70-ші жылдардан бастап 80-ші жылдардың ортасына дейін судың азаюы байқалады, содан кейін судың кобеюі қазіргі уақытқа дейін жалғасуда. Дегенмен кейбір өзендерде (Күрті өзені, Түрген өзені) соңғы жылдарда судың азаюы тіркелген.

Сондай ақ екінші тараудағы су ресурстарын бағалау алгоритмі негізінде Іле алабы бойынша 1974-2019 жж. су ресурстары есептелінді, яғни жалпы табиғи (климаттық) ресурстары $21,8 \text{ км}^3$ құраған, оның $6,89 \text{ км}^3$ жергілікті ресурстар, Қытайдан келетін ағынды (Іле өзені бойынша) - $15,3 \text{ км}^3$, Қырғыз Республикасынан (Қарқара өзені бойынша) - $0,37 \text{ км}^3$ құрайды, ҚХР кететін су (Текес өзені бойынша) - $1,00 \text{ км}^3$.

Сонымен қатар су ресурстарына қазіргі климат өзгерістері мен антропогендік факторлардың тигізетін әсері бағаланды. Іле өзені алабындағы табиғи ағындының көпжылдық жүрісінен 70-ші жылдардан кейін ағынды қалыптасатын аумақтарда орналасқан гидрологиялық бекеттерде өзен ағындысының біршама өсуі, ал алаптың жазық аудандарында азаюы байқалады. Жылдық ағынды ұлғайған өзен алаптарының көбінде әртүрлі дәрежеде мұздықтармен қоректенетінін атап өткен жөн. Яғни температураның соңғы жылдарда қарқынды өсуінен көпжылдық мұз бен қар қорларының еруі салдарынан мұздық ағынды үлесінің ұлғаюынан су мөлшерінің кобеюі байқалған. Бірақ қазіргі уақытта мұздықтардың азаюы байқалғанымен, табиғи жағдайда өзен ағындысының азаюы байқалмайды. Дегенмен, бұл құбылыс уақытша болуы мүмкін мұздық ағындының максималды еру деңгейі өткеннен кейін процесс кері жүруі мүмкін. Зерттеулерге сүйенетін болсақ температураның өсуі жалғасатын болса, Солтүстік Іле мұздық жүйесінің мұздықтарының басым көпшілігі осы ғасырдың соңына қарай (2080-2085 жж.) және Жетісу Алатауының оңтүстігіндегі мұздану, анықталған деградация жылдамдығын $2,2 \text{ км}^2/\text{жыл}$ ($0,97\%/жыл$) сақтай отырып - 2060 жылға қарай жойылып кетуі мүмкін. Алаптың жазық бөлігінде орналасқан бекеттерде 70-ші жылдардан кейін ағындының азаюы байқалады, бұл ауа температурасының қарқынды көтерілуіне байланысты болуы мүмкін, себебі Іле өзенінің атырау аймағында таулы аудандармен салыстырғанда көбірек жылынған. Ауа температурасының жоғарылауы булану процессінің қарқынды жүруіне ықпал етуі мүмкін.

Заманауи климат өзгерісімен қатар, шаруашылық іс-әрекеттің салдарынан су ресурстарының өзгеруі бағаланды, яғни Іле өзені алабының антропогендік факторлардың әсерінен азаюы $6,0 \text{ км}^3$ құраған, яғни табиғи (климаттық) ағындыдан ($21,8 \text{ км}^3$) 28 % азайған. Оның ішінде шаруашылық іс-әрекетті бағалау барысында ҚХР аумағындағы антропогендік өзгеріс шекаралық гидробекеттің мәліметі бойынша - $2,8 \text{ км}^3$, қалған $3,2 \text{ км}^3$ біздің елімізге тиесілі. Біздің аумағымыздағы негізгі антропогендік әсер Қапшағай

су қоймасының жұмыс істеуімен (инфильтрация, булану және т.б.) байланысты шығындар шамамен $2,3 \text{ км}^3$ құраса, $1,05 \text{ км}^3$ суды әртүрлі экономика салалары тұтынған. Сондай-ақ 250 млн. м^3 Іле өзенінің арнасынан Ақдала күріш алқабы пайдаланып отыр.

3. Табиғи су ресурстарын болжау үшін АМЖАҰ бесінші есебіндегі RCP 4.5 және RCP 8.5 сценарийлерін қолданылып, өзен ағындысы ресурстарын 2030, 2040, 2050 жылдарға арналған болжамдық бағалау нәтижелері алынды. Алынған нәтижелерді сай алаптың көп бөлігінде жылдық ағындының ұлғаюы күтілуде, екі климаттық сценарий бойынша Жетісу Алатауының оңтүстік беткейіндегі өзендерде ағынды 15%-ға дейін, Кетмен жотасының солтүстік беткейінде 10%-ға дейін және Текес өзені алабының ауданында 7% дейін өсуі мүмкін. Басқа СШҰ жергілікті ресурстардың шамалы ұлғаюы барлық болжамды кезеңдерде 1%-дан 6%-ға дейін ауытқиды. Тек Күрті өзенінің алабында күтілітін жылдық ағынды 10% дейін төмендеуі мүмкін.

Сонымен қатар бұл тарауда айлық өзен ағындысы мен жауын-шашын жауын-шашынның бірлескен статистикалық модельдеуіне негізделген өзен ағындысының ұзақ мерзімді болжамы (канондық жіктеу әдісі) алынды, яғни ол екі гидробекетте жүргізілді: Іле өзенінде Қапшағай су бөгенінен 164 км жоғары орналасқан ГБ және Шарын өзені – Сарытоғай шатқалы ГБ. Өзен ағындысының жылішілік өзгерісінің болжамына сәйкес қарастырылып отырған өзендерде 2030, 2040 және 2050 жылдарға қарай айлық ағынды мәндері кейбір айларда өсуі немесе азаюы байқалады. 2030 жылға қарай RCP 4.5 климаттық сценарийі бойынша күзгі айларда 8 % дейін азаю мүмкін, ал басқа айларында керісінше 30 % дейін өсуі, ал 2040 жылға қарай су тасу кезеңінде ағынды мөлшері 12 % азаю күтілуде. Сондай ақ гидрограф шыңының кейбір болжамдық кезеңдерде алға жылжуы болжанады.

Бұл тарауда су ресурстарына антропогендік фактордың тигізетін әсерін болжау су пайдаланудың ұзақ мерзімді болжамдары мен жоспарлары деректері негізінде 2030, 2040, 2050 жылдарға өзен ағындысының болжамдық жағдайының әртүрлі нұсқалары қарастырылды. Іле өзені бойынша антропогендік факторлардың салдарынан 2050 жылға қарай су орташа жылдары су ресурстары $11,4 \text{ км}^3$, суы аза жылдары $8,4 \text{ км}^3$ дейін азайып кетуі мүмкін. Трансшекаралық келетін ағындыны болжау барысында Қытайдың ШҰАА экономикалық даму жоспарларына және суды тұтынудың қазіргі тенденциясына сәйкес 2030 жылға суды қайтарымсыз пайдалану коэффициентін қазіргі 0,5 деп, болашақта 2040-2050 жж. тиісінше 0,6 және 0,65 көбейту арқылы болжамдық мәліметтер алынды. Алынған нәтижелер бойынша антропогендік ағынды су орташа жылдарда 20%-ға, суы аз жылдары 45%-ға дейін төмендеуі күтілуде.

4. Ғылыми зерттеу жұмысында алынған нәтижелерді екі ел арасындағы су ресурстарын тиімді пайдалану, бөлісу мен жоспарлау барысында қазіргі және келешектегі климаттық және антропогендік факторларды ескере отырып ғылыми негізделген стратегияны әзірлеу барысында пайдалануға болады. Сонымен қатар табиғи су ресурстарын болжауда пайдаланылған

әдістерді, атап айтқанда климаттық сценарийлер негізінде өзен ағындысы ресурстарын ұзақ мерзімге болжаудың статистикалық тәуелділік әдісін (RCP 4.5 және RCP 8.5), өзен ағындысы мен жауын-шашынның бірлескен статистикалық үлгісі арқылы өзен ағындысын ұзақ мерзімге болжау, яғни канондық жіктеу әдісін ағындының жылдық және жыл ішілік өзгерістерін ұзақ мерзімдік болжау әдістері ретінде ұсынуға болады.

Осылайша, тұрақты даму үшін суға деген ұсыныс пен сұранысты реттеу қажеттілігі артатындығы анық және ҚХР аумағынан келетін суға ғана емес тек ҚР аумағында қалыптасатын жергілікті ресурстарға сүйене отырып, болашақта ауыл шаруашылығы және өнеркәсіп өнімдерінің отандық өндірісін кеңейту барысында су тапшылығын болдырмау, немесе оларды қысқарту болмаса суды аз қажет ететін басқа да өндірістерге көшу қажет. Сондай-ақ, осы аймақтың экологиялық тұрақты жай-күйін сақтау үшін Іле өзені атырауы мен Балқаш көлінің тұрақты деңгейін сақтау мақсатында нақты шаралардан тұратын іс-қимылдар кешенін әзірлеу керек.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Монин А.С. Введение в теорию климата. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. – 246 с.
- 2 Монин А.С., Шишков Ю.А. Климат как проблема физики //Климат как проблема физики. – 2000. – Т. 170, № 4. – С. 419–445.
- 3 Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 352 с.
- 4 Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 494 с.
- 5 Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: учебник. – 7-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 582 с.
- 6 Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2017 году //ВМО. – Женева: Издательство ВМО. – 2018 – №1285. – 40 с.
- 7 Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Николаев А.А. Современные изменения климата Северного полушария земли //Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2005. – №1. С.8-19.
- 8 Винников К.Я. Чувствительность климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 224 с.
- 9 Willet H.C. Do recent climatic fluctuations portend an imminent ice age? //Geophysical Journal International. – Oxford University Press. – 1974. – №4. – P. 265-302.
- 10 Willet H.C. On the present climatic variation //Roy. Met. Soc., 1950. – P. 195-206.
- 11 Mitchell J.M. Recent secular changes of global temperature //NY.: Acad. Sci., 1961. – P. 235-250.
- 12 IPCC 2018: Summary for Policymakers. In: 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 [V. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner J.O. et al. (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland 32 p.
- 13 Бышев В.Н., Нейман В. Г., Романов Ю. А. О разнонаправленности изменений глобального климата на материках и океанах //ДАН. – М: Наука, 2005. – Т.400. –№1. – 98-104 с.
- 14 Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Современные глобальные и региональные изменения климата //Географический вестник. – Пермь: Издательство ПГНИУ, 2006. – №2. – С. 84-96.
- 15 Лосев К.С. Климат: вчера, сегодня и завтра. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 173 с.
- 16 Дроздов О.А. Васильев В.А., Кобышева Н.В. Климатология. – Л: Гидрометеоиздат, 1989. – 567 с.

17 Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. – Обнинск: ГУ ВНИИГМИ - МЦД, 2008. – 300 с.

18 Верещагин М.А., Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Тудрий В.Д. Факторный анализ многолетней динамики глобального термического режима приземного слоя воздуха //Изв. РАН. Сер.географ. – М: Наука, 2004. – №5. – С. 34-41.

19 Аламанов С.К. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии: учебник [для вузов]. – Москва-Бишкек: Лев Толстой, 2006. – 188 с.

20 8-е национальное сообщение и 5-й двухгодичный доклад Республики Казахстан Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Астана, 2022 - 491 с.

21 Рамсторф Ш., Шельнхубер Х.Й. Глобальное изменение климата: диагноз, прогноз, терапия. – М.: О.Г.И., 2009. – 271 с.

22 Jones P. D. Hemispheric surface air temperature variations: reanalysis and update to 1993 //Journal of Climate. – American Meteorological Society, 1994. – №7. – P. 1794-1802.

23 МГЭИК. Изменение климата 2007 г: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Пачаури Р.К. [и др.] / МГЭИК. – Женева: Издательство ВМО, 2007. – 104 с.

24 Логинов, В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 494 с.

25 Переведенцев Ю.П. Теория климата: учебное пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. – 504 с.

26 Доклад о мировом развитии. Развитие и изменение климата //(подготовлено сотрудниками Международного банка реконструкции и развития / Всемирного банка). – Москва: Весь мир, 2010. – 417 с.

27 Fröhlich С., Romero J., Roth H. et al. ДЕВА: Эксперимент по гелиосейсмологии и мониторингу солнечной радиации. Sol Phys 162, 1995.- С.101–128.

28 Жеребцов Г.А., Коваленко В.А. Влияние солнечной активности на погодно-климатические характеристики тропосферы //Солнечно-земная физика. Вып. 21, 2012. – С. 98–106.

29 Логинов, В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В.Ф. Логинов. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 266 с

30 <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/did-global-warming-stop-1998>, 18.03.2019

31 <http://climate2008.igce.ru/v2008/htm/index00.htm>), 18.03.2019

32 Zharkova Valentina & Shepherd S.J. & Popova E & Zharkov S. (2015). Heartbeat of the Sun from Principal Component Analysis and prediction of solar activity on a millenium timescale. Scientific Reports. 5. 10.1038/srep15689

- 33 Обридко В.Н., Наговицын Ю.А., Солнечная активность, цикличность и методы прогноза. – М.: ВВМ, 2017. – 466 с.
- 34 Зотов Л.В. Регрессионные методы прогнозирования параметров вращения Земли // Вестник Московского университета, Серия 3: Физика, Астрономия, Изд-во Моск. ун-та, № 5, 2005. - С. 64-68.
- 35 Голицын Г.С. Природные процессы и явления: волны, планеты, конвекция, климат, статистика. – М.: Физматлит, 2004. – 344 с.
- 36 McCarthy D., Petit G. (2003). Earth Orientation Parameters Prediction Research // IERS Conventions (2003). – Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2004. – IERS Technical Note No. 32. – P. 144-148.
- 37 Шулейкин В.В. Взаимодействие звеньев в системе «Океан–Атмосфера–Материки». – Природа. – № 10/71.
- 38 https://climate.nasa.gov/climate_resources/125/infographic-sea-level-rise, 08.10.2018
- 39 Малинин В.Н. Общая океанология. Физические процессы. – Спб.: Изд. РГГМУ, 1998. – Ч.1. – 342 с.
- 40 Pachauri R. K. et al. 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 (IPCC, 2014).
- 41 Francey R.J., Allison C.E., Etheridge D.M., Trudinger C.M. & others. A 1000-year high precision record of $\delta^{13}\text{C}$ in atmospheric CO_2 . // Tellus B Chem. Phys. Meteorol. – 1999, 51:2. – P. 170-193.
- 42 Будыко М.И., Израэль Ю.А. Антропогенные изменения климата. – Л.: Гидрометиздат, 1987. – 405 с.
- 43 Грабб М., Вролик К., Брэк Д. Киотский протокол. Анализ и интерпретация. – М., Наука, 2001. – 303 с.
- 44 <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html>, 14.09.2019
- 45 Kauppinen J.K., Malmi P. No experimental evidence for the significant anthropogenic climate change // arXiv: General Physics, 2019.- P.1-6.
- 46 Yusuke Ueno., Masayuki Hyodo., Tianshui Yang. Intensified East Asian winter monsoon during the last geomagnetic reversal transition // Scientific Reports 9 (1). – 2019.-DOI: 10.1038/s41598-019-45466-8
- 47 Henrik Svensmark., Nigel Calder. The Chilling Stars a New Theory of Climate Change. – Icon Books Ltd, 2007. – 272 p.
- 48 Воейков А.И. Климаты земного шара, в особенности России. Спб., 1884. – 640 с.
- 49 Ольдекоп Э.М. Об испарении с поверхности речных бассейнов // Метеорологическая обсерват. Импер. Юрьевского ун-та, 1911. – Т IV. – 209 с.
- 50 Соколовский Д.Л. Речной сток. Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 539 с.
- 51 Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. and Hanson C.E., eds., Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2007), 976 p.

52 Gosling S.N., Arnell N.W. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change* 134. – P. 371–385 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0853-x>

53 Milly P., Dunne K. & Vecchia A. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature* 438. – P. 347–350 (2005). <https://doi.org/10.1038/nature04312>

54 Bates B.C., Kundzewicz Z.W., Wu S. and Palutikof J.P., eds. *Climate Change and Water. Technical Paper VI of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Geneva, IPCC secretariat, 2008). – 210 p.

55 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Алимкулов С.К. *Водная безопасность Республики Казахстан: Проблемы устойчивого водообеспечения*. – Алматы: Институт география, 2015. – 582 с.

56 Владимиров А.М. *Гидрологические расчеты*. – Л.: Гидрометеиздат, - 1990. – 365 с.

57 Соколовский Д.Л. *Речной сток*. Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 539 с.

58 *Гидрология рек: учебное пособие* / И.А. Уразметов; под ред. проф. И.Т. Гайсина. – Казань: Изд-во. – 2007. – 95с.

59 *Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан*. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – Т. 13. вып. 2. – 348 с.

60 *Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне оз. Балхаш* / Под ред. А.Б. Самаковой. – Алматы: Каганат, 2003. – 584 с.

61 Власова, Т.В. *Физическая география частей света*. – М: Учпедиздат, 1961. – 588 с.

62 *Проблемы комплексного использования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна* //Сб. научных трудов. Под ред. А.А. Турсунова. – Алматы: Издание КазГУ, 1985. – 80 с.

63 *Природные ресурсы Или-Балхашского региона* //Сб. научных трудов. Под ред. А.П. Горбунова. – Алматы: Наука КазССР, 1990. – 227 с.

64 Шульц В.Л. *Реки Средней Азии*. Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 691с.

65 Щеглова О.П. О закономерностях формирования и методе расчета стока в горных бассейнах. //Известия АН СССР, сер. геогр., 1969. – Вып. 3. – С. 102-110.

66 Беркалиев З.Т. *Гидрологические основы водохозяйственного использования р.Или*. – Алма-Ата: Казгосиздат, 1960. – 148 с.

67 Литовченко А.Ф. К вопросу о питании рек Заилийского Алатау //Тр. ин-та КазНИГМИ. – Алма-Ата, 1963. – Вып. 18. – 120 с.

68 Соседов И.С. *Методика территориальных водно-балансовых обобщений в горах*. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1976. – 154 с.

69 Достаев Ж.Д. *Трансформация стока рек северного склона Заилийского Алатау: автореф. канд. геогр. наук: 11.00.07*. – Л., 1990. – 31 с.

70 Dostaev J. and Tursunov A.A. *Rational utilization of natural resources in Yili-river Balkhash areas* //The effects of human activities on water resources and

environmental in Central Asia and evolution of snow resources on Tianshan' Mountains. – China, Urumchi: Science Press, 1997. – P. 34-43.

71 Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 148 с.

72 Достай Ж.Д. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз //Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. — Алматы, 2012. – Т. 2. – 330 с.

73 Гидрологические и водохозяйственные аспекты Или-Балхашской проблемы. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 310 с.

74 Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: Казак Университети, 2001. – 252 с.

75 Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – 312с.

76 Лаврентьев П.Ф. Современное оледенение Джунгарского Алатау //Известия всесоюз.геогр. общества. – 1958. – Вып. 2.

77 Черкасов П.А. Расчет составляющих водно-ледового баланса внутриконтинентальной ледниковой системы на примере Джунгарского Алатау: автореф. ... д-ра. геогр. наук: 11.00.07 – М., 1991. – 44 с.

78 Токмагамбетов Г.А., Ерасов Н.В. Расчет и прогноз распределения и режима горных ледников. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 160 с.

79 Соседов И.С., Токмагамбетов Г.А., Зенкова В.А. Ледниковый сток рек Северного склона Джунгарского Алатау. //Динамика природных процессов равнинных территорий Казахстана: сб.науч. тр. – Алматы: Наука, 1982. – С. 169-179.

80 Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. Водный баланс и водные ресурсы северного склона Джунгарского Алатау. – Алма-Ата: Наука, 1984. – 150 с.

81 Каталог ледников СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1967-79 гг.. – Том 13. Вып. 2, часть 1.

82 Glacier inventory of China. III. Tianshan mountains (Hi river drainage basm) //by Tanzhan Institute of Glaciology and Geocryology, Chines Academy of Sciences. – Science Press. 1986.

83 Макаревич К.Г., Волошина А.П., Уваров В.Н. Внешний массообмен ледника Туюксу: пространственно-временной анализ за период инструментальных наблюдений. – М: МГИ, 1992. – Вып. 75. – С. 135-139.

84 Мазур Л.П. Расчет ледникового стока в условиях Заилийского Алатау //Вопросы гидрологического и гидравлического режима рек Казахстана. – Алма-Ата: КазГУ, 1993. – С. 62-65.

85 Вилесов Е.Н., Кусаинов С.А. Ресурсы льда и ледниковый сток бассейна р.Или //Гидрометеорология в Казахстане. – Алматы: КазГУ, 1993. – С. 80-91.

86 Северский И.В. Динамика горной криосферы Балкаш-Алакольского бассейна. Алматы, 2017. – 109 с.

87 Токмагамбетов Т.Г. Ледниково-маренный комплекс гор юго-восточного Казахстана: современное состояние, возможные изменения (на примере Заилийского Алатау): автореф. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук.- Алматы, 2004. – 24 с.

88 www.geopoliticalmonitor.com/glacier-watch-china-kazakhstan-water-conflict-and-the-lake-balkhash-basin, 22.04.2020

89 Львович М.И. Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока. – М.: Географгиз, 1963. – 567 с.

90 Lahmer W., Pfützner B., and Becker A.: Assessment of land use and climate change impacts on the mesoscale, Phys. Chem. Earth, 26, 2001. – P. 565–575.

91 Jiménez Cisneros B.E., Oki T., Arnell N.W. Freshwater resources, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2014. – 229–269.

92 Утешев А. С. Климат Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 368 с.

93 Научно-прикладной справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Выпуск 18. – Книга 2. – 440 с.

94 Справочник по климату Казахстана – Алматы: РГП Казгидромет, 2004. – Вып. 1-14. – 55 с.

95 Кондратьев С.А. Влияние возможных климатических изменений на гидрологический режим системы водосбор-озеро //Метеорология и гидрология, 2003. – №10. – С. 86-96.

96 Иванов Б.Г. Испарение в естественных условиях. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 114 с.

97 Полякова С.Е., Таланов Е.А. Погрешность оценки среднемесячных значений испарения с водной поверхности в аридных и горных районах //Вестник КазНУ. Серия географическая – Алматы, 2009. – №2(29). – С. 78-85.

98 Рылов С.П. Водный баланс речных водосборов равнинного Казахстана //Труды КазНИГМИ. – Алма-Ата, 1973. – Вып. 50. – С. 73-99.

99 Шнитник А.В. Элементы водного и солевого баланса оз. Балхаш //Труды Соляной лаборатории АН СССР – Алма-Ата, 1936. – Т.2. – 16 с.

100 Юнусов Г.Р. Принципы выражения основных гидрологических характеристик рек с ледниковым питанием //Изв. Казахского филиала АН СССР. Серия энергет. – Алма-Ата, 1946. – Вып. 1 (25). – С. 12-18.

101 Соседов И.С. Потери воды на испарение и транспирацию в дельте реки Или //Изв. АН КазССР. Сер. энергет. – Алма-Ата, 1958. – Вып. 1(13). – С. 12-15.

102 Гельбух Т.М. Элементы водного баланса дельты р. Или //Труды ГГИ – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – Вып. 79. – 45 с.

103 Тудрий В.Д., Верещагин М.А. «Практическое руководство к производству первичной статистической обработки и анализу метеорологических рядов». Учебно-методическое пособие. Для студентов,

обучающихся по специальности «Метеорология». Под редакцией Ю.П. Переведенцева. – Казань: КГУ, 2009 г. – 34 с.

104 Поляк И.И. Численные методы анализа наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 211 с.

105 Поляк И.И. Методы анализа случайных процессов и полей в Климатологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 255 с.

106 Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – Спб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.

107 Onoz B., Bayazit M. The Power of Statistical Tests for Trend Detection //Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences 27, 2003. – P. 247 – 251.

108 Drapela K., Drapelova I. Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997–2010. Beskdy Mendel University in Brno 4 (2), 2011. – P. 133–146.

109 Sen P.K. Estimates of the Regression Coefficient based on Kendall's Tau //Journal of the American Statistical Association, 63, 1968. – P. 1379-1389.

110 Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.

111 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / ред. А. В. Рождественский, А. Г. Лобанова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.

112 Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 247 с.

113 Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М.: Наука, 1981. – 255 с.

114 Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 234 с.

115 Шелутко В.А. Техника статистических вычислений в гидрологии: учебное пособие. – Л.: ЛПИ, 1977. – 175 с.

116 Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 431 с.

117 Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 368 с.

118 Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчётов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 277 с.

119 Лаврентьева П.Ф., Лаврентьева Л.Д. Водные ресурсы Казахстана. Физическая география частей света. – М.: Учпедиздат, 1961. – 588 с.

120 Теплякова И.Н., Лаврентьева П.Ф., С.А. Абдильдина. Водные ресурсы Казахстана и их использование (аналитический обзор). – Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1978. – 78 с.

121 Математические методы обработки гидрологических данных /М-во образования, культуры и здравоохранения, КазНУ им. Аль-Фараби. – Алматы: Қазақ ун-ті, 1998. – 166 с.

121 Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока Казахстана в условиях климатических и антропогенных изменений // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2021. №1 – С. 59-71.

122 Гальперин Р.И., Достай Ж.Д. Вопросы совершенствования гидрологических расчетов и прогнозов для управления водными ресурсами //М-лы меж. науч–прик. конф. Географические проблемы устойчивого развития: Теория и практика посв. 70–летию Института географии. – Алматы, 2008. – С. 214-225;

124 Алимкулов С.К. Алакол алабы су ресурстарының қалыптасуы және пайдаланылуы. География ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін дайыдалған диссертация. – Алматы, 2009.

125 Отчет о НИР. Ресурсы речного стока: оценка и прогноз (заключительный) /рук. Достай Ж.Д. – Алматы: ТОО Институт географии, 2016. – 142 с.

126 Отчет о НИР. Современные изменения водного режима рек юго-востока Казахстана и их перспективное состояние на 2020-2050 гг. (заключительный) /рук. Алимкулов С.К. – Алматы: ТОО Институт географии, 2017. – 155 с.

127 Alimkulov S., Tursunova A., Saparova A. et.al. Resources of River Runoff of Kazakhstan //International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249-8958, Volume-8 Issue-6, August 2019.

128 Методика расчета водохозяйственных балансов. Москва: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2007. – 54 с.

129 Отчет о деятельности БАБИ за 2014 год. Балхаш-Алакольская бассейновая инспекция по регулированию использования и охраны водных ресурсов. – Алматы, 2015. – 341 с.

130 Шикломанов И. А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 335 с.

131 Подземные воды Казахстана. Ресурсы, использование и проблемы охраны. – Алматы: Ғылым, 1999. – 284 с.

132 Попов О. В. Методы изучения и расчета подземного питания рек //Труды ГГИ. Л.: Гидрометеоиздат, 1964. – Вып. 114. – С. 5-86.

133 Говоркова В.А., Катцов В.П., Мелешко В.М. Климат России в XXI веке. Оценка пригодности моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP3 для расчетов будущих изменений климата России //Метеорология и гидрология. – 2008. – Часть 2. – № 8. – С. 5-19.

134 Мелешко В.П., Катцов В.М., Говоркова В.А. Климат России в XXI веке. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP3 //Метеорология и гидрология. – 2008. – Часть 3. –№ 9. – С. 5-21.

135 Gosling S.N., Bretherton D., Haines K., Arnell N.W. Global hydrology modeling and uncertainty: running multiple ensembles with a campus grid //Philosophical Transactions of the Royal Socoety. A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2013.– Vol. 368. – P. 4005-4021.

136 Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабирова А.У. К вопросу о построении сценариев изменения климата //Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 1. – С. 7-19.

137 Wood A.W., Leung L.R., Sridhar V., Lettenmaier D.P. Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to downscaling climate model outputs //Climatic Change, 15. – 2004. – P. 189-216.

138 Thrasher B., Maurer E. P., McKellar C., Duffy P. B. Technical Note: Bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping //Hydrology and Earth System Sciences 16(9). – 2012. – P. 3309-3314.

139 <https://news.ucar.edu/132851/water-resources-become-less-predictable-climate-change>, 12.11.2020

140 William R. Wieder, Daniel Kennedy, Flavio Lehner, Keith N. Musselman, Keith B. Rodgers, Nan Rosenbloom, Isla R. Simpson, Ryohei Yamaguchi. Pervasive alterations to snow-dominated ecosystem functions under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2022; 119 (30) DOI: 10.1073/pnas.2202393119

141 Северский И.В., Кокарев А.Л., Токмагамбетов Т., Шестерова Я. Современные и прогностические изменения оледенения в бассейне озера Балхаш //Издательство ВАК: Алматы, Казахстан, 2006. – 68 с.

142 Kogutenko L., Severskiy I., Shahgedanova M., Lin B. Change in the Extent of Glaciers and Glacier Runoff in the Chinese Sector of the Ile River Basin between 1962 and 2012 //Journal Water 11(8), 2019, 1668; <https://doi.org/10.3390/w11081668> <https://doi.org/10.3390/w11081668>

143 Shahgedanova M., Afzal M., Severskiy I. et al. Changes in the mountain river discharge in the northern Tien Shan since the mid-20th Century: Results from the analysis of a homogeneous daily streamflow data set from seven catchments //J. Hydrol. 564, 2018.- P.1133–1152.

144 Kraaijenbrink P.A., Bierkens M.F., Lutz A.F., Immerzeel W. Impact of a global temperature rise of 1.5 degrees Celsius on Asia's glaciers //Nature 549, 2017.- P. 257.

145 <https://www.iaea.org/newscenter/news/looking-into-the-future-of-water-resources-and-the-impact-of-climate-change>, 02.02.2020

146 Лобода Н.С., Гопченко Є.Д. Водні ресурси України у зв'язку з кліматичними умовами //Україна: геогр. і проблеми сталого розвитку. Київ, 2004. – Т. 3. – С. 144-146.

147 Turc L. Water Balance of Soils: Relationship between Precipitation. Evapotranspiration and Runoff //Ann. Agron, 1954. – Vol. 5. – P. 491–595; – Vol. 6. – P. 5-131.

148 Döll, P., Zhang, J. Impact of climate change on freshwater ecosystems: a global-scale analysis of ecologically relevant river flow alterations //Hydrol. Earth Syst. Sci., 14, 2010. – P. 783–799.

149 Mittal N., Bhave A., Mishra A. Impact of human intervention and climate change on natural flow regime //Water Resource Management, 2016.-P. 685-699.

150 Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. О вкладе

климатических и антропогенных факторов в изменения стока крупных рек Русской равнины и Сибири // Доклады Академии наук, издательство Наука (М.), том 488, № 5. – С. 539-544.

151 Фролова Н. Л. Гидрология рек. Антропогенные изменения речного стока: учеб. пособие для академического бакалавриата // 2-е изд., испр. и доп. Серия: Университеты России. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 113 с.

152 Riahi K., Rao S., Krey V. et al. RCP 8.5 A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change* 109, 33.- 2011/ <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0149>

153 Wayne G. P. The beginner's guide to Representative Concentration Pathways // Creative Commons, 2013.- 25 p.

154 Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2011. - Vol. 137. - No. 656. - P. 553-597.

155 Бусалаев И.В., Давлетгалиев С.К., Куперман И.Г. Применение метода канонического разложения для моделирования речного стока // Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства. – Алматы: Наука, 1973. – Вып.10. – С.143-152.

156 Болгов М.В. Стохастические модели периодически коррелированных внутригодовых колебаний речного стока // *Метеорология и гидрология*. – 1999. – № 1. – С. 101-116.

157 Давлетгалиев С.К. Совместное моделирование рядов годового стока рек методом канонического разложения // *Метеорология и гидрология*. – 1991. – № 10. – С. 102-108.

158 Давлетгалиев С. К. Групповое моделирование гидрографов месячного стока // *Водные ресурсы*. – 2013. – № 4. – С. 350-358.

159 Davletgaliev S.K., Alimkulov S.K., Talipova E.K. The possibility to applying simulated series for compile scenario forecasting river runoff. *Environmental Earth Sciences*. Volume 79, Issue 16, 2020. doi.org/10.1007/s12665-020-09138-5

160 Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. О приемах исследования случайных колебаний речного стока // *Труды НИУ ГУГМС*. – 1946. – вып.29. – С. 3-32.

161 Морейдо В.М. Построение долгосрочного ансамблевого прогноза притока воды в Чебоксарское водохранилище // *Труды Всероссийской научной конференции «Научное обоснование реализации Водной стратегии Российской Федерации» на период до 2020 г.* – Петрозаводск, 2015. – С. 180-186.

162 Пугачев В.С. Теория случайных функций. – М.: Физматгиз, 1962. – 884 с.

163 Давлеткалиев С.К., Алимкулов С.К., Талипова Э.К. Өзен ағындысы мен жауын-шашынның айлық мөндерін бірлестіріп, статистикалық модельдеу арқылы Іле өзенінің гидрографын ұзақ мерзімге болжау / *Гидрометеорология и экология*.-2019.-№3.- б.92-104.

164 Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 293 с.

165 Фролов А.В., Выручалкина Т.Ю., Соломонова И.В. Моделирование негаусова векторного процесса в приложении к гидрологии //Водные ресурсы – 2014. – №6. – С. 559-564.

166 Kuzin V.I., Lapteva N.A. Modeling of simulation of the river runoff in the Ob-Irtysh Basin. Bull. Novosib. Comput. Cent. Ser. Number Model. Atmos., Ocean and Environ. – Study 2014. – №14. – P. 35-39.

167 Nageshwar R. B., Elbert E. Whitlatch. Jr. Application of the HEC-4 monthly stream-flow simulation model //Water Resour. Bulletin.1980. – Vol. 16. N 4. – 587 p.

168 Мальковский И.М. Географические основы водообеспечения природно-хозяйственных систем Казахстана. – Алматы, 2008. – 248 с.

169 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: состояние и перспективы устойчивого водообеспечения //Мат-лы межд. науч.-практ. конф. «Евро-Азиатская безопасность после 2010 года: вызовы и перспективы сотрудничества». Алматы: Жибек жолы, 2011. С. 196-210.

170 Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. и др. Стратегия устойчивого водообеспечения Республики Казахстан на период до 2050 года //Вопросы географии и геоэкологии, Алматы, 2018 г. – № 1. – С. 18-46.

171 Смагулов Ж.Ж., Сапарова А.А., Загидуллина А.Р., Баспакова Г.Р. Водохозяйственные исследования и разработка сценариев развития водопотребления в трансграничном бассейне реки Ертис (казахстанская часть) //Гидрометеорология и экология, 2019. – №3. – С. 114-129.

172 Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017-2021 годы: утв. Указом Президента РК от 14 02. 2017 г. № 420.

173 Отраслевая программа развития орошаемого земледелия. – МСХ РК: Комитет по водным ресурсам. – Астана, 2018.

174 Sun H., Chen Y., Li W., Li F et al. Variation and abrupt change of climate in Ili River Basin, Xinjiang //Journal of Geographical Sciences, 20, 2010. – P. 652-666. 10.1007/s11442-010-0802-9.

175 Ye B., Lai Z., Shi Y. Some characteristics of precipitation and air temperature in the Yili River Basin //Arid Land Geography, 20, 1997. – P. 46-52.

176 Галаева А.В. О возможности применения модели HBV для моделирования стока рек Или и Иртыш //Гидрометеорология и экология. – 2013. – №2. – С. 108–114.

177 Чодураев Т.М., Галаева А.В. Моделирование стока реки Иле с помощью модели HBV на основе различных сценариев изменения климата //Наука. Новые технологии и инновации Кыргызстана, 2016 – №10. – С. 43-46.

178 Илякова Р.М., Монкаева Г.Е. Краткая характеристика современного режима температуры приземного воздуха на территории Ертисского и Иле-

Балкашского бассейнов //Гидрометеорология и экология, 2018. – №4. – С. 7-22.

179 Абдрахимов Р.Г., Амиргалиева А.С., Даулетияров К.Б., Зияров А.М. Современные тенденции изменения годового стока реки Или и ее крупных притоков в условиях потепления климата //Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2021 (4). – С. 83-90.

180 Talipova E.K., Nyssanbayeva A. S., Shrestha S. Regional climate change in the Ile River Basin. ISSN 1563-0234 Вестник КазНУ серия географическая, № 2 (53) 2019. – Р. 25-34

181 Талипова Э.К. Өзен ағындысының көпжылдық жүрісіне климаттың заманауи өзгерістерінің тигізетін әсері // «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференция материалдары, Алматы, Қазақстан, 6-9 сәуір 2020 жыл.- Б.69-73.

182 Кожаметов П. Ж., Монкаева Г. Е. Оценка испарения с водной поверхности на основе фактических данных измерений с помощью ГГИ-3000 (на примере Иле-Балкашского бассейна) // Гидрометеорология и экология, 2017. – №3. – С. 49-59

183 Монкаева Г. Е. О методах расчета испарения с водной поверхности Иле-Балкашского водохозяйственного бассейна // Мат-лы межд. науч.-практ. конф. Мировые тенденции развития науки и техники: пути совершенствования, г. Москва, 29 декабря 2022 г. – С. 313-318

184 РГП «Казгидромет» «Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2020 год» 2021.76

185 Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. – Женева: ВМО, 2017. – № 1203. – 21 с.

186 Белдеубаев Е., Смирнова Е., Долгих С. Подходы и результаты оценки вероятного изменения климата Казахстана. Шестнадцатая сессия климатического форума стран СНГ, по сезонным прогнозам, //Секция 16, Москва, Россия, 3 - 6 июня 2019 г.- С. 320-323

187 Taylor Karl E., Ronald J. Stouffer, Gerald A. Meehl. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. Bull //Amer. Meteor. Soc., 2012. – №93. – Р. 485–498.

188 Катцов В.М., Мелешко В.П., 2004. Сравнительный анализ моделей общей циркуляции атмосферы и океана, предназначенных для оценки будущих изменений климата, Известия РАН. Физика атмосферы и океана, Т. 40, № 6. – С. 647-658.

189 Отчет о НИР. Оценка и прогноз ежегодно возобновляемых водных ресурсов возможных к использованию для целей орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан (заключительный) /рук. А.Р.Медеу – Алматы: ТОО Институт географии, 2020. – 95 с.

190 Берг Л.С. Основы климатологии. – Л.: Учпедгиз, 1938. – 265 с.

191 Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 13. Центральный и южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш / под ред. Л. А. Гапоновой, К. Н. Шадских. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 304 с.

- 192 Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. – Алматы: Казгидромет, 2001. – Вып.4, Ч.1. – С. 124-247.
- 193 Беркалиев З.Т. Гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана. – Алма-Ата: АН Каз ССР, 1959. – 278 с.
- 194 Talipova E., Shrestha S., Alimkulov S., Nyssanbayeva A., Tursunova A., Isakan G. Influence of climate change and anthropogenic factors on the Ile River basin streamflow, Kazakhstan. *Arabian Journal of Geosciences* (2021) 14: 1756; <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08152-6>
- 195 Георгиевский В.Ю., Ежов А.В., Шалыгин А.Л. и др. Оценка влияния возможных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек территории бывшего СССР // *Метеорология и гидрология*. – 1996. – № 11. – С. 89-99.
- 196 Водные ресурсы России и их использование. Под ред. проф. И. А. Шикломанова. – СПб.: ГГИ, 2008. – 600 с.
- 197 Глушков В.Г. Вопросы теории и методы гидрологических исследований. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 416 с.
- 198 Булавко А.Г., Ревера О.З., Лалыкин Н.В. Тенденции антропогенных изменений ресурсов поверхностных вод Белоруссии, Украины и Молдавии. – Сборник работ по гидрологии, 1982. – №17. – С. 33-43.
- 199 Шикломанов И.А., Георгиевский Б.Ю. Влияние антропогенных факторов на сток рек бывшего СССР // *Географические направления в гидрологии*. – М., 1995. – С. 96-107.
- 200 Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 638 с.
- 201 Alimkulov S., Kozhakhmetova E., Talipova E., Kulebayev K., Medeu N. The Impact of Human Activity on River Runoff in Transboundary River Ili // *International Scientific-Practical Conference «Integration of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time» February 13-15, 2019 Sapporo (Japan) Volume II Sapporo, 2019, P. 375-382.*
- 202 Әлімқұлов С.Қ., Исақан Г., Талипова Э.Қ. Іле алабындағы өзендердің ағындысына антропогендік фактордың тигізетін әсерін бағалау // *Вопросы географии и геоэкологии*. – 2020.-№4.- Б. 17-23
- 203 Xiuliang Y., Jie B. Future Projected Changes in Local Evapotranspiration Coupled with Temperature and Precipitation Variation // *Sustainability, MDPI, vol. 10(9), 2018. – P. 1-14.*
- 204 Отраслевая программа развития орошаемого земледелия. – МСХ РК: Комитет по водным ресурсам. – Астана, 2018.
- 205 <https://365info.kz/2016/11/skolko-nas-budet-k-2050-godu>, 27.05.2019.
- 206 Прогноз социально-экономического развития Алматинской области РК на 2018-2022 годы. – Талдыкорган, 2017. – 31 с.
- 207 Программа развития территории Карагандинской области на 2016-2020 годы: утв. 12 декабря 2017 года. – Караганды, 2017. – 187 с.
- 208 Программа развития города Балхаш на 2016-2020 годы: утв. 18 июня

2017 года, № 827. – Балхаш, 2017. – 110 с.

209 Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013-2020 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 18 февраля 2013 года, № 151. – Астана, 2013. – 156 с.

210 Сатенбаев Е.Н., Ибатуллин С.Р., Балгабаев Н.Н. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Водопотребление отраслей экономики Казахстана: оценка и прогноз. – Алматы, 2012. – Т. III. – 260 с.

211 Куртов А.А. Центральная Азия: водные артерии как новые узлы противоречий. В кн. Центральная Азия: проблемы и перспективы. Взгляд из России и Китая. – М.: РИСИ, 2013. – С. 155–199.

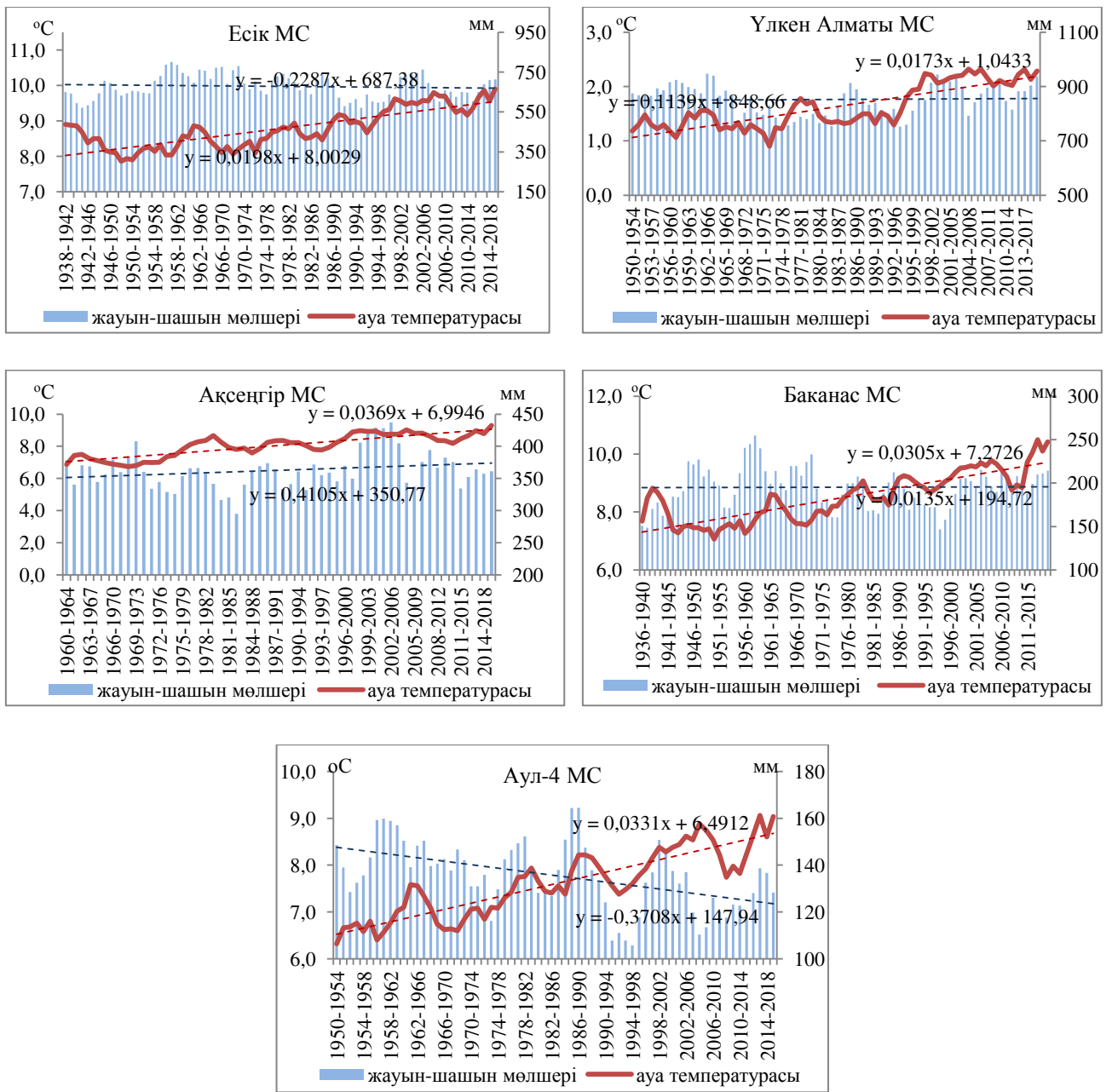
212 Сарсембеков Т.Т., Нурушев А.Н., Кожиков А.Е., Оспанов М.О. Использование и охрана трансграничных рек в странах Центральной Азии. – Алматы: Из-во Атамур, 2004. – 272 с.

213 Глянц М. Китайская инициатива «Один пояс – один путь»: что может сделать «бренд» //Проблемы постсоветского пространства. – 2017. – Т. 4 – №1. – С. 8-19.

214 Зонн И.С., Жильцов С.С., Семенов А.В., Костяной А.Г. Трансграничные реки Казахстана и Китая //Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2018. – № 4 (27). – С. 82-90.

215 Тавровский Ю.В. Новый Шелковый путь. Главный проект XXI века. – М.: Эксмо, 2017. – 368 с.

ҚОСЫМША А



Сурет А.1 – Ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашынның көпжылдық жүрісі

ҚОСЫМША Б

Кесте Б.1 - Манн-Кендалл тестінің (Z-статистика) жауын-шашын бойынша айлық көрсеткіштері

Айлар	Жауын-шашын мөлшері									
	Алматы МС		Есік МС		Жаркент МС		Қырғызсай МС		Бақанас МС	
	1921-1973	1974-2019	1938-1973	1974-2019	1923-1973	1974-2019	1935-1973	1974-2019	1936-1973	1974-2019
Қаңтар	2,03	0,94	1,62	0,71	-0,72	1,17	0,07	2,07	0,57	1,52
Ақпан	0,53	0,42	1,05	0,27	-1,30	1,36	-1,06	1,57	-0,84	2,31
Наурыз	1,70	1,08	0,23	0,50	0,94	0,90	1,80	0,28	1,28	0,52
Сәуір	1,20	0,58	2,55	-0,04	1,85	-0,07	1,28	1,19	0,75	0,58
Мамыр	0,72	-0,80	0,63	-0,21	0,56	-0,73	0,00	0,50	-0,08	0,81
Маусым	1,38	0,27	1,23	-0,95	0,16	-0,73	0,68	0,33	1,61	-0,42
Шілде	-0,78	0,73	0,83	0,83	0,41	-0,12	1,09	0,35	2,00	1,01
Тамыз	1,12	1,38	2,00	0,80	0,31	1,63	0,94	1,42	1,03	0,84
Қыркүйек	-0,74	0,70	-0,94	-0,10	-0,96	1,83	-0,38	0,33	0,33	-0,34
Қазан	-0,56	-0,62	1,10	-1,16	-1,49	0,31	0,73	0,64	-0,28	-0,15
Қараша	1,12	0,87	0,05	0,61	-0,32	0,18	-0,27	2,32	-0,08	0,81
Желтоқсан	-0,80	0,28	-1,32	0,04	-0,93	-0,36	-0,54	-0,10	0,93	0,74
Жылдық	1,82	1,23	1,76	0,42	-0,75	1,21	1,14	2,38	2,31	1,32

Кесте Б.2 - Сен көлбеуі тестінің жауын-шашын бойынша айлық көрсеткіштері

Айлар	Жауын-шашын мөлшері									
	Алматы МС		Есік МС		Жаркент МС		Қырғызсай МС		Бақанас МС	
	1921-1973	1974-2019	1938-1973	1974-2019	1923-1973	1974-2019	1935-1973	1974-2019	1936-1973	1974-2019
Қаңтар	0,215	0,208	0,318	0,185	-0,041	0,100	0,013	0,236	0,076	0,156
Ақпан	0,118	0,059	0,280	0,063	-0,101	0,110	-0,116	0,209	-0,087	0,157
Наурыз	0,504	0,365	0,112	0,153	0,091	0,071	0,527	0,075	0,301	0,063
Сәуір	0,455	0,379	1,685	-0,071	0,218	-0,015	0,418	0,468	0,173	0,083
Мамыр	0,270	-0,478	0,456	-0,155	0,069	-0,097	0,000	0,129	-0,013	0,111
Маусым	0,417	0,058	0,845	-0,238	0,027	-0,129	0,260	0,096	0,338	-0,050
Шілде	-0,199	0,200	0,314	0,226	0,048	-0,021	0,403	0,128	0,358	0,083
Тамыз	0,177	0,386	0,622	0,162	0,030	0,163	0,226	0,283	0,097	0,037
Қыркүйек	-0,131	0,147	-0,290	-0,027	-0,076	0,147	-0,081	0,056	0,033	-0,017
Қазан	-0,119	-0,233	0,421	-0,483	-0,119	0,054	0,191	0,157	-0,031	-0,033
Қараша	0,206	0,250	0,060	0,230	-0,044	0,027	-0,087	0,530	-0,029	0,114
Желтоқсан	-0,140	0,057	-0,481	0,009	-0,098	-0,036	-0,065	-0,010	0,158	0,071
Жылдық	2,473	1,570	4,225	0,409	-0,432	0,736	1,715	2,525	1,698	0,800

ҚОСЫМША В

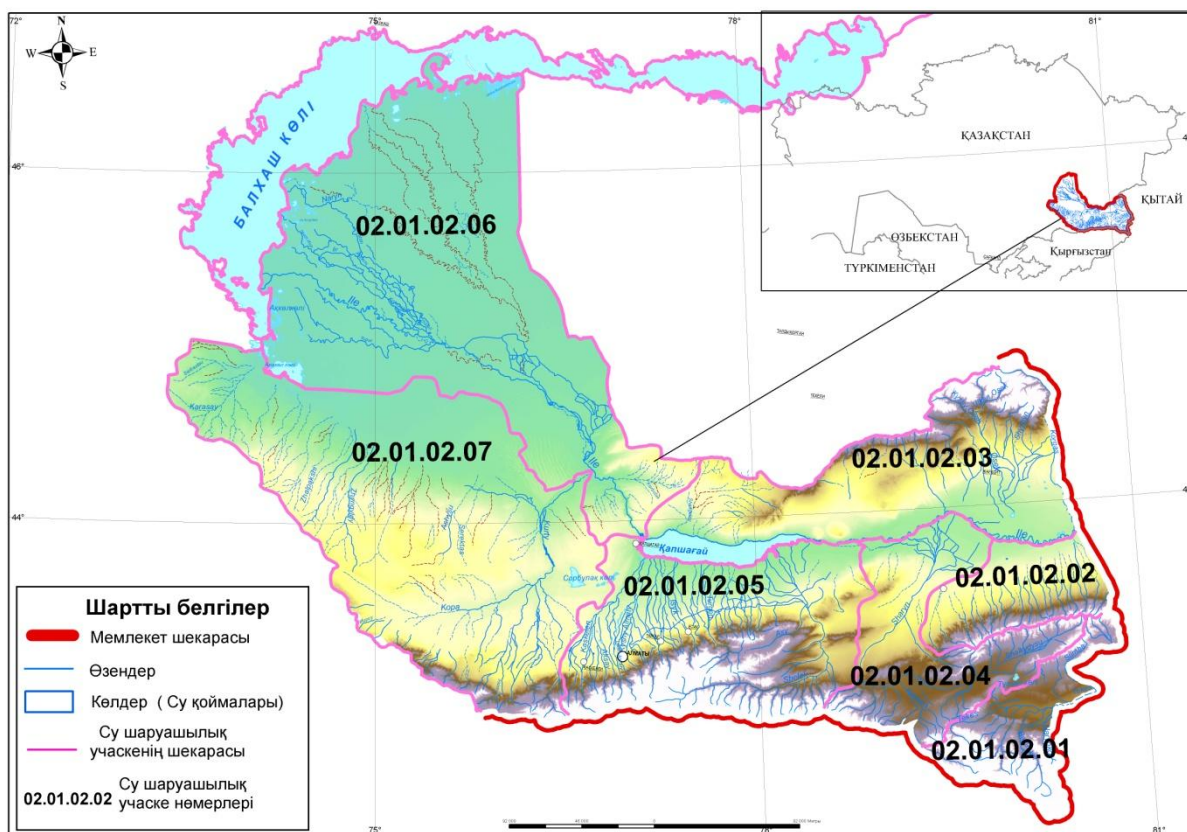
Кесте В.1 - АМЖАҰ сценарий бойынша ауа температурасының ($^{\circ}\text{C}$) күтілетін өзгерісі [185 б.476]

СШҰ	1981-2000, $^{\circ}\text{C}$	АМЖАМ сценарий бойынша ауа температурасының ($^{\circ}\text{C}$) күтілетін өзгерісі					
		2030		2040		2050	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
02.01.02.01	4,8	1,6	1,7	1,9	2,2	2,3	2,9
02.01.02.02	2,4	1,6	1,7	1,9	2,2	2,2	2,9
02.01.02.03	-1,7	1,6	1,8	2,0	2,3	2,3	2,9
02.01.02.04	2,0	1,6	1,7	1,9	2,3	2,2	2,9
02.01.02.05	11,0	1,6	1,7	1,9	2,3	2,3	2,9
02.01.02.07	10,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,2	3,0

Кесте В.2 - АМЖАҰ сценарий бойынша жауын-шашынның (%) күтілетін өзгерісі [185 б.476]

СШҰ	1981-2000, $^{\circ}\text{C}$	АМЖАМ сценарий бойынша жауын-шашынның (%) күтілетін өзгерісі					
		2030		2040		2050	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
02.01.02.01	299	10	10	12	12	14	14
02.01.02.02	294	10	9	11	11	12	13
02.01.02.03	390	9	6	9	8	10	10
02.01.02.04	308	9	8	11	10	12	12
02.01.02.05	368	9	8	9	9	11	11
02.01.02.07	300	7	5	8	9	9	7

ҚОСЫМША Г



Сурет Г.1 – Іле өзені алабы бойынша су шаруашылық учаскелерінің карта- сұлбасы

ҚОСЫМША Д

Кесте Д.1- Іле өзені алабының гидрологиялық зерттелуі

СШУ	№ картаға сай ГБ номері	Өзен аттары	Гидробекет аттары	Өзен сағасынан ара қашықтығы, км	Су жинау алабы		Жұмыс жасау кезеңі		
					F, км ²	Норт., м	ашылуы	жабылуы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
02.01.02.03	1	Іле өз.	Қайырған шатқалы, Қорғас өз. құятын жерден 4 км төмен	811	60800	-	28.08.1912	30.06.1958	
	2	Іле өз.	Добын айлағы	723	64388		22.05.2000	Жұмыс істейді	
	3	Іле өз.	Борохудзир айлағы	697	71800	-	31.08.1912 (27.06.1948)	29.05.1998	
	4	Іле өз.	Борохудзир айлағынан жоғары	695	71800	-	1927	1930	
	5	Іле өз.	Іле а. 164 км жоғары	635	84200	-	01.09.1956	Жұмыс істейді	
	6	Іле өз.	Қапшағай СЭС 171 км жоғары	614	85400	-			
	Су қоймасы астында қалған	Іле өз.	т/ж көпірінен 132 км жоғары	603	89400	-	1952	1955	
		Іле өз.	Шелек өз. сағасынан 3 км төмен	556	96200	-	1953	1954	
		Іле өз.	Қоржынтоғай а.	551	96300	-	1955	1955	
		Іле өз.	Іле а.	460	106000	-			
Іле өз.	Іле а. 16 км төмен	455	111000		1968	1973			
02.01.02.06	7	Іле өз.	Іле а. (Қапшағай шатқалы) 37 км төмен	434	111000	-	1910	Жұмыс істейді	
		Іле өз.	Тасмұрын су жинау каналынан 1 км жоғары	388	124000	-	1952	1952	
	8	Іле өз.	Үшжарма а.	270	129000	-	08.10.1937 (01.01.1970)	1996	
		Іле өз.	6-шы балық бекеті а.	237	129000	-	1957	1960	
	9	Іле өз.	Жиделіден 1км төмен	228	129000	-	29.03.1956 (01.09.2002)	Жұмыс істейді	
	10	Іле өз., Суминка саласы	бастаудан 6 км төмен	13			18.09.1956 (01.01.2012)	Жұмыс істейді	
		Іле өз., Топар саласы – Аралтөбе а.		147			1968	1970	
	11	Іле өз., Жиделі саласы	бастаудан 16 км төмен	-	107		15.12.1967	Жұмыс істейді	
	12	Іле өз., Жиделі саласы, Иір тармағы	сағадан (Иір а.) 2,5 км	2,5	-		09.06.1957 (01.09.2002)	Жұмыс істейді	
	13	Іле өз., Нарын саласы	Наурызбай а.	-			1968	1977	
	14	Іле өз., Жиделі саласы, Шұбар Құнан тармағы	Саладан 1,5 км	1,5			12.06.1957 01.01.1970	01.03.1996	
	15	Іле өз.	Жиделі а.	35	131000	-	16.06.1967 (01.09.2002)	Жұмыс істейді	
	02.01.02.01	16	Текес өз.	Қарасай өз. Саласынан жоғары	386	404	3320	1946	1960
		17	Текес өз.	Текес а.	331	1770	2910	1929	Жұмыс істейді
		18	Қарасай өз.	сала	1,0	26,9	3000	1948	1960
19		Ойқайын	Қайнар а.	6,0	20,1	2380	1946	1960	
20		Орта Қақпақ өз.	Қақпақ а.	6,6	189	2870	1946	1979	
21		(Көксай)	Жаңаадым а.	3,5	1,38	2870	1951	1960	
22		(Кеңсай)	Жаңаадым а.	4,5	14,2	2770	1953	1960	
23		(Аршалысай)	Жаңаадым а.	5,0	9,73	2750	1949	1960	
24		(Ұзунбұлақ)	Алғабас а.	2,3	24,4	2340	1951	1960	
25		Үлкен Қақпақ а.	Қақпақ а.	15	504	3050	1946	1980	
26		Дараты өз.	Қостөбе а.	6,0	249	2140	1946	1966	
27		Байынқол өзені	Байынқол а.	43	734	3290	1946	Жұмыс істейді	
28		Нарынқол өз.	Нарынқол өз., ауылдан 5 км Ш қарай	6,5	139	2940	1946	1980	
29		Есекартқан өз.	Сарыбастау а.	17	129	2340	1946	1966	

Д.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.01.02.02	30	Сүмбе өз.	Сүмбе а.	26	256	2840	1916, 1946	1967
	31	Сүмбе өз.	Сүмбе а.	14	319	2720	1935	1935
	32	Бөдетісай өз.	Қалжат а.	9,2	44,3	2820	1935, 1950	1980
	33	Қалжатсай өз.	Қалжат а., ауылдан 9 км жоғары	37	33,1	2660	1947	1980
	34	Қалжатсай өз.	Қалжат а., ауылдан 2 км жоғары	30	49,4	2290	1935	1935
	35	Хасансай өз.	Қалжат а.	14	12,2	2630	1948	1980
	36	Сұпатсай өз.	Үлкен Дикан а.	27	67	2370	1937	1979
	37	Кіші Ачиноголсай өз.	Кеңеш а., ауылда 8 км оңтүстікке	30	40,0	2640	1937	1980
	38	Кепебұлақсай өз.	Бөдеті а.	20	28,4	1990	1937	1962
	39	Үлкен Кетпенсай өз.	Үлкен Кетмен а.	28	44,9	2340	1930	1980
	40	Кіші Кетменсай а.	Кіші Кетмен а.	26	44,4	2060	1935	1980
	41	Арлықголсай өз.	Үлкен Кетмен а.	8,0	26,9	2180	1935	1980
	42	Пияздықсай өз.	Пияздық а.кирандылары., 4 км жоғары	34	8,60	2140	1937	1961
	43	Пияздықсай өз.	Пияздық а.кирандылары	29	29,9	1950	1937	1961
	44	Шұңқырсай өз.	Шұңқыр өз.	26	81,8	2140	1935	1980
	45	Нарынқолсай өз.	Нарынқол а.	25	63,4	2200	1935	1980
	46	Дардамтысай өз.	Дардамты а.	25	94,5	2350	1935	1986
	47	Даулатсай өз.	Долатты а.кирандылары	17	122	2140	1935	1980
	48	Жіңішкесай өз.	Ақтам а., ауылдан 4 км жоғары	24	13,1	1830	1937	1980
	49	Жіңішкесай өз.	Ақтам а., ауылдан 3 км жоғары	23	13,9	1810	1950	1962
	50	Сасықсай өз.	Ақтам а.	5,5	3,28	1640	1935	1935
	51	Қарасай өз.	Удуть а.кирандылары	4,0	17,4	1830	1937	1962
	52	Ұзынкүңгей басы өз.	Тегермен а.	28	68,4	2290	1935	1987
	53	(Ұзынтам өз.)	Ұзынтам а.	3,5	2,9	-	1952	1980
	54	Аватсай өз.	Ават а.	10	65,0	2320	1935	1980
	55	Ақсусай өз.	Үлкен Ақсу а.	23	110	2400	1935	1980
	56	Кіші ақсусай өз.	Кіші Ақсу а.	14	47,0	2110	1935	1980
	57	Шошанай өз.	Шошанай а.	33	75,4	1930	1935	1980
	58	Сарыбұлақ өз.	Шошанай а.	6,0	19,0	1900	1937	1980
	59	Сүмбе өз.	Сүмбе а.	8	86,7	2270	1937	1987
	60	(Подгорная) өз.	Қырғызсай а. Ауылдан 6 км жоғары	16	12,2	2340	1946	1957
	61	(Подгорная) өз.	Қырғызсай а.	10	24,0	2000	1935	1964
62	Қырғызсай а. (Кіші Қырғызсай)	Қырғызсай а.	1,0	14,8	1982	1965	1980	
02.01.02.03		Қорғас өз.	Басқыншы а. 11 км жоғары	4,0	80		01.01.2005	Жұмыс істейді
	63	Қорғас өз.	Басқыншы а. 8 км жоғары	104	1080	2820	1939	1941
	64	Шыжың өз.	Шыжың а.	26	76,5	2910	1952	1961
	65	Өсек өз.	Кіші Өсек өзені құятын жерден 1,7 км жоғары	119	724	2980	1913 (30.06.1966)	Жұмыс істейді
	66	Өсек өз.	Кіші Өсек өзені құятын жерден 0,3 км жоғары	114	1130	2940	1926	1930
	67	Өсек өз.	Талды а., Кіші Өсек өзені құятын жерден 6 км төмен	111	1220	2850	1952	1960
	68	Өсек өз.	Еңбекші а.	100	1290	2710	1930	1931
	69	Өсек өз.	Шолақай а.	68	1330	2560	1913	1931
	70	Кіші Өсек өзені	Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары	0,2	407	2880	26.03.1913 (25.10.1960)	Жұмыс істейді

Д.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.01.02.03	71	Каменка өз.	Үшарал а.	4,5	-	-	1965	1980
	72	Бұрхан өз.	Бұрхан а. ауылдан 3 км жоғары	33	72,0	2570	1929	1935
	73	Бұрхан өз.	Бұрхан а. ауылдан 2 км шығысқа	27	82,6	2440	1951	1980
	74	(Тюремный бастауы)	Шолақай а.	0,5	-		1952	1980
	75	Тышқан өз.	Сарыбел, ауылдан солтүстікке 7 км	35	130	3130	1951	1960
	76	Тышқан өз.	Сарыбел, ауылдан солтүстікке 3 км	31	149	2960	1916, 1929	1929
	77	Тышқан өз.	Сарыбел а.	28	158	2860	1930	1935
	78	Борохудзир өз.	Белбұлақ өз. Құятын жерден 6 км төмен	46	310	2360	1929	1937
	79	Борохудзир өз.	Кийтін а. Қызылжар а. О 3 км	37	470	2100	1948	29.05.1998
	80	Борохудзир өз.	Еңбекші а.	32	505	1820	1963	1965
	81	Бокабайдынашасы өз.	Гвардейский свх.	21	672	1630	1935, 1952	1980
	82	Қоңырөлең өз.	Қоңырөлең а.	18	12,8	2310	1955	1964
	83	Ақмола	Қоңырөлең а.	8,5	26,7	2620	1952	1966
	84	Белтоған	Қоңырөлең а.	9,0	13,5	2490	1954	1964
	85	Данғырлақ өз.	Қоңырөлең а.	9,0	230	1520	1952	1962
	86	Данғырлақ өз.	Қарамолда а.	23	13,7	2580	1971	1980
	87	Талды өз.	Италы а.	7,5	17,4	2190	1952	1962
	88	Көктасты өз.	Италы а.	10	19,3	2330	1952	1980
	89	Теректі өз.	Соцжол а.	4,0	16,7	2520	1952	1962
	90	Түлкілі өз.	Алматы – Жаркент а/ж 13 км С қарай	16	47,8	2160	1961	1963
02.01.02.04	91	Шарын өз.	Кейінбұлақ өз. сағасынан 2 км жоғары	399	299	3030	1946	1980
	92	Шарын өз.	Кеген а.	226	2640	2570	1929	1929
	93	Шарын өз.	Жалаулы а.	207	2860		1981	01.01.1996
	94	Шарын өз.	Талдыбұлақ өз. сағасынан 2 км төмен	184	5070	2460	1930	01.07.1998
	95	Шарын өз.	Сарытоғай шатқалы	84	7370	2240	1928	Жұмыс істейді
	96	Шарын өз., Тасқарасу саласы	Тасқарасу а.	65	7654	2050	1965	1966
	97	Дардамты өз.	Жылыбұлақ а.	18	33,5	2690	1951	1960
	98	Қарасу өз.	Елтай а.	20	60,5	2680	1946	1960
	99	Тентекқарасу өз.	Қошқар а.	27	90,0	2780	1946	1980
	100	Үлкен Шибұр өз.	Шибұт а.	10	29,3	2740	1946	1960
	101	Кішкене Шибұт өз.	Шибұт а.	2,0	37,2	2790	1946	1960
	102	Көмірші өз.	Көмірші а.	10	75,1	2680	1946	1980
	103	(Текен-Саз)	Ақбейіт а.	1,0	19,5	2080	1953	1964
	104	Ақбейіт өз.	Ақбейіт а.	8,6	57,0	2380	1946	1964
	105	Мұратәлі өз.	Ақбейіт а.	5,0	28,0	2510	1946	1980
106	Қарағанды өз.	Сарыжаз а.	7,0	4,80	2330	1952	1960	
107	Ортабұлақ өз.	Сарыжаз а.	6,2	4,0	2460	1952	1960	
108	Қурайлы өз.	Қурайлы а.	7,5	11,6	2500	1948	1976	
109	Қарқара өз.	таудан шығатын жер	43	997	3210	1960	Жұмыс істейді	
110	Қарқара өз.	сағадан 8 км жоғары	7,7	1770	2800	1930	1930	
111	Шет Меркі өз.	Тоғызбұлақ а.	7,0	114	2700	1953	1964	
112	Ұзынбұлақ өз.	Ұзынбұлақ а.	4,0	25,3	2110	1948	1980	
113	Темірлік өз.	Кеңбұлақ өз. 9 км төмен	29	404	2230	1953	1964	
114	Темірлік өз.	Шошанай а.	16	482	2150	1929	1933	
115	Темірлік өз.	Темірлік а.	9,4	504	2090	1963	Жұмыс істейді	
02.01.02.05	116	Шелек өз.	Жанаталап а.	105	2570	2980	1932	1932
	117	Шелек өз.	Сүтбұлақ өз. сағасынан 3 км жоғары	175	648	-	1965	1965
	118	Шелек өз.	Бартоғай су қоймасынан жоғары	88	3390		01.01.2005	Жұмыс істейді
	119	Шелек өз.	Малыбай а.	63	4300	2560	22.03.1928 (04.03.1983)	Жұмыс істейді

Д.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.01.02.05	120	Шелек өз.	сағасы	12	4740	1112	21.05.1970	12.09.1994
	121	Құр Шілік өз.	Қапшағай су қоймасынан 2 км жоғары	2,0	4960	-	1965	1970
	122	Күрменті өз.	Таушық а.	5,5	65,9	2830	1953	1961
	123	Көлсай өз.	Құрметі а.	4,0	129	2780	1952	1961
	124	Сүтбұлақ өз.	Сагадан 150 м	0,2	75,0	-	1965	1965
	125	Саты өз.	Саты а. 4 км жоғары	5,0	88,0	2790	1953	1961
	126	Саты а.	Саты а. 2 км жоғары	2,5	99,5	2650	1956	12.09.1965
	127	Қарабұлақ өз.	Көлбастау а.	12	22,4	2710	1950	1975
	128	Жалаңаш өз.	Жалаңаш а.	15	9,70	2170	1957	1966
	129	Жіңішке өз.	сағасы	0,4	616	2350	1931	1932
	130	Асы өз.	Асысаға а.	10	488	2520	1952	1985
	131	Қатаңаш өз.	Сүгір а.	2,3	12,0	1980	1947	1957
	132	Селенсу өз.	Сүгір а.	9,2	0,41	1530	1945	1957
	133	Теректі а.	сағасы	0,6	28,0	1500	1945	1956
	134	Қаратұрық а.	Қаратұрық а.	16	159	1970	1942	1985
	135	Киікбай өз.	Киікбай а.кирандылары	13	110	1860	1945	1980
	136	Белшабдар өз.	Бақтияр а.	10	63,8	2000	1939	1980
	137	Бақтияр өз.	Бақтияр а.	8,0	30,8	1760	1943	1980
	138	Түрген өз.	Таутүрген а.	66	614	2750	1932	Жұмыс істейді
	139	Каменный өз.	Таутүрген а.	0,3	10,8	1630	1963	1966
	140	Кузнецовский өз.	Таутүрген а.	0,5	10,4	1480	1949	1951
	141	Шеңгелді өз.	Шеңгелді а.	16	1360	650	01.07.1960	12.09.1994
	142	Шылбыр өз.	Игілік а.	13	33,0	1480	1958	1961
	143	Есік өз.	Есік қ., Есік көлінен 1,8 км жоғары	107	165	3390	1955	1956
	144	Есік өз.	Есік көлінен 2 км төмен	101	230	3190	1955	1956
	145	Есік өз.	Есік қ., Есік көлінен 5 км төмен	98	256	2990	1915	
	146	Есік өз.	Есік қ.	68	256	2990	1915	Жұмыс істейді
	147	Талғар өз.	Талғар қ.	92	444	3240	1928	Жұмыс істейді
	148	Орта Талғар өз.	Талғар турбазасы	9,0	57,4	3690	18.06.1962	1979
	149	(Трехрядка)	Талғар қ.	2,0	7,75	1600	1941	1980
	150	Красильников өз.	Талғар қ. (№8)	2,5	5,76	1670	1956	1964
	151	Бесағаш өз.	Казстрой а.	16	7,30	1760	1950	1980
	152	Бесағаш өз.	Азат а.	9,0	42,7	2040	1946	1980
	153	Солдатская шель өз.	Лесной кардон	8,2	16,4	2640	1950	1980
	154	(Каменный)	Казстрой а.	9,0	18,6	2080	1941	1980
	155	Қайназар өз.	Қайназар а.	20	27,1	1370	1940	1980
	156	Қаскелең өз.	Қаскелең қ.	116	290	2680	1928	Жұмыс істейді
	157	Қаскелең өз.	Жалпақсай а.	118	307	2280	1935	1935
	158	Қаскелең өз.	Жауғаш а.	73	394	2240	1935	1980
	159	Қаскелең өз.	Боралдай а.	50	2520	2180	1930	1931
	160	Қаскелең а.	сағасы	13	2640		1974	01.04.1992
	161	Шамалған өз.	Шамалған а. 6 км жоғары	45	139	2450	1928	1988
162	Шамалған өз.	Шамалған т/ж ст.	6	428	1630	1965	1979	
163	Ақсай өз.	Ақсай кордоны	48	134	2930	1937	1970	
164	Ақсай өз.	Ақсай кордоны	46	136	2890	1928	1988	
165	Ақсай өз.	Жалпақсай а.	22	359	1931	1965	1979	
166	Тастыбұлақ өз.	Ақсай а.	14	10,9	1840	1941	1980	
167	Ойжайлау өз.	Каменка а.	3,7	9,97	1620	1941	1980	
168	Қырғауылды өз.	Ақсай а.	18	51,0	2020	1937	1980	
169	Казачка 1-я өз.	Жалпақсай а.	20	30,1	920	1935	1935	
170	Көкөзек өз.	Чапаева а.	39	44,9	2770	1938	1980	
171	Қарасу өз.	Боралдай а.	22			1965	1974	
172	Үлкен Алматы өз.	Үлкен Алматы көлінен (ҮАК) 2 км жоғары	87	71,8	3590	1928	Жұмыс істейді	

Д.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.01.02.05	173	Үлкен Алматы өз.	ҮАК 1,3 км төмен	82	93	3500	1928	31.03.1954
	174	Үлкен Алматы өз.	Проходная өз. сағасынан в 2 км жоғары	76	155	3120	1952	Жұмыс істейді
	175	Үлкен Алматы өз.	Терісбұтақ өз. Сағасынан 2 км төмен	69	280	2990	1928	1952
	176	Үлкен Алматы өз.	Алматы-Фрунзе жолы, жолдан 2 км жоғары	58	292	2908	1965	1965
	177	Қызыл-Күнгеі өз.	сағасы	1,5	2,12	3290	1935	1996
	178	Серкебұлақ өз.	сағасы	1	5	3220	1957	29.05.1998
	179	Құмбел өз.	сағасы	0,9	22,4	3250	07.09.1951 (21.06.2010)	Жұмыс істейді
	180	Шұқыр өз.	сағасы	0,4	6,60	3060	1936	1950
	181	Проходная өз.	сағасы	1,4	82	3160	01.06.1951 (24.07.2003)	Жұмыс істейді
	182	Терісбұтақ өз.	Алматы қ.	1	31	2250	1947	Жұмыс істейді
	183	Кіші Алматы өз.	Мыңжылқы МС	116	21	3660	1936	Жұмыс істейді
	184	Кіші Алматы өз.	Тұйықсу Альпбазасы	113	28	3520	1939	Жұмыс істейді
	185	Кіші Алматы өз.	Сарысай өз. сағасынан жоғары	109	35,2	3350	1958	1973
	186	Кіші Алматы өз.	Сарысай өз. сағасынан төмен	108	45,2	3177	1973	Жұмыс істейді
	187	Кіші Алматы өз.	Суобсерваториясы	114	61,7	2870	03.05.1950	27.08.1964
	188	Кіші Алматы өз.	Қимасар өз. Сағасынан жоғары	113	62,6	2840	1934	1956
	189	Кіші Алматы өз.	Алматы қ., (Бұтақ өз. Сағасынан төмен)	99	118	2560	1916	Жұмыс істейді
	190	Кіші Алматы өз.	Медеу мұз айдыны	111	74,1		01.06.2000 (01.05.2005)	Жұмыс істейді
	191	Кіші Алматы өз.	Покровка а., Қотырбұлақ өз. сағасынан 5 км жоғары	72	-	-	1962	1976
	192	Кіші Алматы өз.	Покровка а., Қотырбұлақ өз. сағасынан төмен	67	-	-	1961	1978
	193	Кіші Алматы өз.	Покровка а. С қарай 2 км	63	-	-	1961	1978
	194	Кіші Алматы өз.	Байсерке а.	63	-	-	1930, 1962	1970
	195	Кіші Алматы өз.	Т-ж көпірінен 1 км жоғары	3	-	-	1970	1972
	196	Сарысай өз.	сағасы	0,2	10	2760	1942	2012
197	Горельник өз.	Горельник турбазасы	0,2	11,9	2930	1940	1988	
198	Қимасар өз.	сағасы	0,5	7,6	2340	1934	31.12.1972	
199	Сол Ортасай өз.	сағасы	0,31	0,72	2180	1962	1971	
200	Оң Ортасай өз.	сағасы	0,007	0,55	2020	1962	1971	
201	Казашка өз.	Просвещенец	0,3	5,91	2180	1941	1971	
202	Батарейка өз.	Просвещенец	0,2	5,55	2240	1941	Жұмыс істейді	
203	Бутаковка өз.	Бутаковка а., Шыбынсай өз. сағасы	4,5	17,2	2120	1940	Жұмыс істейді	
204	Бутаковка өз.	сағасы	0,1	24,8	1960	1950	1969	
205	Шыбынсай өз.	Сагадан 2 км жоғары	2,0	0,91	1660	1948	1969	
206	Мокрый ключ өз.	сағасы		2,15	1400	1965	1971	
207	Тіксай өз.	Алматы қ.	10	31,4	1410			
208	Қотырбұлақ өз.	сағасы	2	82,8	1040	1962	1978	
209	Есентай өз.	Заря Восток ы.а.	23			1948	1963	
210	Ремизовка өз.	Ремизовка а.	6,0	4,24	1750	1941	1980	
211	Терісбұлақ өз.	Каменское плато сан.	7,0	6,59	1640	1940	1980	
212	Белбұлақ өз.	Талғар қ.	28	22,4	1730	1941	1980	
02.01.02.07	213	Күрті өз.	Ленин атындағы база	122	9500	1010	01.06.1941 (01.01.2005)	Жұмыс істейді
	214	Күрті өз.	Куртстрой а.	72	10550	950	1980	01.08.1988
	215	Күрті өз.	Казахстан а.	10	12300	1800	1936	1939
	216	Аксенгір өз.	Таран а.	66	976	1520	1940	1979

Д.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.01.02.07	217	Құтырған өз.	Құтырған а.	14	42,5	1010	1965	1980
	218	Қаракестек өз.	Қаракестек СЭС	15	200	2210	1940	1992
	219	Қызылауыз өз.	Бұрған клх.	2,8	18,0	2100	1940	1970
	220	Ұзынағаш өз.	Жамбыл а.	34	158	2460	1917	1935
	221	Жотайбұлақ өз.	Жамбыл а.	5,0	25,9	1570	1940	1964
	222	Тауке өз.	Қызыләскер а.	44	16,9	1650	1945	1965
	223	Қайназар өз.	Қайназар а.	1,6	6,86	980	1946	1980
	224	Тарғап өз.	Дегерес а., Бұлақ өз. сағасынан 5 км жоғары	42	78,8	1810	1949	1963
	225	Тарғап өз.	Дегерес а., Бұлақ өз. сағасынан төмен	37	194	1510	1961	1963
	226	Тарғап өз.	Тарған а.	33	199	1500	1948	1962
	227	Қараарша өз.	Қараарша а.	7,5	38,8	2290	1929	1980
	228	Жиренайғыр өз.	Покровка а.	102	40,9	2450	1946	1980
	229	Жиренайғыр өз.	Үңгіртас а.	74	510	1810	1965	1980
	230	Шиен өз.	Шиен а.	9,0	7,00	2390	1949	1980
	231	Қастек өз.	Қастек а.	19	206	2190	1929	1980
	232	Самсы өз.	Аққайнар а.	26	112	1130	1946	1980
	233	Ұзынқарғалы өз.	Қарғалы а.	101	344	2590	1927	Жұмыс істейді
	234	Жыңғылды өз.	Құрқұдық а.	26	63,4	720	1962	1963
	235	Жартас өз.	Ұзын-Жартас	6,0	206	810	1960	1963
	236	Өтеген өз.	Ленин атындағы кхл.	53	403	840	1960	1960
	237	Қопалысай өз.	Тымқұдық шатқалы	18	860	950	1960	1968
	238	Жыңғылыд өз.	Түлкілі өз. сағасынан 4 км төмен	37	983	910	1961	1962
	239	Қарасай өз.	Қарасай т/ж ст.	19	1590	490	1961	1988
	240	Ұзынсу өз.	Иірсу а.	11	44,7	1270	1952	1964
	241	Иірсу өз.	Иірсу а.	15	9,52	1160	1962	1980
	242	Ешкілісай өз.	Ешкілі-Қордай а.	0,5	64,4	1280	1952	1980
243	Шұбарбайтал өз.	Қордай-Павловка а.	6,7	4,36	1560	1953	1980	
244	Жамантал өз.	Красногорка а.	7,5	8,88	1620	1952	1964	
245	Талдыбұлақ өз.	Красногорка а.	8,0	22,6	1700	1952	1979	
246	Бесмайнақ өз.	Сергеевка а.	6,8	41,0	2320	1937	1980	

ҚОСЫМША Е

Кесте Е.1 - Гидрологиялық бекеттер бойынша өзендердің қалпына келтірілуі туралы мәліметтер

СШУ коды	Өзен-бекет	Аналог өзен	Кор. коэф., г	Регрессия теңдеуі
1	2	3	4	5
02.01.02.01	Байынқол өзені - Байынқол а.	Байынқол өзені - Байынқол а. (QIV-IX)	0,97	$y = 0,552x + 1,275$
		Кіші Алматы өз.- Сарысай өз. сағасынан төмен	0,73	$y = 9,085x - 0,017$
02.01.02.02	Сұпатсай өз.- Үлкен Диқан а.	Дардамтысай өз.- Дардамты а.	0,74	$y = 0,892x + 0,187$
	Ұзынкүнгеі басы өз. - Тегермен а.	Темірлік өз. - Темірлік а.	0,73	$y = 0,254x + 0,115$
	Сүмбе өз.- Сүмбе а.	Қырғызсай МС бойынша X_{XI-III} және X_{IV-X}	0,60	$y = 0,005x_1 + 0,001x_2 - 0,45$
	Подгорная өз.- Қырғызсай а., ауылдан 6 км жоғары	Қырғызсай МС бойынша X_{XI-III} және X_{IV-X}	0,79	$y = 0,0005x_1 + 0,0002x_2 - 0,03$
	Іле өз. – Добын айлағы	Іле өз.- Қапшағай СЭС 164 км жоғары	1,00	$y = 0,9582x - 33,542$
Іле өз.- Қапшағай СЭС 164 км жоғары		0,91	$y = 0,791x + 43,657$	
02.01.02.03	Іле өз.- Қайырылған шатқалы	Іле өз.- Қапшағай шатқалы (137 км)	0,92	$y = 1,1207x - 131,79$
	Іле өз.- Добын айлағы	Іле өз.- Қапшағай СЭС 164 км жоғары	0,88	$y = 0,5797x + 150,62$
	Іле өз.- Қапшағай СЭС 164 км жоғары	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы, Борохудзир өз. – Кийтін а., Өсек - 1,7 км, Кіші Өсек өз.- 0,2 км	0,81	$y = 6,2422x + 160,7$
	Өсек өз.- Кіші Өсек өзені құятын жерден 1,7 км жоғары	Кіші Өсек өз.- Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары (Q_{V-IX})	0,71	$y = 1,336x + 3,916$
	Кіші Өсек өз. - Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары	Кіші Өсек өз. - Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары (Q_{V-IX})	0,96	$y = 0,467X_{\text{вег.}} + 0,943$
	Борохудзир өз. – Кийтін а.	Кіші Өсек өз.- Өсек өзені қосылатын жерден 0,2 км жоғары	0,73	$y = 0,506x - 0,885$
02.01.02.04	Шарын өз (Кеген) - Жалаулы а.	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы	0,90	$y = 0,128x + 3,016$
	Шарын өз.- Талдыбұлақ өз. сағасынан 2 км төмен	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы	0,87	$y = 0,522x + 7,766$
	Қарқара өз. - таудан шығатын жер	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы	0,75	$y = 0,288x + 1,664$
02.01.02.05	р. Шелек - а. Малыбай	Шарын өз. – Сарытоғай шатқалы	0,78	$y = 0,3126x + 23,352$
	Қаратұрық өз.- Қаратұрық а. қирандылары	Асы өз. - Асыға а.	0,71	$y = 0,427x - 0,066$
	Белшабдар өз. - Бақтияр а.	Белшабдар өз. - Бақтияр а. (Q_{V-IX})	0,91	$y = 0,723x - 0,005$
		Қаратұрық өз.- Қаратұрық а. қирандылары	0,75	$y = 0,344x + 0,217$
Саты өз. - Саты а. 2 км жоғары	Асы өз. - Асыға а.	0,75	$y = 0,382x + 0,316$	

Е.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
02.01.02.05	Асы өз. - Асыаға а.	Түрген өз. – Таутүрген а.	0,90	$y = 0,430x - 0,928$
	Есік өз. – Есік қ.	Түрген өз. – Таутүрген а.	0,73	$y = 0,506x + 1,377$
	Талғар өз.- Талғар қ.	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,60	$y = 7,194x + 7,418$
	Қаскелең өз. – Қаскелең қ.	Ұзынағаш МС бойынша X_{XI-III} и X_{IV-X}	0,72	$y = 0,009X_{XI-III} + 0,007X_{IV-X} + 1,46$
	Қаскелең өз. – сағасы	Қаскелең өз. – Қаскелең қ.	0,71	$y = 0,738x + 2,838$
	Үлкен Алматы өз.- УАК 2 км жоғары	Үлкен Алматы көлі МС бойынша $X_{жыл}$ және $T_{жыл}$	0,65	$y = 0,0005x_1 + 0,4x_2 + 0,73$
	Үлкен Алматы өз.- УАК 1,3 км төмен	Үлкен Алматы көлі МС бойынша X_{XI-III} және X_{IV-X}	0,72	$y = 0,0033X_{XI-III} + 0,0004X_{IV-X} + 1,07$
	Үлкен Алматы өз.- Терісбұтақ өз. сағасынан 2 км төмен	Үлкен Алматы көлі МС бойынша X_{XI-III} және X_{IV-X}	0,82	$y = 0,0104X_{XI-III} + 0,0005X_{IV-X} + 2,85$
	Серкебұлақ өз. - сағасы	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,80	$y = 0,212x + 0,020$
	Проходная өз.- сағасы	Проходная өз.- сағасы (QIX-XII)	0,89	$y = 0,960x_{вег.} + 0,377$
	Кіші Алматы өз.- Сарысай өз. сағасынан жоғары	Үлкен Алматы өз.- УАК 2 км жоғары	0,70	$y = 0,426x + 0,434$
	Кіші Алматы өз.- Сарысай өз. сағасынан төмен	Проходная өз.- сағасы	0,72	$y = 0,649x + 0,340$
	Кіші Алматы өз.- Суобсерватория	Проходная өз.- сағасы	0,74	$y = 0,853x + 0,330$
	Кіші Алматы өз.- Алматы қ.	Қимасар өз.- сағасы	0,83	$y = 8,726x + 1,177$
	Сарысай өз. - сағасы	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,77	$y = 0,251x + 0,056$
	Горельник өз. - Горельник турбазасы, сағасы	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,86	$y = 0,424x + 0,035$
	Қимасар өз.- сағасы	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,94	$y = 0,300x + 0,007$
	Казашка өз. - Просвещенец (сағасы)	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,74	$y = 0,154x + 0,011$
	Батарейка өз. - Просвещенец (сағасы)	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,90	$y = 0,193x - 0,010$
	Бутаковка өз. – Бутаковка а., Шыбынсай өз. сағасы	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,83	$y = 0,516x + 0,006$
	Бутаковка өз. - сағасы	Терісбұтақ өз. – сағасы (Алматы қ.)	0,76	$y = 1,108x + 0,027$
	Бақтияр өз.- Бақтияр а.	Бақтияр өз.- Бақтияр а. (QIV-IX)	0,99	$y = 0,537x + 0,043$
		Қаратұрық өз.- Қаратұрық а. қирандылары	0,73	$y = 0,241x + 0,023$
	Киікбай өз.- Киікбай	Киікбай өз.- Киікбай (QIV-IX)	0,91	$y = 0,710x + 0,042$
		Белшабдар өз.- Бақтияр а.	0,75	$y = 0,712x + 0,106$
	Бесағаш өз. – Азат а.	Бесағаш өз. – Азат а. (QIV-IX)	0,99	$y = 0,742x + 0,048$
		Қаратұрық өз.- Қаратұрық а. қирандылары	0,77	$y = 0,319x + 0,020$
	Қайназар өз. – Қайназар а.	Қайназар өз. – Қайназар а. (QIV-IX)	0,97	$y = 0,703x + 0,047$
		Бесағаш өз. – Азат а.	0,71	$y = 0,280x + 0,109$
	Шамалған өз.- Шамалған а.	Кіші Алматы өз.- Алматы қ.	0,81	$y = 0,769x - 0,323$
Ақсай өз. - Ақсай кордоны, жоғарғы	Ақсай өз. - Ақсай кордоны, жоғарғы (QIV-IX)	0,98	$y = 0,600x + 0,238$	

Е.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
02.01.02.05	Ақсай өз. - Ақсай кордоны	Шамалған өз.- Шамалған а.	0,77	$y = 1,030x + 1,028$
	Көкөзек өз. – Чапаева а.	Көкөзек өз. – Чапаева а. (Q _{IV-IX})	0,96	$y = 0,613x + 0,105$
		Шамалған өз.- Шамалған а.	0,72	$y = 0,535x - 0,47$
	Құмбел өз. - сағасы	Проходная өз. - сағасы	0,73	$y = 0,319x + 0,134$
02.01.02.06	Іле өз.- Қапшағай шатқалы (37 км)	Іле өз.- Үшжарма а.		$y = 0,8812x + 23,9932$
		Іле өз.- Үшжарма а.	0,99	$y = 1,0145x + 2,2648$
	Іле өз.- Үшжарма а.	Іле өз.- Қапшағай шатқалы (37 км)	0,98	$y = 0,9658x + 9,6759$
		Іле өз.- Қапшағай СЭС 164 км жоғары	0,99	$y = 1,1319x + 3,4066$
02.01.02.07	Күрті өз. – Ленин атындағы кхл	Ақсеңгір МС бойынша $X_{жыл}, T_{жыл}$	0,72	$y = 0,008x_1 - 0,341x_2 + 3,9$
	Ұзынқарғалы өз. - Қарғалы а.	Түрген өз. – Таутүрген а.	0,79	$y = 0,615x - 0,854$
	Бесмайнақ өз. –Сергеевка а.	Ұзынқарғалы өз. - Қарғалы а.	0,72	$y = 0,081x - 0,074$

ҚОСЫМША Ж

Кесте Ж.1 – Іле өзені алабы бойынша климаттық параметрлер (атмосфералық жауын-шашын және ауа температурасы) мен ағынды арасындағы байланыс нәтижелері

СШУ	Ағынды	Теңдеу	r	ескертулер
02.01.02.01	Жергілікті ресурстар	$y=0,069x_1+0,0202x_2+23,0$	0,64	Салқын (XI-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	Жалпы ресурстар	$y=0,069x_1+0,0202x_2+23,0$	0,64	Салқын (XI-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
02.01.02.02	Жергілікті ресурстар	$y=0,053x_1+0,055x_2-0,08$	0,83	Салқын (XI-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	Жалпы ресурстар	$y=0,053x_1+0,055x_2-0,08$	0,83	Салқын (XI-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
02.01.02.03	Іле өзені бойынша ҚХР келетін ағынды	$y=1,22x_1+0,825x_2+224$	0,69	ҚХР аумағындағы нүктелердегі салқын (XI-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	Жергілікті ресурстар	$y=3,11x_1+0,051x_2+17,4$	0,60	VI-XI айлардағы ауа температурасы және XII-VIII айлардағы жауын-шашынмен байланыс
		$y=0,114x_1+0,025x_2+29,4$	0,62	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
Іле өзені-Қапшағай СЭС 37 км төмен орналасқан ГБ ағып шығатын ағынды	$y=0,675x_1+0,807x_2+339$	0,69	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс	
02.01.02.04	Қарқара өзені бойынша ҚР келетін ағынды	$y=0,009x_1+0,025x_2+5,79$	0,73	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	Жергілікті ресурстар	$y=0,098x_1+0,044x_2+8,17$	0,78	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	Кететін ағынды	$y=0,086x_1+0,063x_2+16,0$	0,77	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
02.01.02.05	Жергілікті ресурстар	$y=0,058x_1+0,101x_2+52,0$	0,82	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	Жалпы ресурстар	$y=0,058x_1+0,101x_2+52,0$	0,82	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
02.01.02.07	Жергілікті ресурстар	$y=-0,776x_1+0,017x_2+10,05$	0,83	Жылдық жауын-шашын және орташа жылдық температурамен байланыс
		$y=0,0161x_{\text{год}} + 2,1206$	0,69	Жылдық жауын-шашынмен байланыс
	Кететін ағынды	$y=0,008x_1-0,38x_2+5,15$	0,88	Жылдық жауын-шашын және орташа жылдық температурамен байланыс
		$y=0,008x_{\text{год}} + 0,9743$	0,77	Жылдық жауын-шашынмен байланыс
Іле өзені алабы	ҚХР келетін ағынды	$y=1,22x_1+0,825x_2+224$	0,69	ҚХР аумағындағы нүктелердегі салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	ҚР келетін ағынды	$y=0,009x_1+0,025x_2+5,79$	0,73	Салқын (X-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс
	Жергілікті ресурстар	Барлық СШУ бойынша жергілікті ресурстардың суммасы		
	Кететін ағынды	$y=0,069x_1+0,0202x_2+23,0$	0,64	Салқын (XI-III) және жылы кезеңдегі (IV-IX) жауын-шашынмен байланыс

ҚОСЫМША И

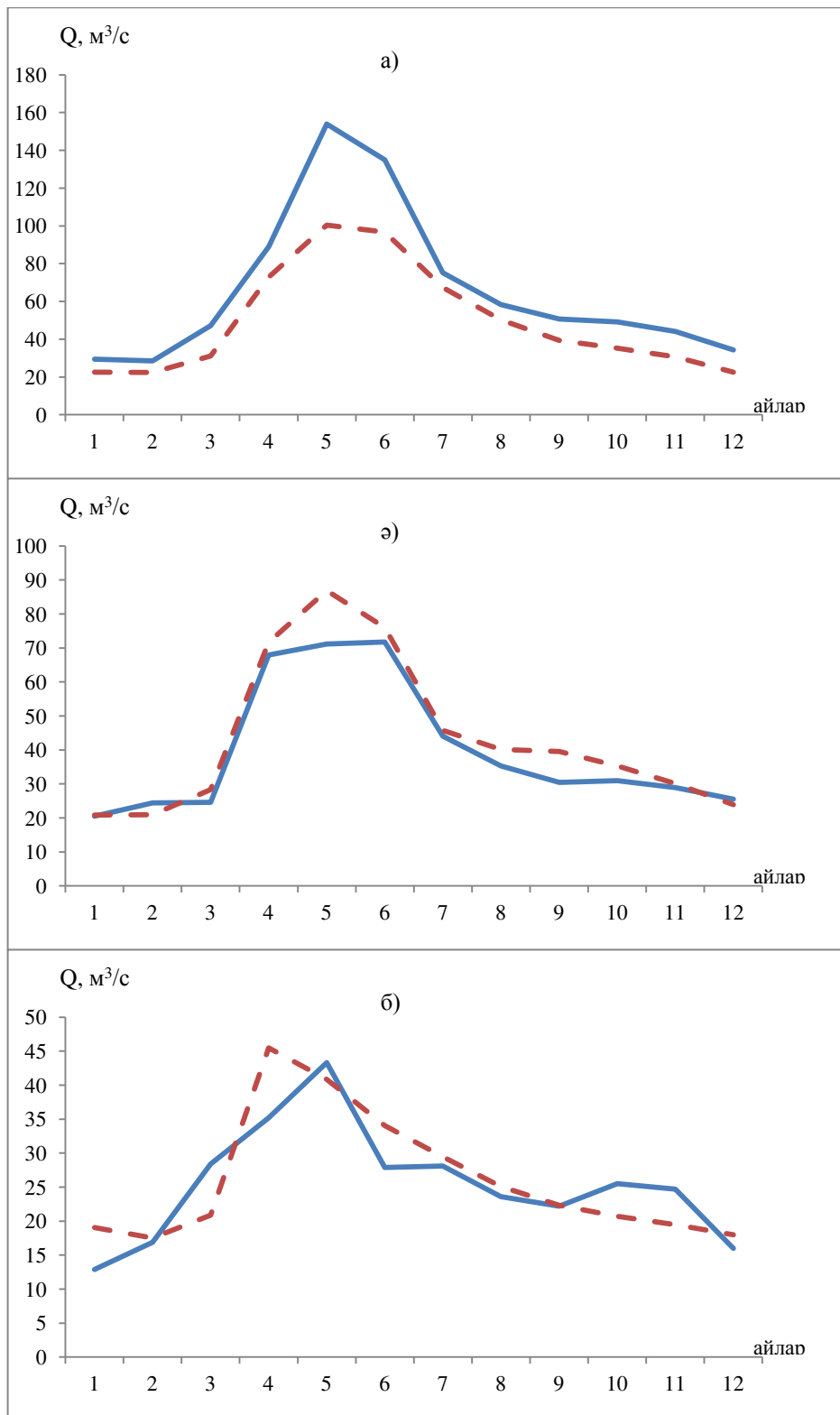
Кесте И.1 - Шарын өзені (Сарытоғай шатқалы) және Қырғызсай МС бойынша айлық орташа су өтімі және жауын-шашынның статистикалық параметрлері

параметрлер	айлар												жыл
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Су өтімі													
Q, м ³ /с	22,2	23,1	30,1	62,5	71,7	64,0	47,7	38,0	34,3	32,7	29,0	24,4	40,0
	23,2	24,0	30,6	63,2	71,8	63,8	47,5	37,9	33,9	32,0	28,5	23,8	40,3
Cv	0,33	0,41	0,28	0,27	0,33	0,35	0,31	0,26	0,27	0,26	0,25	0,29	0,22
	0,38	0,50	0,27	0,27	0,30	0,34	0,29	0,26	0,28	0,26	0,27	0,30	0,22
Cs/Cv	6	6	2	3	4	2	2	2	2	2	4	5	4
	8	10	2	2	3	2	1	2	2	2	7	8	3
r	0,55	0,34	0,40	0,18	0,42	0,12	0,30	0,33	0,46	0,60	0,62	0,68	0,52
	0,43	0,23	0,41	0,13	0,33	-0,06	0,19	0,23	0,35	0,53	0,57	0,62	0,26
Жауын-шашын													
X, мм	16,4	18,3	32,8	52,6	54,0	52,1	45,3	26,9	26,0	40,6	30,4	19,7	36,4
	15,7	17,6	32,7	51,8	54,9	51,6	46,5	27,0	25,4	39,6	30,8	19,4	34,7
Cv	0,64	0,58	0,60	0,62	0,48	0,47	0,65	0,64	0,65	0,61	0,67	0,60	0,23
	0,63	0,59	0,62	0,59	0,48	0,47	0,65	0,66	0,64	0,61	0,65	0,62	0,22
Cs/Cv	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2
	2	3	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2
r	0,03	0,12	-	-	-	0,12	0,07	-0,26	0,05	0,21	-0,13	-0,02	-0,10
	-0,02	0,07	-	-	-	0,05	0,05	-0,25	0,06	0,21	-0,10	-0,04	-0,15

Кесте И.2 - Шарын өзені (Сарытоғай шатқалы) және Қырғызсай МС гидрологиялық және метеорологиялық сипаттамалардың салыстырмалық мәндері

Параметр	Сәйкес келетін гидрограф номері	Жыл	Жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері, мм	Вег. кезеңіндегі орташа жауын-шашын мөлшері, мм	Жылдық ағынды, м ³ /с	Вегетация кезеңіндегі ағынды, м ³ /с
Суы мол жыл	№ 193, 196, 208, 351, 357, 483	2010	<u>51,5</u>	<u>47,9</u>	<u>66,2</u>	<u>93,7</u>
Айырмашылық, %			50,9	60,4	59,0	71,0
Суы орташа жыл	№ 31, 43, 112, 149, 256, 398, 432, 474	1996	<u>41,9</u>	<u>49,3</u>	<u>39,6</u>	<u>53,5</u>
Айырмашылық, %			41,8	47,5	43,3	60,0
Суы тапшы жыл	№ 35, 73, 182, 274	1995	<u>27,0</u>	<u>27,6</u>	<u>25,4</u>	<u>30,0</u>
Айырмашылық, %			26,7	35,0	26,1	32,9
			1,3	27	2,7	9,6

Ескерту: алымында бақыланған мәліметтер, бөлімінде – модельденген мәліметтер



а) – суы мол жыл (2010 г.); ә) – суы орташа жыл (1996 г.);
 б) суы тапшы жыл (1995 г.)
 - бақыланған мәндер; --- модельденген мәндер

Сурет И.1 – Шарын өзенінің (Сарытоғай шатқалы) айлық ағынды гидрографы