

**ҚҰРМАНОВА МЕРУЕРТ СЕРІКҚЫЗЫ**

**Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамының көл суларының минерализациясындағы рөлі (Қазақстанның мониторингтік көлдері негізінде)**

8D05203 - Гидрология

Философия докторы (PhD) дәрежесін алуға дайындалған диссертация

Отандық ғылыми жетекші:  
PhD, қауымдастырылған профессор  
Мадібеков Азамат Сансызбаевич

Шетелдік ғылыми жетекші:  
PhD, профессор  
Су, энергетика және қоршаған орта инженериясының зерттеу бөлімі;  
Технология факультеті, Оулу университеті, Финляндия  
Бьерн Клове

Қазақстан Республикасы  
Алматы, 2023

## Мазмұны

КІРІСПЕ	6
1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ	9
2 АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТІК КӨЛДЕРДІҢ МИНЕРАЛИЗАЦИЯЛАНУЫН ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ	23
2.1 Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын зерттеу материалдары мен әдістері	23
2.2 Көл суларының химиялық құрамын зерттеу материалдары мен әдістері	28
3 МОНИТОРИНГТІК КӨЛДЕРДІҢ ТАБИҒИ-КЛИМАТТЫҚ СИПАТТАМАСЫ	33
3.1 Ауа температурасының таралу ерекшеліктері	33
3.2 Атмосфералық жауын-шашынның таралу ерекшеліктері	42
3.3 Канадалық жер жүйесінің болжау моделі (CanESM5) негізінде Қазақстанның мониторингтік көлдері аумағында атмосфералық жауын-шашынның және оның экстремалды индекстерінің ssp1-2.6 және ssp2-4.5 сценарийлері бойынша 2050-2074 жж. кезеңіне арналған болжамы	55
3.4 Жел жылдамдығы мен бағытының таралу ерекшеліктері	62
4 МОНИТОРИНГТІК КӨЛДЕР СУЛАРЫНЫҢ САПАСЫН КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ	69
4.1 Мониторингтік көлдердің сипаттамасы	69
4.2 Мониторингтік көлдер суларының сапасын бағалау	73
5 АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ КӨЛ СУЛАРЫНЫҢ МИНЕРАЛИЗАЦИЯЛАНУЫНА ҚОСҚАН ҮЛЕСІН БАҒАЛАУ	92
5.1 Атмосфералық жауын-шашын минерализациясының Қазақстан территориясы бойынша бақыланған өзгерісі	104
ҚОРЫТЫНДЫ	108
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	110
ҚОСЫМША А Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізілімге мәліметтерді енгізу туралы куәлік	123
ҚОСЫМША Б Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом	124

## Нормативтік сілтемелер

Осы диссертацияда келесі стандарттарға арналған сілтемелер пайдаланылды:

ГОСТ 17.15.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.

ГОСТ 26449.1-85. Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод.

РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом.

РД 52.24.381-2006. Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса

СТ РК ИСО 7890-3-2006 «Качество воды. Определенне нитрата. Часть 3. Спектрометрический метод с использованием сульфосалицилвоп кислоты»

РД 52.24.516-2006 Массовая концентрация меди и цинка в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом из одной пробы

СТ РК ИСО 17294-2-2006 (ISO 17294-2:2003, Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) Часть 2: Определение 62 элементов

РД 52.24.486-2009. Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах. МВИ фотометрическим методом с реактивом Несслера. -

## Анықтамалар және қысқартулар

Осы диссертацияда келесі терминдер сәйкес анықтамалармен бірге пайдаланылады:

pH	–	сутектік көрсеткіш
ДМҰ	–	Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым
ШМК	–	шекті мүмкіндік концентрация
IPCC	–	климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық топ
PKT	–	репрезентативті концентрация траекториялары
БҰҰ	–	Біріккен ұлттар ұйымы
ЮНЕП	–	Біріккен ұлттар ұйымының айналадағы орта жөніндегі бағдарламасы
CMIP3	–	бірлескен моделді салыстыру жобасы, үшінші кезең
CMIP5	–	бірлескен моделді салыстыру жобасы, бесінші кезең
CMIP6	–	бірлескен моделді салыстыру жобасы, алтыншы кезең
CanESM5	–	Канадалық Жер жүйесі моделінің 5 нұсқасы
SSP	–	ортақ әлеуметтік-экономикалық траекториялар
ERA 5-Land	–	Еуропалық орта қашықтықтағы ауа райын болжау орталығының реализінің соңғы нұсқасы
F	–	Фишер критерийі
P-value	–	болжамды статистикалық тексеруде қолданылатын критерий маңыздылығының қол жеткізуге болатын деңгейі
t	–	Стьюдент критерийі

## Өлшем бірліктер

°C	–	цельсий градусы
%	–	пайыз
мм	–	миллиметр
м	–	метр

мм/жыл	–	миллиметр жылына
м/с.	–	метр секундына
км	–	километр
км <sup>2</sup>	–	шаршы километр
мг-экв/дм <sup>3</sup>	–	миллиграмм эквивалент литр дециметр кубына
мг/дм <sup>3</sup>	–	миллиграмм дециметр куб
м/л	–	милиграмм литрына

## КІРІСПЕ

Қазақстан Республикасының жер үсті суларына құрлық-су объектілеріндегі жер бедерінің төменгі нысандарындағы шоғырланған су қорлары жатады. Олардың қатарына: теңіз, көлдер, батпақтар, мұздықтар, су қоймалары, өзендер және оларға теңестірілген каналдар кіреді. Жаңартылатын су ресурстарына жыл ішінде гидрологиялық цикл процесінде бірнеше рет қайта жаңартылатын тұщы сулар жатады. Жаңартылатын су ресурстарының интегралдық сипаттамасы оның жер асты құраушысы бар өзен ағысы болып табылады. Су проблемасы екі көзқарас тұрғысынан қарастырылуы тиіс: су ресурстарының саны және олардың сапасы тұрғысынан және бұл санаттар бірдей.

Соңғы жылдары бүкіл әлемде гидрохимия саласындағы белсенділік айтарлықтай өсуде. Қаралып отырған аумақтардағы көл суларының химиялық құрамының рөлі ауыл шаруашылығына, биофизикалық жүйелерге және адам қызметімен байланысты әртүрлі құрылымдарға қолайсыз әсер етеді. Табиғи ластаушы заттардың көлемі адаммен өндірілетін заттардың көлемімен салыстырғанда тең емес. Көлдердің қазіргі жай-күйі табиғи және техногендік факторлардың әсер етуінің интегралды нәтижесі болып табылады.

**Диссертациялық жұмыстың өзектілігі:** Барлық жер үсті сулары, яғни жер бетіндегі әртүрлі жинақтарда орналасқан сулар (өзендер, көлдер, су қоймалары және т.б.) өзінің бастапқы химиялық құрамын атмосферада болған кезде құрайды. Сонымен қатар, кейбір географиялық белдеулердің жер үсті сулары үшін атмосфералық суларда еріген тұздар өте маңызды болуы мүмкін, ал басқалары үшін салыстырмалы түрде төмен болғандықтан олардың әсері шамалы болады. Атмосфералық сулардың химиялық құрамының ең үлкен әсері солтүстік аймақтарда байқалып, мұнда жер үсті суларындағы кейбір заттардың құрамын олардың атмосфералық сулардағы мөлшерімен анықтауға болады. Бұл әсер оңтүстікке қарай жылжыған сайын өзінің маңызын жоғалтады, өйткені бұл бағытта жер үсті суларының тұздылығы айтарлықтай артады. Бұл жағдай атмосфералық сулардың химиялық құрамын зерттеудің гидрохимия үшін үлкен маңыздылығын анықтайды. Атмосфералық сулардың құрамында ауыр металдар, органикалық қосылыстар, пестицидтер және әртүрлі көздерден, соның ішінде өнеркәсіптен, көліктерден және ауыл шаруашылығынан атмосфераға түсетін басқа да химиялық қосылыстар сияқты әртүрлі ластаушы заттар болуы мүмкін. Осыған байланысты атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын зерттеу қоршаған ортаның, атап айтқанда жер үсті суларының ластану деңгейін бағалауға, оның адам денсаулығына және экожүйеге әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл болашақта осал су ресурстарын қалпына келтіру және қорғау шараларын қабылдауға мүмкіндік береді.

Қазақстанда көл суларының химиялық құрамы мен атмосфералық жауын-шашынның арасындағы заңдылықтарды анықтауға бағытталған зерттеулер бұрын жүргізілмеді. Зерттелетін аймақтың көл суларында микрокомпоненттердің таралуы іс жүзінде зерттелмеді. Нәтижесінде бірқатар

табиғи және антропогендік факторлардың мониторингтік көлдердің химиялық құрамына әсерін кешенді бағалау теориялық және практикалық қызығушылық тудырады. Бұл жұмыс көл суының физико-химиялық құрамының кейбір ерекшеліктерін және оларды ел экономикасының әртүрлі салаларында одан әрі тиімді пайдалану мақсатында ластану сипатын көрсетуге мүмкіндік береді.

**Диссертацияның практикалық құндылығы** осы тақырып бойынша ұсыныстар жасау үшін зерттеу нәтижелерін қолдану мүмкіндігімен анықталады.

**Жұмыстың мақсаты:** Көл суларының минерализациялануында атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамының рөлін анықтау.

**Зерттеу объектісі:** Қазақстанның мониторингтік көлдері.

**Зерттеу пәні** су ресурстарын тиімді пайдалануды бағалау үшін көлдердің су сапасының жағдайы болып табылады.

**Зерттеу әдістері:** Қойылған міндеттерді шешу үшін табиғи сулардың сапасын бағалау мәселелерін зерттейтін шетелдік және қазақстандық ғалымдардың әдістері, оның ішінде су гидрохимиясы саласындағы іргелі жұмыстар О. А. Алекин, А. М. Никаноров, Б. А. Беремжанов, С. П. Китаев, Н. А. Амиргалиев, М. Ж. Бүрлібаев, С. М. Романова және т.б. пайдаланылды.

**Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы:** Қазақстанның қазіргі даму кезеңінде өнеркәсіп пен энергетиканың, түсті және кара метал өндірісінің өсу үрдісі, әсіресе көмірді тұтынудың артуы байқалады. Сонымен қатар, атмосфераға ластаушы заттар тасталымдарының артуы да байқалып, 1950 жылдар деңгейімен салыстырғанда тасталымдар көлемі бірнеше есе өсті. Бұл атмосфераның және жер үсті суларының қатты ластануына әкеледі.

Қазіргі уақытта су жинағыштардың көпшілігінде табиғи судың сапасы табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен қалыптасады. Су объектілеріне төгілетін өнеркәсіптік, тұрмыстық, ауыл шаруашылығы және басқа да сарқынды сулар судың сапасын нашарлатып, олардың режиміне үлкен өзгерістер енгізеді. Соңғы жылдары өзен, көл суларының ластануының тағы бір көзі – атмосфералық жауын-шашын пайда болды. Өзенге, көлге ластаушы заттардың түсуінің бұл көзі бақыланбайды және оны ескеру өте қиын. Алайда оның әсерін бағалау жер үсті суларының сапасын талдау, болжау және реттеу кезінде қажет. Осыған байланысты атмосфералық жауын-шашынның көл суларының химиялық құрамына әсерін бағалау өзекті болып табылады және халық шаруашылығы тұрғысынан маңызды мәні бар.

**Ғылыми-зерттеу жұмысының мәліметтер базасы:** РМК “Казгидромет” Ғылыми-зерттеу орталығының “Климаттық зерттеу басқармасы”, “Экологиялық мониторинг департаменті” және әл-Фараби атындағы ҚазҰУ География және табиғатты пайдалану факультетінің Метеорология және гидрология кафедрасы.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы:** Атмосфералық жауын-шашындағы химиялық элементтердің көл суларына белгілі мөлшерде тигізетін үлесі бар екені анықталды. Канадалық жер жүйесінің болжау моделі (CanESM5) негізінде Қазақстан территориясына атмосфералық жауын-шашынның 2050-2074 жж. жауын-шашын мөлшерінің 2025-2049 жж. кезеңімен салыстырғандағы өзгерістері әрбір айға анықталды. Соныменқатар, Қазақстан территориясы

бойынша реанализ және спутниктік мәліметтер негізінде булану мөлшері анықталды.

### **Қорғалатын жағдайлар:**

1. Мониторингтік көлдер аймағындағы атмосфералық жауын-шашынның және оның экстремалды индекстерінің өзгерістерін моделдеу 2025-2049 жылдар кезеңімен салыстырғанда 2050-2074 жылдарға арналып ssp1-2.6 және ssp2-4.5 сценарийлерін пайдалана отырып, CanESM5 канадалық климаттық моделі негізінде орындалды. Бұл моделдеудің мақсаты жана уақыт кезеңінде Қазақстанның мониторингтік көлдеріндегі жауын-шашынның және оның экстремалды индекстерінің ықтимал өзгерістерін бағалау болып табылады. Модел жауын-шашын өзгерістерінің көлдер мен олардың экожүйелерінің жағдайына әсерін бағалау үшін, сондай-ақ климаттың өзгеруімен және көлдердегі суды пайдаланумен байланысты ықтимал қауіптерді анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін жаңа деректерді ұсынады.

2. Жауын-шашынның химиялық құрамымен және олардың көл суының құрамына әсер етумен байланысты жауын-шашындағы зат концентрациясының өзгеру коэффициентінің мәндері **ERA5-Land** реанализ мәліметтерінің көмегімен есептелді. Көл суларына жауын-шашынмен түсетін химиялық элементтердің әртүрлі шамада булануға ұшырайтыны анықталып, нәтижесінде барлық көлдер бойынша жауын-шашынмен түсетін химиялық ингредиенттер 3,6...11,1 есе аралығында төмендеді.

3. Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамының көл суларының минерализациясына әсері бағаланды.



## 1 Әдебиеттерге шолу

Жауын-шашын жер үсті және жер асты суларының пайда болуының негізгі факторы болып табылады. Шайылу – бұл жаңбыр тамшылары арқылы тасымалданатын немесе жаңбыр суында еритін ластаушы заттардың бөлшектері мен молекулалары арқылы жаңбыр жауатын “бұлт астында” түзілетін процесс. Жаңбыр тамшысы атмосфераға түскен кезде жерге түспес бұрын, оның бетіне аэрозольдің ондаған-жүздеген бөлшектерін тарта алады. Тамшылар мен аэрозольдерді тарту процесі – бұл коагуляция, ауадан күйе, сульфат және органикалық бөлшектер сияқты ластаушы заттарды тазалай алатын табиғи құбылыс. Жауын-шашынның әсерінен ластаушы заттардың шайылуы әлемдік ғылыми қауымдастық үшін әлі де үлкен қызығушылық тудырады. Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын өлшеу тек атмосфералық ауаның сапасын бағалауға ғана емес, сонымен қатар жер үсті суларының минерализациялану дәрежесін анықтауға көмектеседі.

Бұлғалды шөгуге екі механизм қатысады: бұлттардан жауын-шашын арқылы шайылады және бұлттан төмен шайылу. Бұл екі процесс аэрозольді ұстау механизмі бойынша ерекшеленеді: бірінші кезеңде шайылатын ластаушы зат ядро конденсациясы ретінде бұлт тамшысы құрылымында болады немесе түсетін жауын тамшысына айналмай тұрған даму кезеңіндегі бұлт тамшысында орын алады. Бұл кезең бұлт ішінде шайылумен айқындалады. Екінші кезеңде ластаушы зат түсіп келе жатқан тамшымен бірге төселме беткейге жанасқанға дейінгі аралықты қамтиды.

Газдар үшін механизм екі процессте бірдей: сұйық су тамшыларында еру. Газ молекуласының немесе бөлшектің тамшыға түсуінің бес түрлі механизмі бар:

- а) Диффузиофорез;
- б) Броундық диффузия;
- в) Соқтығысу мен ұсталыну;
- г) Газдардың еруі;
- д) Ядро конденсацияларында тамшылардың құрылуы.

Диффузиофорез кезінде аэрозольді бөлшектер ауадағы молекулаға бағытталады. Мысалы, тамшыны қоршап тұрған су молекуласының конденсациясында тамшыдағы бөлшек су молекуласының легі бойынша тамшыға қарай бағытталады да, ал тамшының булануы кезінде кері процесс тамшы бетінен су молекуласына бағытталады. Диффузиофорез өте кіші бөлшектерге ( $d < 0,1$  мкм) тән. Бөлшектердің жаңбыр және бұлт тамшыларымен шайылуында диффузиофорездің жалпылама алғанда қосатын үлесі аз. Диффузиофорез сульфат және аз мөлшерде нитраттар, жекелеген жағдайда көмірсутегінің шайылуы механизмі ретінде қарастырылады. Броундық диффузияның жылдамдығы негізінен бөлшектің көлемімен анықталады және оның әсері диаметрі 0,1 мкм болатын бөлшектерде сезіледі. Алайда, диффузия жылдамдығы өте кіші бөлшектерде, газ молекуласындағы диффузия жылдамдығынан әлдеқайда төмен. Инерционды соқтығысу мен ұсталыну механизмі тамшының қоршаған ауаға қарағанда біршама жылдамдығы болғанда

карастырылады. Инерционды соқтығысу салыстырмалы түрде түсіп бара жатқан тамшы бағытына бағытталған ірі тамшыларға тән. Ластаушы бөлшектердің инерционды соқтығысу мен ұсталыну механизмі бойынша шайылуының тиімділігі, тамшының көлеміне байланысты болатын тамшының түсу жылдамдығына, сондай-ақ шайылынатын бөлшектердің массасына да байланысты. Бұл механизм бөлшек диаметрі 1 мкм-ден үлкен болғанда айтарлықтай үлесін қосады. Яғни, инерционды соқтығысу мен ұсталыну механизмі кезінде түсіп жатқан тамшыда немесе қар түйіршіктерінде атмосферадан ауыр металдар, көмірсутегі шайылып түседі.

Күкірт (II) қышқылы, азот (II) қышқылы, газқұрылымды азот қышқылы және аммиак суда жақсы ерісе, ал азот тотығының суда еруі әлсіз. Суда өте әлсіз түрде көмірсутекті газдар ериді. Еру жылдамдығы тамшының толықтай беткейіне, температурасына, газдың физико-химиялық құрамына, тамшы сұйықтығындағы рН көрсеткішіне байланысты. Газдың еруі Генри заңына бағынады, яғни еру сұйық және газ фазасында тепе-теңдік орнамағанынша жалғасады. Тепе-теңдіктің орнығу жылдамдығы ең алдымен тамшы көлеміне байланысты. Мысалға, тамшы көлемі 100 мкм болғанда, күкірт (II) қышқылында газ және сұйық фазаның тепе-теңдікке келуіне бірнеше секундтар жеткілікті. Алайда, сұйық фазада еріген күкірт (II) қышқылы  $H_2O$ ,  $O_3$ -мен реакцияға түскенде тез қышқылданады.

Күкірт, азот, ауыр металдар және көмірсутегі қосылысының шайылуының салыстырмалы үлесі 1-кестеде берілді.

Кесте 1 – Күкірт, азот, ауыр металдар мен көмірсутегі қосылысының шайылуының салыстырмалы үлесі

Шайылу механизмі	Химиялық қосылыстар			
	Күкірт	Азот	ауыр металдар	көмірсутегі
Диффузиофорез	2,5	2,5	0	1-10
броундық диффузия	2,5	2,5	0	1-10
соқтығысу мен ұсталыну	10	10	70-90	50-80
газдардың еруі	20	15-25	0	0-5
ядро конденсацияларында тамшылардың құрылуы	65	60-70	10-30	0-20

1-кестеге сәйкес күкірт және азоттың әртүрлі механизмдермен шайылуында айырмашылық жоқ екендігі және жалпы алғанда шайылу тиімділігін бірдей деп алса болады. Үлкен арақашықтықта шайылу ядро конденсациясы есебінен жүрді. Ауыр металдардың кестеде келтірілген шамасы шартты, яғни арнайы зерттеулер жүргізілмеді [1].

Қазіргі қолданылатын моделдердегі шайылу әсерінің параметризацияларының көпшілігі шөгудің жылдамдығы және ерігіштік сияқты әлдеқайда қарапайым айнымалыларға негізделеді. Зертханалық жағдайда ауаны ластайтын заттардың шайылу әсері жай ластаушы заттармен судың физикалық және химиялық өзара әрекеттесуімен байланысты. Оларды Генри заңының

коэффициенті сияқты қарапайым жылдамдықты пайдаланып өрнектеуге болады [2].

Әдетте ластаушы заттардың дымқыл шөгуі шайылу моделін қолдана отырып сандық моделдерде бағаланады. Бұл тәсіл жаңбыр тамшыларының спектрін тұрақты түрде қамтамасыз етіп, пассивті ластаушы заттарды біркелкі сіңіреді. Осылайша, шайылу коэффициентін жаңбыр тамшыларының спектрі бойынша интеграл ретінде (1) формулада көрсетуге болады.

$$\Lambda = \int N(a) E(a) \pi a^2 v(a) da \quad (1)$$

Мұндағы:  $N(a)$  - радиусы  $a$  болатын жаңбыр тамшыларының тығыздығы;  $E(a)$  - ластаушы заттарды ұстау тиімділігі; және  $v(a)$  - соңғы жылдамдығы.

Жауын-шашынмен  $SO_2$  және  $NO_2$  шайылу механизмі әлемнің көптеген аймақтарында негізгі жаһандық және аймақтық проблема болып табылады. Өйткені, бұл қосылыстар қышқыл жауын-шашынның пайда болуында маңызды рөл атқарады.

Зерттеу жұмысының [3] қортындысына сәйкес, озон ( $O_3$ ) үшін есептелген шайылу коэффициенті теріс, демек  $O_3$  жаңбыр жауған кезде пайда болады. Автордың пікірінше, бұл қатты жел мен турбуленттіліктің салдарынан қарқынды жаңбырмен бірге жүреді. Басқа газдардың концентрациясының жүйелі өзгерістері  $O_3$  мәндерінің өзгеруімен қатар жүрмейді.  $NO$  және  $NO_2$  үшін бағаланған коэффициенттердің мәні 40 және 80 %, сәйкесінше  $SO_2$  үшін де осы шамада бағаланды.

Алайда, кейінірек жүргізілген жұмыс кезінде [4] жауын-шашын мөлшері мен ұзақтығы Қытайдың үстіндегі ауаны ластаушы заттармен ( $NO_2$  және  $SO_2$ ) теріс корреляциялық байланысты көрсеткендігі анықталды.  $O_3$  концентрациясының жаңбырлы жағдайда аздап жоғарылау қарқындылығы бар.  $O_3$  концентрациясының жауын-шашында жоғарылауы конвективті жаңбыр белсенділігі және найзағай кезінде стратосферада, тропосферада  $O_3$  концентрациясының тік араласуынан болады [5]. Авторлардың зерттеуі бойынша [6] Ресейдің кейбір аймақтарында аэрозольдердің орташа айлық шоғырлануы мен жауын-шашынның қарқындылығы арасында айтарлықтай теріс байланыс бар. Сонымен қатар, S.F. Kan, P.A. Tanner шайылудың әсері жаз мезгілінде (немесе жаңбырлы маусымда) конвективті жауын-шашын басқа маусымдармен салыстырғанда басым болған кезде болатынын айтады [7].

Көптеген ғалымдар  $PM_{2.5}$  және  $PM_{10}$  концентрацияларымен әртүрлі аймақтардағы жауын-шашынның арасындағы байланысты зерттеп, жауын-шашынның аэрозоль бөлшектеріне әсері оның қарқындылығымен, жаңбырдың түсу диаметрімен және аэрозоль бөлшектерінің мөлшерімен байланысты екенін анықтады. Атмосфералық бөлшектер құрамына негізінен  $PM_{2.5}$  (аэродинамикалық диаметрі 2,5 мкм-ден кем немесе тең бөлшектер) және  $PM_{10}$  (аэродинамикалық диаметрі 10 мкм-ден кем немесе тең бөлшектер) кіреді. Ірі бөлшектерді ұстау тиімділігі тамшы диаметрінің өзгеруіне байланысты едәуір өзгерсе, кіші бөлшектердің ұстау тиімділігі тамшы диаметріне байланысты

болмады [8]. Басқа ғалымдар [9, 10] РМ 10 және РМ 2.5 бөлшектерінің ылғалды шайылуы жауын-шашын мөлшерінің, орташа қарқындылығының және ұзақтығының артуымен өседі деп санайды. Сондай-ақ, көптеген ғалымдар бұлттардан жауын-шашынмен тазартудың ролін атмосфералық бақылаулар тұрғысынан зерттейді [11,12,13]. Жауын-шашын әркелкі көлемдегі аэрозоль бөлшектеріне әртүрлі жұтылу ретінде әсер етеді деп есептеледі. Жауын-шашынның орташа мөлшердегі аэрозольдерге әсері жеткілікті емес болса, үлкен және кіші аэрозольдерге шөгілу әсері бар [14,15,16,17]. Дегенмен, жауын-шашынмен ластаушы заттарды тазарту механизмі аз сенімділікке ие.

Қытайлық ғалымдар бөлшектердің (РМ 2.5 және РМ 10) шамадан тыс концентрациясы Қытайдың көптеген қалаларында ауа сапасының маңызды проблемасына айналатынын анықтады [18, 19, 20, 21, 22]. Бұл атмосфераның көріну қашықтығын азайтады, адам ағзасына зиян тигізеді және жүрек пен өкпенің жұмыс істеуінің бұзылуымен байланысты ауруларға әкелуі мүмкін [23,24]. Сондықтан, соңғы жылдары РМ 2.5 және РМ 10 бөлшектері бойынша зерттеулер қызу талқыланатын тақырыпқа айналды. Соныменқатар, аэрозольдің сәулеленуімен немесе оның бұлтпен өзара әрекеттесуі арқылы бұлттардың пайда болуына және жауын-шашынға айтарлықтай әсер ететіндігі анықталды [25,26,27,28,29]. Атмосферадағы ірі бөлшектердің концентрациясына әсер ететін негізгі факторлар – эмиссия көздері және метеорологиялық факторлар [30,31,32,33].

Жоғарыда айтылғандай, бұрын атмосферадағы ластаушы заттардың табиғаты, сондай-ақ шайылудың ауаны ластайтын заттарға әсері туралы көптеген зерттеулер жүргізілді. Ластаушы заттар шайылуының жер үсті суларына әсерін қарастырайық. Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамының қалыптасу ерекшеліктеріне бағытталған зерттеулерді отандық және шетелдік ғалымдар жүргізді. Жауын-шашынның химиялық құрамының жер үсті суларына әсері шетелдік ғалымдардың осы тақырыпқа арналған әртүрлі еңбектерінде келтірілді.

Жер бетіндегі тұщы сулардың ластануы қоғамдық қауіпті жағдайға айналды [34]. Қазіргі кезде әлемдегі өзендердің 40 %-ы ластанған. Жер үсті суларының сапасына әсер ететін негізгі фактор – антропогендік белсенділік [35, 36]. Климаттың өзгеруімен қарқынды жауын-шашын, су тасқыны және құрғақшылық сияқты төтенше жағдайлардың қарқындылығы мен жиілігі артуда. Осыған орай ластану жағдайларының ықтималдығы мен экологиялық қауіп-қатердің алдын-алу шараларын жүргізудің қиындығы артады [37, 38]. Температураның және жауын-шашын мөлшерінің күрт өзгеруі судың ластануына әкеледі [39]. Бұл судың сапасына тікелей немесе жанама әсер етеді. Су температурасының өзгеруі судың тығыздығына, беттік керілуге, тұтқырлыққа және басқа аспектілерге әсер етеді. Сонымен бірге, еріген оттегінің құрамын өзгертіп судың қалыпты экологиялық тепе-теңдігін бұзады [40,41,42]. Жер үсті суларының сапалық көрсеткіштері күн радиациясы, жауын-шашын, ылғалдылық, атмосфералық қысым және температура сияқты қоршаған орта жағдайларына байланысты өзгереді [43]. Мысалы, жауын-шашынның аз мөлшері су объектілерінде ағынды

азайтып, аз сұйылтылуына әкеледі. Ал, ағынды сулардың тасталымынан кейін ластаушы заттардың үлкен концентрациясы бақылануы мүмкін. Бұл су сапасының стандарттарын жақсарту немесе тазарту қондырғылары жабдықтарын орнату жөніндегі жұмыстарға әсер етеді [44]. Нәтижесінде, сумен жабдықтауда қиындықтарға әкеліп соғады [45]. Жапонияның Касумигаура көлінде Фукусима және басқа зерттеушілер [46] ауа-райы жағдайы мен судың сапасы арасындағы байланысты зерттеді. Олар ауа-райының өзгеруіне байланысты су сапасының өзгеруін сандық түрде болжады. Ауа температурасының көтерілуі көлдің сапасының нашарлауына әкеліп соқтырғаны анықталды. Температураның өзгеруі фотосинтезге, химиялық реакция жылдамдығына, әртүрлі ластаушы заттардың уыттылығының өзгеруіне және су организмдерінің микробтық ыдырауына әсер етеді [47]. Жауын-шашын мөлшерінің өзгеруі құрғақшылық пен су тасқынының орын алуына және судың сапасына аз әсер етеді. Жауын-шашынның азаюы жер асты суларын пайдалануға әкеліп оның ластануын тудыруы мүмкін. Жауын-шашын мөлшерінің артуы жер үсті эрозиясын күшейтіп, суға ластаушы заттардың көбірек енуіне әкеледі [48]. Мақалада [49] су сапасындағы ең үлкен өзгеріс жауын-шашыннан кейінгі 2-ші күні болатындығы және кейбір химиялық элементтер концентрациясының өзгеруі ұзақ уақыт сақталатындығы анықталды. Адамдар үшін қауіпті су тасқыны жиі орын алуда [50]. Су тасқындары қысқа уақыт ішінде өте қарқынды жаңбырдан кейін, көбінесе жазғы дауыл кезінде пайда болады. Судың сапасы бірнеше тәуліктен ондаған күнге ұзаққа созылған қарқынды жауын-шашынның салдарынан да өзгеруі мүмкін. Құрғақшылықтың басталуымен жауын-шашынның, ағынның, топырақтың ылғалдылығының, жер асты сулары мен өзендер ағындарының тұрақты төмендеуі байқалады [51]. Судың сапасы ұзаққа созылған төмен су деңгейі кезеңінде критикалық мәндерге дейін нашарлауы мүмкін [52]. Судың көптеген физико-химиялық параметрлері критикалық мәндерден асып кетуі мүмкін. Бұл өзен экожүйесіне және биоценозына кері әсер етеді.

Жауын-шашын мөлшері көбейген жерлерде де судың сапасына әсер етуі мүмкін. Өйткені, жауын-шашынның көп мөлшері өзендер мен көлдерге құйып жатқан судың көбеюіне, шөгінділердің, қоректік заттардың, ластаушы заттардың, қоқыстардың, жануарлардың қалдықтарының түсуіне әкеліп сумен қамтамасыз етуде немесе суды тазартуда жарамсыз, қауіпті етуі мүмкін. Жағалау бойындағы тұщы су ресурстарына теңіз деңгейінің көтерілу қаупі төніп тұр. Теңіз деңгейі көтерілген кезде ащы су, тұщы су аймақтарына ауысады. Бұл су менеджерлерін басқа тұщы су көздерін іздеуге мәжбүр етуі немесе ауыз сумен қамтамасыз ету ретінде пайдаланылатын кейбір жағалаудағы суды тұзсыздандыру (судан тұзды шығару) қажеттілігін күшейтуі мүмкін [53]. Теңіз деңгейінің көтерілуі және дауылдың жойқын күшімен байланысты қауіпті жағдайлар жағалаудағы қалалардағы су инфрақұрылымы жұмыстарына әсер етеді [54]. Ылғал және құрғақ атмосфералық шөгінділер ауыр металдардың жиналуының негізгі жолы болып табылады [55]. Жауын суындағы ауыр металдардың концентрациясы ластаушы көздердің жақын орналасуы, жауын-

шашынның мөлшері және ауа массаларының бағыты сияқты әр түрлі факторларға байланысты. Табиғи және негізінен антропогендік факторлардың әсерінен суда биогенді заттардың жиналуы нәтижесінде су объектілерінің биологиялық өнімділігін арттыру эвтрофикация деп аталады. Эвтрофикация – өсіп келе жатқан жаһандық проблема. Көп мөлшердегі фосфор мен азот эвтрофикацияның негізгі антропогендік себебі болып табылады [56,57]. Әртүрлі есептерде азот жүктемесінің су сапасына әсерінің артуы болашақта жауын-шашынның жиілігі мен қарқындылығы өзгеруі нәтижесінде мүмкін деп болжанды [58, 59].

С.Л. Шварцев [60] кітабында атмосфералық жауын-шашынның жер үсті суларының химиялық құрамының қалыптасуындағы маңызды рөлін атап өтті және судың химиялық құрамының жыл мезгілдері бойынша өзгергіштігін көрсетті.

Мақалада [61] автор жауын-шашынның химиялық құрамының аз зерттелгеніне көптеген дәлелдер келтірді. Көптеген есептеулерде жауын-шашынның химиялық құрамындағы осындай өзгергіштікке байланысты оның шекті мәндерін көрсете отырып, орташа жылдық мәндерімен жұмыс істелінеді.

Г.В. Торопов, В.А. Бешенцев атмосфералық жауын-шашын мен жер үсті суларының минерализация (минералдану) концентрациясының айырмашылықтарын келтіреді. Әдетте, жауын-шашын минерализациясы жер үсті және жер асты суларының минерализациясынан шамамен 10-20 мг/дм<sup>3</sup> төмен. Атмосфералық жауын-шашын  $SO_4^{2-}$  иондарымен байытылған, барлық компоненттердің ішінде атмосфералық жауын-шашынында биогендік қоспалар  $NH_4^-$  және  $NO_3$  басым болады, оның концентрациясы компоненттердің жалпы санынан 20-25 % құрайды.

Көлдер – мұхитпен тікелей су алмаспайтын ішкі су айдындары. Көл экожүйесі деп көлдерде тіршілік ететін барлық тірі және жансыз өсімдіктердің, жануарлардың, микроорганизмдердің кешені түсініледі. Көл сулары ащы немесе тұщы, таяз немесе терең, тұрақты немесе уақытша болуы мүмкін. Барлық типтегі көлдер зерттеу “лимнология” пәніне жатады. Лимнология немесе көл туралы ғылым – гидрологияның бір саласы.

Қазақстан көлдерінің көпшілігі, олардың жай-күйі, суларының саны мен сапасы туралы лимнологиялық білім зерттеліп толықтырылуда. Қазақстан көлдерін зерттеу тарихында ірі көлдердің орналасуының алғашқы сызбанұсқаларын С. Ремезов (1701), Н. Унковский (1822), А.И. Воейков (1884) және басқалары ұсынды. Су объектілерін жүйелі түрде зерттеу 1930 жылдары Мемлекеттік гидрологиялық институт (ГГИ) экспедициясы және КСРО Металлургия ғылыми-зерттеу институты ұйымдастырған су кадастрын құрудан басталды. 1954-1956 жж. А.П. Богородский басшылығымен ірі су қоймаларын зерттеумен қатар, кіші көлдерді, әсіресе тың және тыңайған жерлерді игерумен бірге зерттей бастады.

Бұл зерттеулерді Мемлекеттік гидрология институтының экспедициясы, Қазақ мемлекеттік университетінің физикалық география кафедрасы

жалғастырды. 1957 жылдан бастап көлдерді зерттеуді кейінірек «География институты» болып өзгертілген ҚазКСР Ғылым академиясының география секторының қызметкерлері Т.Р. Омаров пен П.П. Филонев жүргізді. Сонымен, әдеби деректерге сүйенсек, Қазақстанда 48 262-ге жуық көл болды (Филонев П.П., Омаров Т.Р., 1970). Саны бойынша 1 км<sup>2</sup>-ден аз – 94 %, ал ауданы бойынша – 10 % құрады. 1 км<sup>2</sup> жоғары көлемдегі жалпы ауданы 40,769 км<sup>2</sup> құрайтын – 3014 көл (90 %), жалпы ауданы 7324 км<sup>2</sup> болатын 1-ден 10 км<sup>2</sup> дейінгі көлдер – 2718 көл (16,3 %). Олардың ішінде көлемі 100 км<sup>2</sup> жоғары, ауданы 26 886 км<sup>2</sup> барлық көлдердің су бетінің 50% құрайтын 21 көл бар.

Көлдердің орташа жылдық су ағынының көлемі шамамен 10 км<sup>3</sup>, ал жауын-шашынмен бірге – 15 км<sup>3</sup> құрады. Бұл Қазақстан өзендерінің жылдық жер үсті ағынының 16 %-на тең [71].

Қазақстан көлдерінің су ресурстары келесідей қалыптасты: көлдердің жалпы саны бойынша Қостанай облысында (28 %), Ақмола (18 %), Павлодар (14 %), Ақтөбе және Солтүстік Қазақстан (әрқайсысында 8 %), Қарағанды, Атырау және Қызылорда облыстарында (әрқайсысында 4 %), Батыс Қазақстан, Оңтүстік Қазақстан және Шығыс Қазақстан облыстары (әрқайсысы 3 %), Алматы (2 %) және Жамбыл (1 %). Қазақстандағы кішігірім көлдердің негізгі ресурстарын, пайдалану жолдарын қарастыра отырып, олардың әсіресе Қазақстанның солтүстік бөлігінде, көптеген тұйық ойпаттарда көп екенін атап өтеді (Г.Г. Муравлев, 1973). Климаттық жағдайлар, су балансының күшті өзгергіштігі көлдер аймағы мен режимінің өзгергіштігін, олардың суларының жалпы минерализациясы мен тұз құрамын анықтайды. Көлдердің су және тұз теңгерімдері негізінен белдеулік жағдайларға байланысты. Құрғақшылықтың солтүстіктен оңтүстікке қарай өсуіне сәйкес, тұйық көлдердің үлесі және көл суларының тұздылығы оңтүстікке қарай артады. Көлдер су бетінің ауданы бойынша орманды дала және дала зонасының солтүстік бөлігінде орналасты. Дала аймағында, тауларда және ірі өзендердің аңғарларында – тұщы көлдер, ал жартылай шөлдерде, шөлдерде және тауаралық ойпаттарда – тұзды көлдер басым [72].

Қазақстанның көлдерін соңғы жылдары айтарлықтай зерттеудегі жобалар келесідей: “Қазақстан көлдерінің Атласы” және “Кіші көлдердің паспортын жасауда” орындалды. Осы зерттеулердің нәтижесінде кіші көлдер санының да және көлемінің де айтарлықтай азайғаны анықталды. География және су қауіпсіздігі мамандарының 2022 жылға арналған қорытындысы бойынша, су беткейі айнасының ауданы 3014-тен 2396 көлге 1-ден 10 шаршы километрге қысқарды.

Гидросфераның шамамен 94 %-ын мұхиттар мен теңіздер құраса, 4 %-ы жер асты суларының, шамамен 2 %-мұздықтар мен қарлардың (негізінен Арктика, Антарктида мен Гренландия), 0,4 %-құрлықтардағы жер үсті суларының (өзен, көл, батпақ) үлесіне тиеді. Су үнемі қозғалыста болғандықтан, оның көлемі мен сапасы уақыт және кеңістіктік тұрғыда өзгеріп отырады.

Гидросферадағы су қорының таралуы 2-кестеде берілді.

Кесте 2 – Гидросферадағы су қорының таралуы

Су объектілері	Су көлемі, л	Жалпы су көлемінен %-дық үлесі
тұщы көлдер	$125 \times 10^{15}$	0,009
ащы көлдер мен ішкі теңіздер	$104 \times 10^{15}$	0,008
өзен арнасы	$1 \times 10^{15}$	0,0001
жер асты сулары (жарты миля)	$4,170 \times 10^{15}$	0,31
терең жер асты сулары	$4,170 \times 10^{15}$	0,31
Мұздықтар	$29000 \times 10^{15}$	2,15
Атмосфера	$13 \times 10^{15}$	0,001
әлемдік мұхит	$1320000 \times 10^{15}$	97,2

2-кестеге сәйкес су қорының жер шары бойынша ең жоғарғы үлесі дүниежүзілік мұхитқа тиесілі. Ал, ең төменгі үлесі өзен арнасына тиесілі. Су ресурсы ғасырлық және қалпына келетін су қорлары болып бөлінеді. Ғасырлық табиғи су қорына ( $\text{м}^3$ ,  $\text{км}^3$ ) көлдер, өзендер, мұздықтар мен жер асты суларындағы тұщы сулар кіреді. Қайта қалпына келетін су ресурсына ( $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{м}^3/\text{жыл}$ ,  $\text{км}^3/\text{жыл}$ ) су айналымы процессінен жыл сайын жаңарып отыратын су көздері кіреді [73].

Беткей суларының, көлдер, су қоймалары, теңіздердің құрамы климаттық және геоморфологиялық факторларға, топырақты-геологиялық жағдайға, сондай-ақ гидромелиоративті шараларға байланысты.

А. Н. Никонаров және Л.В. Бражникова авторларының көлемді әрі жүйелі «Өзендердің, көлдердің және батпақты жерлер суының химиялық құрамы» мақаласынан келесі ғылыми анықтамалар мен сипаттамаларды келтіреміз.

Табиғи судың химиялық құрамы (өзендер, көлдер, теңіздер, батпақты жерлер және т.б.) әдетте алты санатқа бөлінеді:

- 1) Негізгі иондар;
- 2) Еріген газдар;
- 3) Қоректік заттар;
- 4) Органикалық заттар;
- 5) Микроэлементтер;
- 6) Ластаушы заттар.

Табиғи сулардың құрамындағы барлық компоненттер оларға белгілі бір қасиеттер береді – тұздылық, сілтілік, қаттылық, қышқылдық, коррозия және т.б. Судың химиялық құрамы және оның қасиеттері туралы білім суды тұрмыстық қажеттіліктерге пайдалануға байланысты ғылыми және қолданбалы мәселелерді шешу үшін қажет. Адамның басқа әрекеттері – сумен жабдықтау (ауыз су, гигиеналық, қоғамдық, өндірістік, ауылшаруашылық), балық өсіру, рекреациялық, гидроэнергетикалық және гидротехникалық, мелиорация, пайдалы қазбалар кен орындарын барлау және пайдалану және т.б.

Су компоненттерінің концентрациясы және олардың өзара әрекеттесуін келесідей жіктеп қарастыруға болады, мысалы:



- 1) суды химиялық құрамы, басым иондары, барлық заттардың жалпы құрамы бойынша жіктеу;
- 2) судың қоректік заттармен (азотты қосылыстар, су организмдерінің өсуіне қажетті фосфор, кремний және т.б.);
- 3) судың ластануын бағалау және ластаушы заттар концентрациясының кенеттен жоғарылау жағдайларын тіркеу;
- 4) ластану көздерін анықтап, су объектілерінің болашақ жағдайына болжам жасау.

Су химиялық компоненттері су сапасының негізгі сипаттамалары болып табылады. Судың сапасын бағалау судың қасиеттері мен құрамының белгілі бір параметрлері бойынша жүзеге асырылады. Әр түрлі елдерде қабылданған ластаушы заттардың шоғырлану стандарттары әртүрлі сапа өлшемдері, шоғырлану стандарттары, шекті мүмкіндік концентрациялар (ШМК) ретінде белгілі. Биотаға қауіпті химиялық заттардың әсер етуінің басқа шараларына мыналар жатады: уыттылық, канцерогендік, мутагенділік және т.б. Су сапасына қойылатын әр түрлі талаптар ұлттық ережелермен реттеледі. Осы себепті және табиғи айырмашылықтарға байланысты су сапасына бірыңғай қатаң стандарттарды белгілеу өте күрделі болып табылады.

Беткей суларына қатысты практикалық және ғылыми жұмыстарда минерализация (минералдану) термині қолданылады. Бұл суды талдау кезінде анықталған барлық минералдардың жалпы концентрациясы немесе талдау кезінде анықталған барлық иондардың арифметикалық қосындысы ( $\Sigma i$ ). Судың тұздылығы әдетте мг-экв/л, мг/л эквиваленті түрінде көрсетіледі.

Көл суларының химиялық құрамы және минералдануы жағынан алуан түрлі. Көл суларының теңіз суынан айырмашылығы негізгі иондар арасында тұрақты байланыс болмайды. Көлдің химиялық құрамы көлді қоректендіретін жер үсті және жер асты суларының құрамымен, физико-географиялық жағдайлардың кешеніне, сондай-ақ геологиялық құрылымына тығыз байланысты. Көлдегі биохимиялық процестердің әсерінен су жиналатын аймақтан келетін сулардың бастапқы құрамы өзгеруі мүмкін. Нәтижесінде, тек белгілі бір көлге немесе ландшафтқа тән гидрохимиялық режим болады. Сырттан келетін сулардың химиялық құрамы мен минералдануының өзгеруі, едәуір дәрежеде су-тұз теңгеріміне, ағын жылдамдығына және көлдің су алмасуына байланысты. Табиғи сулардың жалпы классификациясы О.А. Алекин бойынша көл суларының тұздылығы 1 г/дм<sup>3</sup>-тен төмен-тұщы, 1-ден 25 г/дм<sup>3</sup>-ге дейін – тұздылау, 25-50 г/дм<sup>3</sup> – тұзды және тұздылығы 50 г/дм<sup>3</sup>-ден жоғары – ащы болып саналады [74].

Табиғи сулардың құрамында еріген күйінде болатын минералды заттар макрокомпоненттер мен микрокомпоненттерге бөлінеді. Макрокомпоненттер негізгі иондар деп аталады, олар судың химиялық құрамын және табиғи судағы минералдың негізгі бөлігін анықтайды (тұщы су үшін 95 % дейін және жоғары минералданған су үшін 99 % дейін). Микрокомпоненттерде тек белгілі бір жағдайларда және өте төмен концентрацияда болатын химиялық элементтер кіреді (мкг/л және мг/л).

Барлық минералдардың концентрациясы екі негізгі фактормен байланысты: жер қыртысындағы химиялық элементтердің көптігі және олардың қосылыстарының ерігіштігі.

Табиғи суда кездесетін **негізгі аниондар** -  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  және  $\text{CO}_3^{2-}$ , ал **негізгі катиондар** -  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  және  $\text{K}^+$ .

**Хлорид ионы ( $\text{Cl}^-$ )** натрий, магний және кальций хлориді тұздарының өте жоғары ерігіштігіне байланысты жоғары миграциялық қабілетке ие. Олардың суда болуы табиғи түрде минералдардан (мысалы, галлит, сильвит, карналлит, бишофит), тау жыныстарынан (мысалы, нефелин) және тұз шөгінділерінен шайылу процестерімен байланысты. Хлорид атмосфералық жауын-шашынның құрамында да бар. Хлор иондары судың барлық түрлерінде  $\text{мг/л}^{-1}$  бөліктерінен  $\text{г/кг}^{-1}$ -ге дейінгі концентрацияда (тұзды ерітінділерде) болады.

**Сульфат ионы ( $\text{SO}_4^{2-}$ )** барлық жер үсті суларында болады және мөлшері кальций иондарының болуымен шектеледі. Судағы сульфаттардың негізгі көзі әр түрлі шөгінді жыныстар, соның ішінде гипс пен ангидрид. Судың сульфаттармен байытылуы жер қыртысында мол болатын сульфид тотығуымен де, жанартау атқылауы кезінде пайда болатын және жауын-шашын құрамында болатын сутектің тотығуымен де жүреді. Құрамында күкірті бар өсімдік тектес және органикалық заттардың ыдырау және тотығу процестері, сондай-ақ адамның шаруашылық әрекеттері су айдындарындағы күкірттің құрамына әсер етеді. Өзендер мен тұщы көлдердегі сульфаттардың мөлшері бірнеше ондаған  $\text{мг/л}^{-1}$ -ге жетеді.

**Гидрокарбонат және карбонат иондары ( $\text{HCO}_3^-$  және  $\text{CO}_3^{2-}$ )** табиғи суларда белгілі бір сандық пропорцияларда көмірқышқыл газымен динамикалық тепе-теңдікте пайда болып рН-пен байланысты химиялық тепе-теңдіктің карбонатты жүйесін құрайды. Су жүйесіндегі рН мәні 7-ден 8,5-ке дейін болғанда, басым ион гидрокарбонат болады. рН 5-тен аз болса, гидрокарбонат иондарының мөлшері нөлге жақын.  $\text{HCO}_3^-$  және  $\text{CO}_3^{2-}$  көздерінің еруі әр түрлі карбонатты жыныстарда (әктас, доломит, магнезит) көмірқышқыл газының қатысуымен жүреді.

Минералдануы төмен және орташа минералдануы бар суда гидрокарбонат иондары әрдайым басым болады. Гидрокарбонат иондарының жиналуы кальций иондарының болуымен шектеледі, олар  $\text{HCO}_3^-$ -пен нашар еріген тұз түзеді. Әдетте, жер бетіндегі тұщы суларда  $\text{HCO}_3^-$  мөлшері  $250 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ -ден аспайды.

**Натрий ионы ( $\text{Na}^+$ ).** Натрийдің элемент ретінде миграция қабілеті айтарлықтай жоғары, өйткені оның барлық тұздары жақсы ериді. Тұздылығы төмен суларда  $\text{Na}^+$  концентрациясы бойынша үшінші орында. Неғұрлым жоғары минералдану кезінде натрий мөлшері жоғарылайды, ал минералдануы шамамен  $\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$  суларында ол ионға айналады. Натрий иондарының үлкен үлесі хлор иондарымен теңдестіріліп, тұрақты қозғалмалы комбинация түзіп, ерітіндіде жоғары жылдамдықпен қозғалады. Сулардағы  $\text{Na}^+$  қайнар көздері болып әр түрлі тұздардың шөгінділері, әктас жыныстарының түзілу өнімдері табылады. Натрийді сутек алмасу немесе дистилляция арқылы жоюға болады. Ол жалын фотометрімен өлшенеді. Аспап натрий ионының белгілі концентрациясымен

(1-ден 100 мг/л дейін) және калий ионының концентрациясымен (1-ден 5 мг/л-ге дейін) стандартталады. Салыстырмалы жоғары концентрацияны тұзды ерітінділерде және натрий алмасуымен жұмсартылған қатты суда табуға болады.

**Калий ( $K^+$ )**, жер қыртысының құрамы және қосылыстарының ерігіштігі бойынша, натрийге өте ұқсас. Алайда, ол жер үсті суларында төмен концентрацияда миграция қабілетінің әлсіз болуына байланысты кездеседі. Бұл оның биологиялық процестерге белсенді қатысуымен, мысалы, тірі өсімдіктер мен микроорганизмдердің сіңірілуіне байланысты. Калий өсімдіктер мен адамдар үшін маңызды қоректік зат және минералдардың еруі нәтижесінде жер асты суларында болады.

**Кальций ионы ( $Ca^{2+}$ )**. Кальцийдің негізгі көздері – суда болатын көмірқышқыл газымен еритін карбонатты жыныстар (эктас, доломит). Табиғи сулардағы  $Ca^{2+}$  тағы бір шөгінді жыныстарда кең таралған көзі гипс.

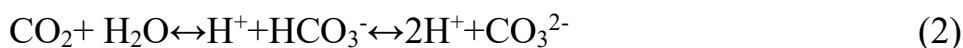
Кальций иондары аз минералданған сулардың катиондық құрамында басым болады. Бұл кальций хлориді немесе кальций сульфаты сияқты тұздардың суда диссоциациялануынан туындауы мүмкін. Жер үсті суларындағы кальцийдің көп бөлігі эктас,  $CaCO_3$ , гипс,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  және басқа кальцийі бар жыныстар мен минералдар арқылы ағатын ағындардан келеді. Кальций карбонаты суда салыстырмалы түрде ерімейді, бірақ құрамында көп мөлшерде еріген көмірқышқыл газы бар суда оңай ериді. Тұщы судағы кальций иондарының ( $Ca^{2+}$ ) концентрациясы 0-ден 100 мг/л-ге дейін болады. Ауыз су бойынша ұсынылатын жоғарғы шегі – 50 мг/л. Тұщы судағы кальций иондарының концентрациясы 5 мг/л-ден төмен түссе, ол сирек кездесетін өсімдіктер мен жануарлар тіршілігін ғана қолдай алады. Теңіз суында кальций шамамен 400 мг/л болады.

**Магний ионы ( $Mg^{2+}$ )**. Кальцийден қарағанда жер қыртысында магний аз. Ол доломит, мергельдердің және басқа жыныстардың химиялық үгілуі мен еру процестерінің нәтижесінде жер үсті суларына түседі. Магний иондары барлық табиғи суларда кездеседі, бірақ өте сирек басымдылық көрсетеді. Кальциймен салыстырғанда магнийдің биологиялық белсенділігінің әлсіздігі, сондай-ақ магний сульфаты мен гидрокарбонатының ерігіштігі, кальцийдің эквивалентті қосылыстары суда  $Mg^{2+}$  концентрациясының жоғарылауына ықпал етеді. Судың жоғары минералдануы кезінде кальций мен магнийдің арақатынасы соңғысының таралуына қарай өзгере бастайды. Судың кермектігіне маңызды үлес қосатын магний тұздары, қыздырғанда ыдырап, қазандықтарда қақ түзеді. Химиялық жұмсарту, кері осмос немесе ион алмасу магнийді және онымен байланысты су кермектігін қолайлы деңгейге дейін төмендетеді. Магний – хлорофилл мен эритроциттердің маңызды құрамдас бөлігі. Кейбір магний тұздары ішке қабылдағанда немесе деммен жұтылған жағдайда улы болып табылады. Магнийдің 125 мг/л-ден жоғары концентрациясы іш жүргізуі мүмкін.

**Сутегі иондары**. Табиғи сулардың құрамында  $H^+$  сутегі иондары ерекше орын алады, бірақ олардың басқа иондармен салыстырғанда абсолюттік мөлшері өте төмен. Сутегі иондары әрдайым суда болады, өйткені олар судың электролиттік диссоциациясы кезінде пайда болады:  $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ . Су

ерітіндісіндегі сутегі иондарының концентрациясы судың иондық туындысы  $K_w=[H^+][OH^-]$  арқылы анықталады. Демек, 22 °С температурадағы сутегі мен гидроксид иондарының концентрациясының (молекулаларының граммымен) көбейтіндісі әрқашан тұрақты мәнге тең,  $K_w = 1 \cdot 10^{-14}$ . Сутегі мен гидроксид иондарының концентрациясы өте аз, сондықтан оларды әдеттегідей  $pH=-\lg[H^+]$ ;  $pOH=-\lg[OH^-]$  қарама-қарсы таңбасы бар логарифм түрінде ұсынылады.

Судың реакциясы әдетте сутек иондарының концентрациясымен анықталады.  $pH=7$  болғанда су бейтарап, егер  $pH > 7$  немесе  $pH < 7$  болса, онда реакция сәйкесінше сілтілі немесе қышқылдық бағытта ауысады. Табиғи суларда сутегі иондарының концентрациясы ондағы қосылыстардың диссоциациясы мен гидролизіне байланысты (1-кестені қараңыз) [75]. Суларда сутек ионының ( $H_2^+$ ) болуы негізінен көміртегі қышқылы және оның иондарының концентрациясының көлемдік арақатынасымен анықталады және (2) формулада көрсетілді:



Сутек иондарының құрамының ыңғайлылығы үшін концентрациясын көрсетуде кері таңбамен алынған логарифм алынды және (3) формулада көрсетілді:

$$pH = -\lg[H^+] \quad (3)$$

Табиғи сулардың  $pH$  мәніне байланысты топтастырылуы 3-кестеде берілген.

Кесте 3 –  $pH$  мәніне байланысты табиғи сулардың топтары

Топ	$pH$	Ескертпе
өте қышқылданған	<3	тұздар гидролизінің нәтижесі
қышқыл сулар	3-5	суға көміртегі қышқылының түсуі
аз қышқылданған сулар	5-6,5	топырақ, батпақты ортада гумустық қышқылдардың болуы
бейтарап сулар	6,5-7,5	суда $Ca(HCO_3)_2$ , $Mg(HCO_3)_2$ болуы
аз сілтілі сулар	7,5-8,5	суда $Ca(HCO_3)_2$ , $Mg(HCO_3)_2$ болуы
сілтілі сулар	8,5-9,5	$Na_2CO_3$ немесе $NHCO_3$ болуы
өте сілтіленген сулар	9,5	$Na_2CO_3$ немесе $NHCO_3$ болуы

3-кестеге сәйкес белгілі су объектілеріне байланысты сутектік көрсеткіші келтірілді. Судағы  $pH$  мәні су сапасын көрсететін негізгі көрсеткіш.  $pH$  шамасына байланысты су өсімдіктерінің өміршеңдігі мен дамуы байланысты.

4-кестеде табиғи сулардағы  $pH$  мәндері келтірілді. Көміртегі екі оксидінің мөлшері шамалы болатын беткей суларында сілтілі реакция жүреді.  $pH$  мөлшерінің өзгеруі фотосинтезбен де тығыз байланысты. Өзен суларында  $pH$  мәні 6,5 - 8,5, атмосфералық жауын-шашында 4,6 - 6,1, батпақты жерлерде

5,5 - 6,6, теңіз суларында 7,9 - 8,3 шегінде өзгереді. Сутегі ионы мерзімдік ауытқуларға да байланысты.

Кесте - 4. Әр түрлі табиғи сулардың рН мәні

Су түрі	Су сипаттамасы	рН
Қышқыл	Жанартау сулары	> 2
Қышқыл	Шахты сулары	3-4
Қышқыл	Батпақ	4-6
Қышқыл	Жер асты сулары	5-7
Сілтілі	Өзендер	6,8-7,8
Сілтілі	Тұщы көлдер	7,3-9,2
Сілтілі	Мұхит	7,8-8,3
Сілтілі	Ащы көлдер	10,5-ке дейін

Атмосфералық жауын-шашындағы рН сутектік көрсеткіші 5-кестеде келтірілді.

Кесте 5 – Атмосфералық жауын-шашындағы рН сутектік көрсеткіші

№	Деңгейі	рН мәні
1.	күшті қышқыл	4
2.	әлсіз қышқыл	4,5 – 5,0
3.	бейтарап	5,6 – 5,8
4.	өте аз сілтілі орта	>6

5-кестеге сәйкес жауын-шашындағы рН шамасына байланысты бірнеше топқа бөлуге болады. Атмосфералық жауын-шашын бойынша рН мәніне айтарлықтай орасан зор әсерін  $\text{CO}_2$  тигізеді. Атмосфералық жауын-шашындағы бейтарап орта ауадағы орташа  $\text{CO}_2$  шамасына сәйкес келеді (рН=5,5) [76].

**Еріген газдар.** Барлық табиғи суларда еріген газдар бар, бірақ олар шығу тегімен ерекшеленеді. Су мен атмосфера арасындағы алмасу процестерімен байланысты газдардың құрамы, негізінен олардың атмосферадағы құрамына байланысты. Жер атмосферасындағы газдардың көптігі бойынша азот, оттегі, аргон және көмірқышқыл газы 99,9 % құрайды. Олар табиғи судың құрамын анықтауда ең маңызды компоненттер болып табылады. Су объектілерінде жүретін процестер, соның ішінде биохимиялық процестер оттегінің (фотосинтез кезінде пайда болатын), көмірқышқыл газының, метанның және аз мөлшерде күкіртті сутек, аммиак, ауыр көмірсутектер мен азоттың болуын талап етеді. Жанартау процестері мен жер мантиясының газсыздануы табиғи суларды көміртегі, метан, аммиак, күкіртсутек, сутек, хлорсутек, күкірт диоксиді және т.б. оксидтерімен және диоксидтерімен қамтамасыз етеді. Басқа газдар ультракүлгін сәулеленудің нәтижесінде суда пайда болуы және еруі мүмкін (озон), найзағай разрядтары (азот оксиді) және антропогендік ластану (күкірт диоксиді, йодтың булары, аммиак, көмірқышқыл газы және т.б.).

**Биогенді заттар.** Су объектілеріндегі су организмдерінің тіршілік әрекетіне қажетті заттар биогенді деп аталады. Оларға кремний, азот, фосфор және темір қосылыстары жатады.

**Кремний (Si)** табиғи сулардың тұрақты құрамдас бөлігі. Жалпы тұз құрамына қатысты, силикат минералдарының аз ерігіштігіне және кейбір организмдердің оларды тұтынуына байланысты табиғи сулардағы оның мөлшері аз (беткей суларында  $10-20 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$  дейін).

**Азот (N)** табиғи суларда әртүрлі бейорганикалық иондар (аммоний  $\text{NH}_4^+$ , нитрит  $\text{NO}_2^-$  және нитрат  $\text{NO}_3^-$ ) және органикалық қосылыстар (аминқышқылдарда және организмдердің ақуыздары, сондай-ақ олардың тіршілік әрекеті мен ыдырау өнімдерінде) түрінде болады. Олар суда еріген молекулалар сияқты суспензия және коллоидты заттар түрінде кездеседі. Күрделі органикалық формалардың минералды түрге айналуы биогенді элементтердің регенерациясы процесінде жүреді, оның нәтижесінде аммиак түзіледі.

Бактериялардың әсерімен тотығу жағдайында аммиак нитриттер мен нитраттарға дейін тотығады. Оттегінің жетіспеушілігімен процес кері бағытта жүреді. Су объектілеріндегі азот қосылыстарының циклі:  
өсімдіктер → жануарлар → ыдырау өнімдері →  $\text{NH}_4^+$  →  $\text{NO}_2^-$   
→  $\text{NO}_3^-$  → өсімдіктер.

## 2 Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын және мониторингтік көлдердің минерализациялануын зерттеу материалдары мен әдістері

### 2.1 Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын зерттеу материалдары мен әдістері

Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамы бұлт түзілетін атмосфера қабаты ластануының ажырамас сипаттамасы болып табылады. Жауын-шашын құрамындағы элементтерді анықтауда әртүрлі әдістер және стандарттар қолданылады. Бұл бөлімде бірнеше стандарттар бойынша анықтау әдістері келтірілді.

Атмосфералық жауын-шашын сынамасы ауылдық жердегі метеорологиялық станцияларда да, қалалық аймақтағы немесе өнеркәсіптік аудандарда орналасқан станцияларда да алынады [77]. Ауылдық жерлердегі жауын-шашын сынамасы алынатын станциялар желісі ДМУ атмосфера ластануының фондық бақылау станцияларына кіреді. Жауын-шашын сынамасын алуда сынамаға бөгде заттардың түсуін болдырмау керек. Атмосфераның фондық ластану мониторингі бақылау жүйесі минималды ластанған (базалық станция) аудандардағы метеостанцияларда және адамның шаруашылық әрекеті белсенді болатын аудандарда жүргізіледі. Яғни, адам шаруашылығының әрекеті белсенді болған сайын қоршаған ортаға түсетін экологиялық жүктеменің артуы немесе кемуі өзгеріске ұшырауы мүмкін. Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамын бағалауда ластаушы заттардың шектік мүмкіндік концентрациясы (ШМК) мәні қолданылады (6-кесте) [78].

Кесте 6 – Атмосфералық жауын-шашындағы ластаушы заттардың ШМК

№	Атауы	ШМК, мг/л	ШМК, мкг/л	Қауіптілік класы
1.	сульфаттар	500		4
2.	нитраттар	45,0		2
3.	хлоридтер	350		4
4.	гидрокарбонаттар	610		2
5.	аммоний ионы	5,0		3
6.	натрий	200		2
7.	калий	300		2
8.	магний	50		3
9.	кальций	200		2
10.	мыс		1000	3
11.	кадмий		1	2
12.	мышьяк		50	2
13.	қорғасын		30	2

6-кестеге сәйкес қауіптілік кластарының классификациясы келесідей келтірілген: 1 – аса қауіпті, 2 – жоғары қауіпті, 3 – қауіпті, 4 – шамалы қауіпті.

Талдау үшін жауын-шашынның алғашқы ең ластанған бөлігін алу қажет, сол себепті метеостанциялар тәуліктік жұмыс тәртібінде жұмыс жасауы маңызды. Сынаманы автоматты түрде алуда құрылғы қақпақты жауын-шашын жауып бастағанда ашып, ол тоқтаған соң жабады. Ол жауын-шашындағы рН және электрөткізгіштікті өлшейді. Сынаманы іріктеу ағаштардан, төбелерден, ғимараттардан, электр желілерінен, ауаның ластануының жергілікті көздері 100 м-ден аз емес қашықтықтағы ашық алаңда жүргізіледі. Сынаманы алу кезеңіне байланысты жиынтық және бір реттік сынама болуы мүмкін. Бір реттік сынама жекелеген кезеңдегі жауын-шашында немесе қарда алынады. Жауын-шашынды алу бірнеше минуттан бірнеше сағатқа, кей кездерде тәулік аралығында алынады. Егер жауын-шашын 1 сағаттан аз аралықта немесе өзгермеген бұлт жағдайында жиналатын болса, онда сынаманы бір ыдыста жинайды. 1 сағаттан астам аралықта жинаса жекелеген ыдыстарға алады. Жиынтық сынамаға белгілі бір уақыт аралығында (ай, апта, тәулік) жиналған жауын-шашын кіреді. Мұндай сынама анықталатын компоненттердің орташа мәнін сипаттайды.

ДМУ нұсқауына байланысты фондық бақылау станцияларында сынама алу 7 тәулікті құрайды [79]. Әрбір апталық кезең сейсенбі күні 08:00-де басталады [80].

Жауын-шашын сынамаларын сақтауға және тасымалдауға арналған тұнба жинау құрылғылары мен ыдыстары берік химиялық төзімді материалдан дайындалуы тиіс.

Сынамаларды іріктеуге арналған құрылғының қабылдау бетінің ауданы талдауды орындау үшін қажетті сынама көлемімен немесе өзге іріктеу кезеңінде түсетін жауын-шашынның орташа мөлшерімен анықталады. Жауын-шашын химиялық құрамына толық талдау алу үшін кемінде 250 см<sup>3</sup> су қажет, сондықтан сұйық жауын-шашынның айлық сынамаларын алу кезінде қабылдау бетінің диаметрі кемінде 15 см, жекелеген сынамаларды алуда – 25 см болуы керек. Жауын-шашынның орташа айлық сомасының ең аз мәні 5 мм болатын аудандарда айлық немесе апталық сынамаларды алу үшін шұңқырдың диаметрі кемінде 25 см болуы керек. Таза ыдыстар мен жауын-шашын сынамаларын тасымалдау және сақтау үшін арнайы жәшіктер қолданылады.

Айлық сынамаларды жіберу келесі айдың 5-ші күнінен кешіктірілмей, апталық және жеке сынамалар – әр бейсенбі сайын жүзеге асырылады. Бұл ретте жауын-шашынның химиялық құрамын (ТНХО) бақылау кестесіне толтырады.

### **Химиялық талдау жүргізу кезектілігі**

Сынамаларды зертханаға келіп түскеннен кейін 10 тәуліктен кешіктірмей талдайды. Келесі макрокомпоненттер: рН мәні, электр өткізгіштігі, қышқылдығы, сульфат, нитрат, хлорид, гидрокарбонат, аммоний, натрий, калий, кальций және магний иондары және микрокомпоненттер: фосфат, мырыш, қорғасын, кадмий, марганец және никель иондары анықталады.

7-кестеде атмосфералық жауын-шашын сынамаларын химиялық талдау әдістері келтірілді.



Кесте 7 – Атмосфералық сынамаларды химиялық талдау әдістері

Анықталатын элемент	Талдау әдісі	Сынама көлемі, см <sup>3</sup>
Аммонии ионы	Колориметрикалық	10
Үлесті электрөткізгіштік	Кондуктометрикалық	30
pH	Электрметрикалық	30
Гидрокарбонат ионы	Титриметрикалық	25
Сульфат ионы	Нефелометрикалық	25
Нитрат ионы	Колориметрикалық	10
Хлорид ионы	Титриметрикалық	50
Натрий, калий иондары	Жалынды фотометрикалық	10
Кальций, магний, цинк иондары	Жалынды атомдық-абсорбционды	10
Микроэлементтер	Жалынды атомдық-абсорбционды	400

Ескертпе - Сынаманың аз көлемінде (250 см<sup>3</sup>-тен аз) ең алдымен рН, меншікті электр өткізгіштігі, белсенді қышқылдығы, сульфат, нитрат иондарының массалық концентрациясы және т. б. анықталады.

### Метеостанциядағы рН пен электр өткізгіштігін анықтау

Жауын-шашын сынамаларының химиялық құрамын анықтауда жауын-шашын түскеннен кейін бірден сынама алу пунктінде тұрақсыз параметрлерді өлшеу ұсынылады, мысалы, рН – сутектік көрсеткіші, атмосфералық судың қышқылдығы (сілтілігі). Осыған байланысты станциялардағы жұмыс бағдарламасына ерекше нұсқау бойынша рН өлшеулерін және нақты электр өткізгіштігі қосылады. Аспаптық өлшеулер жүргізу мүмкіндігі болмаған жағдайда аралас индикатордың көмегімен жауын-шашын сынамаларының су реакциясын айқындау жолымен қышқылдылыққа (сілтілікке) сапалы баға алуға болады. Аралас индикатор зертханада метил қызыл (спирттегі 0,2 % ерітінді) және метилен көк (0,1 % ерітінді) 1:1 көлемдік қатынаста дайындалады.

Қышқыл ортада индикатордың түсі – қызыл-күлгін, сілтілі ортада – жасыл. 5,4-ке тең рН мәні кезінде индикатор түсінің сұр түске өзгеруі орын алады [81]. Индикаторды сақтау мерзімі 3-4 ай. Жауын-шашын сынамасының реакциясын анықтау үшін жиналған суды пробиркаға 5 см<sup>3</sup> белгіге дейін құйып, тамшылатқыштан индикатордың 2-3 тамшысын қосады, пробирканы тығынмен жабады және ішіндегісін жақсылап араластырады. Ерітіндіде байқалған түсті (қызыл күлгін, жасыл немесе сұр) ТНХО-1 немесе ТНХО-2 кестесіне жазады. Осыдан кейін пробиркадан алынған ерітіндіні кәрізге құйып, пробирканы және тығынды бірнеше рет тазартылған сумен шаяды да, кептіру шкафында (немесе ауада) кептіріп таза полиэтилен пакетте сақтайды.

### Сульфат ионын анықтау

Бұл әдіс атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі сульфат иондарының массалық концентрациясын 0,5-30,0 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында анықтауға арналады. Өлшеу дәлдігінің көрсеткіші бойынша атмосфералық жауын-шашын

үлгілеріндегі сульфат иондарының массалық концентрациясын 0,5-30,0 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында анықтау кезінде жалпы қателік 30 % аспайды.

#### **Нитрат ионын анықтау**

Бұл әдіс атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі нитрат иондарының массалық концентрациясын 0,05-1,50 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында анықтауға арналады. Метрологиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі нитрат иондарының массалық концентрациясын 0,05-1,50 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында анықтау кезінде жалпы қателік 10 % аспайды. Әдіс нитрат иондарын кадмиймен тотықсыздандыруға негізделген.

#### **Аммоний ионын анықтау**

Әдіс 0,05-5,0 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі аммоний иондарының массалық концентрациясын анықтауға арналады. Өлшеу дәлдігінің стандарттары бойынша атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі аммоний иондарының массалық концентрациясын анықтау кезінде 0,05-5,0 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында жалпы қателік 10 %-дан аспайды.

#### **Хлорид ионын анықтау**

Бұл әдіс 0,2-10,0 мг/дм<sup>3</sup> диапазондағы атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі хлорид иондарының массалық концентрациясын анықтауға арналады.

Метрологиялық зерттеу нәтижелері бойынша атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі хлорид ионының массалық концентрациясын 0,2-10,0 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында анықтау кезінде жалпы қателік 10 % аспайды.

#### **Гидрокарбонат ионын анықтау**

Бұл әдіс 0-50 мг/дм<sup>3</sup> аралығындағы атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі гидрокарбонат ионының массалық концентрациясын анықтауға арналады.

Метрологиялық зерттеу нәтижелері бойынша жауын-шашын үлгілеріндегі гидрокарбонат иондарының массалық концентрациясын 0-50 мг/дм<sup>3</sup> диапазонында анықтау кезінде жалпы қателік 10 % аспайды.

#### **Натрий мен калийді анықтау**

Бұл әдіс 0,05-5,0 мг/дм<sup>3</sup> аралығындағы жауын-шашын үлгілеріндегі натрий және калий иондарының массалық концентрациясын анықтауға арналады.

Метрологиялық зерттеу нәтижелері бойынша шөгінділердегі натрий және калий иондарының массалық концентрациясын 0,05-5,0 мг/дм<sup>3</sup> аралығында анықтау кезінде жалпы қателіктің ең үлкен мәні 8 %-дан аспайды.

#### **Кальций, магний және мырыш мөлшерін анықтау**

Бұл әдіс 0,05-5,0 мг/дм<sup>3</sup> диапазондағы атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі кальций, магний және мырыш иондарының массалық концентрациясын анықтауға арналады.

Метрологиялық зерттеу нәтижелері бойынша кальций, магний және мырыш иондарының массалық концентрациясын  $0,05-5,0 \text{ мг/дм}^3$  диапазонында анықтау кезінде жалпы қателік 8 % аспайды.

#### **Қорғасын, кадмий, марганец, никельді мыс, кобальт және темірді анықтау**

Бұл әдіс атмосфералық жауын-шашын үлгілеріндегі қорғасынның массалық концентрациясын  $5,0-100 \text{ мкг/дм}^3$  диапазонында, марганец, мыс және кадмийдің  $0,5-12,5 \text{ мкг/дм}^3$  диапазонында анықтауға арналады.

Метрологиялық зерттеу нәтижелері бойынша шөгінділердегі микроэлементтердің массалық концентрациясын  $0,5-100 \text{ мкг/дм}^3$  диапазонында анықтау кезінде ең үлкен жалпы қателік 10 % аспайды.

Зерттеліп отырылған жұмыста мәліметтер Алматы қаласының, Гидрометеорологиялық Мониторинг Орталығының (ГМО) химия-аналитикалық бөлімінен Балқаш, Алакөл, Сасықкөл, Қошқаркөл көл сулары құрамы бойынша 2002-2015 жж. аралығындағы мәліметтер алынды. Экологиялық мониторинг департаментінен (РМК Казгидромет) мониторингтік көлдердің және жауын-шашынның химиялық құрамы 2000-2021 жж. алынды.

## **2.2 Көл суларының химиялық құрамын зерттеу материалдары мен әдістері**

### **Жалпы қағидалар**

Көл суларының химиялық құрамындағы элементтерді анықтаудың әртүрлі әдісі және соған сәйкес стандарттары бар. Су сынамаларын дұрыс іріктеу талдаудың маңызды бөлігі және алынған нәтижелердің сенімділігінің міндетті шарты болып табылады. Сынамаларды дұрыс іріктеп алмау нәтижесінде пайда болған қателерді келешекте түзету мүмкін емес. Іріктемені қабылдау кезінде қарастыруға болатын көптеген жағдайлар бар.

Әдісті таңдауды және сынамаларды іріктеуді тәжірибелі білікті қызметкерлер жүргізуі тиіс. Бұл бөлімде жалпы нұсқаулар мен аса маңызды жалпы қағидаттар берілді. Су сынамаларын іріктеп алуда ұстанатын негізгі қағидаттар былайша берілді:

- 1) Талдауға алынған су сынамасы судың жағдайы мен орналасуын көрсетуі тиіс;
- 2) Сынамаларды іріктеу, сақтау, тасымалдау және өңдеу анықталуға жататын компоненттердің құрамын немесе судың қасиеттерін өзгертпейтіндей етіп жүзеге асырылады;
- 3) Іріктеме көлемі жеткілікті болуы және қолданылатын талдау техникасына сәйкес келуі тиіс.

### **Көлдерден су сынамаларын алудың негізгі нұсқаулары**

Тоқтау сулары су сапасы тұрғысынан әр түрлі жерлерде, тереңдікте өзгеріп отырады. Сондықтан, сынамаларды әр түрлі жерден және әр түрлі тереңдіктен алу керек. Көл суларынан сынамаларды алу кезінде су өсімдіктерінің тығыз өскіндері бар телімдерден аулақ болу керек.

### **Сынамаларды тасымалдау және сақтау**

Сынама алу мен талдау арасындағы уақытты қысқарту маңызды. Талдау зертханасының сынама алу орнына, сумен жабдықтау станцияларының зертханаларына, зауыттық зертханаларға жақын орналасуы неғұрлым қолайлы жағдай болып табылады. Сынамалар тез және мұқият тасымалдануы тиіс. Қажет болған жағдайда сынама іріктеме алынған күні зертханаға жеткізіледі. Тасымалдану үшін сынамалар жәшіктерге салынады. Әрбір сынама оқшауланған бөлікке салынады. Жылжыту үшін құлыпқа жабылатын қақпағы бар жәшіктер қолданылады. Сынамалар алынған бөтелке аузы мұқият нығайтылуы тиіс. Сынамаларды зертханаға тасымалдау компоненттердің көпшілігін анықтауға мүмкіндік береді. Талдауды қысқа мерзімде бастау керек. Талдау басталмас бұрын сынамалар тоңазытқышта сақталып жұмыс басталар алдында ғана алынады. Судың температурасы бөлме температурасына тең болғанда талдауға кірісу қажет.

**Табиғи сулардың сілтілігі** негізінен карбон қышқылы тұздарының құрамына байланысты. Су сынамасын алғаннан кейін 24 сағаттан кешіктірмей сілтілікті анықтаған жөн. Су тығынға толтырылған ыдыста сақталуы тиіс.

#### **Еріген оттегіні анықтау**

Еріген оттегінің массалық концентрациясын 1,0-ден 15,0 мг/дм<sup>3</sup> дейінгі диапазонда титриметрлік әдіспен анықтауға болады.

**Әдістің жұмыс істеу принципі.** Еріген оттегінің массалық концентрациясын анықтаудың титриметрлік әдісі оның сілтілі ортадағы марганец (II) гидроксидімен реакциясына негізделеді [82].

#### **Аммоний ионын анықтау**

Аммиак азотының массалық концентрациясын өлшеу калий тетраиодмеркуратының ерітіндісімен сілті ерітіндісіндегі аммиактың өзара әрекеттесуіне негізделеді. Нәтижесінде меркураммонийді аммиак азотының концентрациясына байланысты сарыдан қызыл-қоңыр түске бояйтын ерітінді түзіледі. Алынған қосылыстың сіңіру спектрі айқын максимумға ие болмайды, сондықтан оптикалық тығыздықты өлшеуде қолданылатын техниканың көрінісіне байланысты толқын ұзындығы 400-ден 440 нм-ге дейінгі диапазонда жүргізуге болады [83].

#### **Нитритті анықтау**

Табиғи және тазартылған сарқынды сулардың сынамаларындағы нитриттердің массалық концентрациясын фотометрлік әдіспен азот (азот нитриті деп аталатын) бойынша өлшеу 0,010-нан 0,250 мг/дм<sup>3</sup> дейінгі диапазонында анықталады. Азоттың массалық концентрациясы 0,250 мг/дм<sup>3</sup> асатын су сынамаларын талдау кезінде сынаманы тазартылған сумен тиісті сұйылтқаннан кейін өлшеу жүргізуге рұқсат етіледі [84].

#### **Нитратты анықтау (NO<sub>3</sub>)**

Бұл стандарт сульфосалицил қышқылын пайдалана отырып, судағы нитратты анықтаудың спектрометриялық әдісін белгілейді. Бұл әдіс ағынды және ауыз суды талдауға жарамды. Іріктеменің максималды көлемі 25 см<sup>3</sup> болатын азот концентрациясын анықтау диапазоны  $C_p=0,2$  мг/дм<sup>3</sup>. Бұл шектеу іріктеме көлемінің аздығымен ұлғаюы мүмкін. Жоғарғы шегін іріктеменің аз көлемін пайдалану арқылы немесе оны алдын ала сұйылту арқылы ұлғайтуға болады [85].

#### **Карбонаттар мен бикарбонаттарды анықтаудың титриметрлік әдістері**

Әдістердің мәні. Карбонаттар мен бикарбонаттар массалық карбонат пен бикарбонат иондары бойынша қышқылдық титрлеудің тізбектілігімен фенолфталеин, метил қызғылт сары көрсеткіштерімен, тиісінше рН 8,2 және 4,0 көзбен шолып анықталады.

Көзбен титрлеу әдісі. Әдіс карбонаттардың массалық концентрациясы 20 мг/дм<sup>3</sup>, бикарбонаттар 50 мг/дм<sup>3</sup> анықтау кезінде қолданылады. Анықтаудың төменгі шегі тиісінше 8,0 және 13,7 мг/дм<sup>3</sup> құрайды.

#### **Жабдық, реагенттер және ерітінділер**

- 1) Сыйымдылығы 250 см<sup>3</sup> конустық колбалар.
- 2) Сыйымдылығы 100 см<sup>3</sup> дивизионы жоқ пипеткалар.
- 3) Сыйымдылығы 25 см<sup>3</sup> бюретка.
- 4) Тұз қышқылы, стандартты титр.
- 5) Фенолфталеин, индикатор;
- 6) Қызғылт сары метил, индикатор [86].

#### **Жалпы кермектікті анықтаудың комплексометриялық әдісі**

Әдістің мәні. Жалпы кермектік зерттелген ерітіндіде кальций мен магний тұздарының болуына байланысты. Кальций мен магнийді қара хромоген көрсеткіші бар Б-трилонымен титрлейді. Темір мен алюминийдің әсері – триэтанолламин, никель, мыс және мырыш – натрий сульфидін, марганец – тұз қышқылы гидроксилламинін қосу арқылы, карбонаттар мен бикарбонаттар – тұз қышқылының ерітіндісін қайнату, аммоний тұздары – сілті ерітіндісін қайнату арқылы жойылады.

Жалпы кермектік  $X$ , ммоль/дм<sup>3</sup>, мына формула бойынша есептеледі және (4) формулада көрсетілді:

$$X = \frac{V_1 \cdot 0,05 \cdot 1000}{V}, \quad (4)$$

мұндағы:  $V_1$  – титрлеуде тұтынылатын Б-трилонерітіндісінің көлемі, см<sup>3</sup>;  
0,05 – Б-трилон ерітіндісіндегі эквивалентті моляр концентрациясы, моль/дм<sup>3</sup>;  
 $V$  – талдауға қабылданатын сынап ерітіндісінің көлемі, см<sup>3</sup>.

Сульфаттардың массалық концентрациясы  $X$ , мг/дм<sup>3</sup> және (5) формула бойынша есептеледі:

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 0,4115 \cdot 1000 \cdot 1000}{V}, \quad (5)$$

мұндағы:  $m_1$  – тұнбасы бар тигель массасы, г;  $m_2$  – тигельдің массасы, г;  
0,4115 – барий сульфаты массасын сульфат массасына айналдыру коэффициенті;  
 $V$  – талдауға қабылданатын сынап ерітіндісінің көлемі, см<sup>3</sup>.

#### **Кальцийді, натрийді және калийді потенциометрлік анықтауға арналған ерітінділер**

Эм-Ка-01 сортты кальцийдің селективті электродын пайдалана отырып кальцийді анықтауға болады. Әдісті қолдану кальцийдің массалық

концентрациясына қатысты 3:1, 200:1, 300:1, 100:1 магнийдің, натрийдің, калийдің, аммиак азотының зерттелетін ерітіндісінде болуымен шектеледі.

Сынап ерітіндісіндегі магнийдің массалық концентрациясы 50 мг/дм<sup>3</sup> артық болғанда ерітіндіні сұйылту керек.

ЭСЛ-51Г-04 маркалы натрийдің селективті электродын пайдалана отырып натрийді анықтау кезінде әдісті қолдану натрийдің массалық концентрациясына қатысты калийдің, магнийдің, кальцийдің зерттелетін ерітіндісінде тиісінше 3:1, 100:1, 200:1 аспаумен шектеледі.

Эм-К-01 сортты калий селективті электродын пайдалана отырып калийді анықтау аммоний азотының, натрийдің, магнийдің, кальцийдің массалық концентрациясының 7:1, 600:1, 600:1, 1000:1-ден аспайтын арақатынасында болуымен шектеледі.

### **Сульфаттарды анықтауға арналған гравиметриялық әдіс**

Сульфаттар барий хлоридінің ерітіндісімен ыстық тұз қышқылының ерітіндісінен тұнбаланады. Барий сульфатының тұнбасы сүзу арқылы бөлініп, кальцийленіп өлшенеді.

Әдіс сульфаттардың массалық концентрациясы 80 мг/дм<sup>3</sup> және одан да көп болғанда қолданылады. Анықтаудың төменгі шегі 9,0 мг/дм<sup>3</sup>.

### **Хлоридтерді анықтаудың аргентометрлік әдісі**

Хлоридтерді индикатор ретінде калий хром қышқылы болған жағдайда күміс селитрасының ерітіндісімен титрлейді. Әдіс 50 мг/дм<sup>3</sup> және одан да көп хлоридтердің массалық концентрациясын анықтауда қолданылады. Анықтаудың төменгі шегі 2,3 мг/дм<sup>3</sup> құрайды.

Хлоридтердің массалық концентрациясы  $X$ , мг/дм<sup>3</sup> және (6) формула бойынша есептеледі:

$$X = \frac{V_1 \cdot K \cdot 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1000}{V}, \quad (6)$$

мұндағы:  $V_1$  – титрлеуге жұмсалған күміс нитраты ерітіндісінің көлемі, см<sup>3</sup>;  $K$  – күміс селитра ерітіндісіне түзету коэффициенті; 0,0035 - 0,1 моль/дм<sup>3</sup> эквивалентті моляр концентрациясы бар ерітіндінің 1 см<sup>3</sup> - дегі күміс селитрасының массасына баламалы хлоридтер массасы, г;  $V$  - талдауға қабылданатын сынап ерітіндісінің көлемі, см<sup>3</sup>.

### **Мыс пен мырыштың судағы концентрациясын анықтау**

Мыс пен мырыш жеткілікті түрде кең тараған элементтер қатарына жатады және көптеген минералдардың құрамына кіреді. Бұлардың ең көп тарағаны – халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ , халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$ , ковеллин  $\text{CuS}$ , малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ , галмей (смитсонит)  $\text{ZnCO}_3$ , сфалерит  $\text{ZnS}$ , цинкит  $\text{ZnO}$ .

Жер үсті суларындағы мыс пен мырыштың негізгі табиғи көзі тау жыныстары мен минералдардың еруімен түседі.

Су айдындарының мыс және мырыш қосылыстарымен антропогендік ластануы, олардың көптеген салалардың, ең алдымен тау-кен (кен өңдеу), металлургия, химия кәсіпорындарының сарқынды суларымен шығарылуына байланысты. Мыстың едәуір мөлшері ауыл шаруашылығы жерлерінен, әсіресе дамыған бау-бақша және жүзім шаруашылығы аудандарынан келуі мүмкін.

**Өлшеу әдісі.** Мыстың немесе мырыштың массалық концентрациясы  $80 \text{ мг/дм}^3$  асатын су сынамаларын талдау кезінде өлшеулер сынаманы тазартылған сумен тиісті сұйылтқаннан кейін жүргізілуі мүмкін.

Фотометрлік әдіспен мыстың массалық концентрациясын өлшеу қорғасын диэтилдитиокарбаматтың сары түсті мыс диэтилдитиокарбамат тұзу үшін су құрамындағы мыс иондарымен өзара әрекеттесуіне және соңғысын хлороформмен судан алуына негізделеді. Түзілген қосылыстың сіңіру спектріндегі ең жоғары оптикалық тығыздық  $436 \text{ нм}$  деңгейінде байқалады.

Фотометрлік әдіспен мырыштың массалық концентрациясын өлшеу көміртегі тетрахлоридімен судан алынған қызыл түсті мырыш дитизонатын қалыптастыру үшін мыс бөлінгеннен кейін сол су сынамасындағы мырыш иондарының дитизонмен өзара әрекеттесуіне негізделеді. Түзілген қосылыстың сіңіру спектріндегі ең жоғары оптикалық тығыздық  $535 \text{ нм}$  деңгейінде байқалады [87].

### **Көл суларындағы қорғасын және кадмийды анықтау**

Атомдық сіңіру спектроскопиясы (АСС) — белгілі бір толқын ұзындығымен (резонанстық сіңіру) жарықты сіңіру үшін атомдардың қасиеттеріне негізделген сандық талдау әдісі. Атомдардың сіңіргіш қабатын алу тәсіліне қарай атомдау тәсілдерінің 4 негізгі түрі бар:

жалын атомдануы – булану және атомдану жалын кезінде (пропан/ауа, ацетилен/ауа, ацетилен/азот оксиді) пайда болады.  $0,01-100 \text{ мг/л}$  ерітінділердегі элементтердің анықталатын концентрациясы;

электротермиялық атомдану (ЭТА) – үлгінің булануы мен атомдануы графит түтігінде (графит пешінде) пайда болады. Электр тоғымен  $1500-3000 \text{ }^\circ\text{C}$  температураға дейін қыздырылады.

гидрид технологиясы – электр тоғымен қыздырылған кварц жасушасында немесе графит пешінде арнайы реакторда түзілген газ тәрізді гидридтердің ыдырауы орын алады. Бұл техниканы термиялық тұрақсыз газ тәрізді гидридтерді (As, Sb, Se, Sn, Te, Pb) түзетін элементтер үшін қолдануға болады. Элементтердің бақыланатын концентрациясы ерітінділерде  $0,01-100 \text{ мг/л}$  құрайды;

суық бу әдісі – сынаптың қалыпты жағдайда еркін атомдар түрінде газ фазасында өмір сүру қасиетіне негізделеді. Ерітінділердегі анықталатын сынап концентрациясы  $0,01-100 \text{ мг/л}$ . Атомдық сіңіру спектроскопиясы әдісімен 60-қа жуық элементті (негізінен металдар мен бірқатар өтпелі элементтер) анықтауға болады [88].



### 3. Мониторингтік көлдердің табиғи-климаттық сипаттамасы

#### 3.1 Ауа температурасының таралу ерекшеліктері

Ауа температурасы – атмосфера күйінің термодинамикалық параметрлерінің бірі. Органикалық және бейорганикалық ортада болып жатқан барлық құбылыстар мен процестер қоршаған ортаның термикалық жағдайына байланысты. Метеорологиялық жағдайлар жер бетіне жақын қабаттағы ауада ластаушы заттардың жиналуына және таралуына айтарлықтай әсер етеді. Оларға – желдің жылдамдығы мен бағыты, ауа температурасы, атмосфералық ылғалдылық көрсеткіштерінің жер бетіне жақын қабатта және биіктік бойынша таралуын жатқызады.

Күн энергиясы жер бетімен жұтылатындықтан, жерге жақын ауа тропосферадан жоғары қабаттардағы ауаға қарағанда жылы болады. Жер бетіндегі жылы және жеңіл ауа көтеріледі, ал тропосфераның жоғарғы қабатындағы салқын және ауыр ауа төмен түседі. Бұл конвекция деп аталып ластаушы заттарды жерден үлкен биіктіктерге тасымалдайды.

Жылы ауаның көтерілуі көбінесе ластаушы заттардың жер бетінен (жоғарғы) таралуына көмектеседі, бірақ температураның инверсиясы кезінде жылы ауа көтеріле алмайды, ластаушы заттарды төменгі қабатта ұстайды.

Көптеген реакциялардың жылдамдығы температура жоғарылаған сайын артады. Вант-Гофф заңына сәйкес температураның әрбір 10 °С жоғарылауымен көптеген реакциялардың жылдамдығы 2-4 есе артады.

3-бөлімді “Көлдердің табиғи-климаттық сипаттамасы” дайындау үшін “Қазгидромет” РМК мұрағатының мәліметтері пайдаланылды:

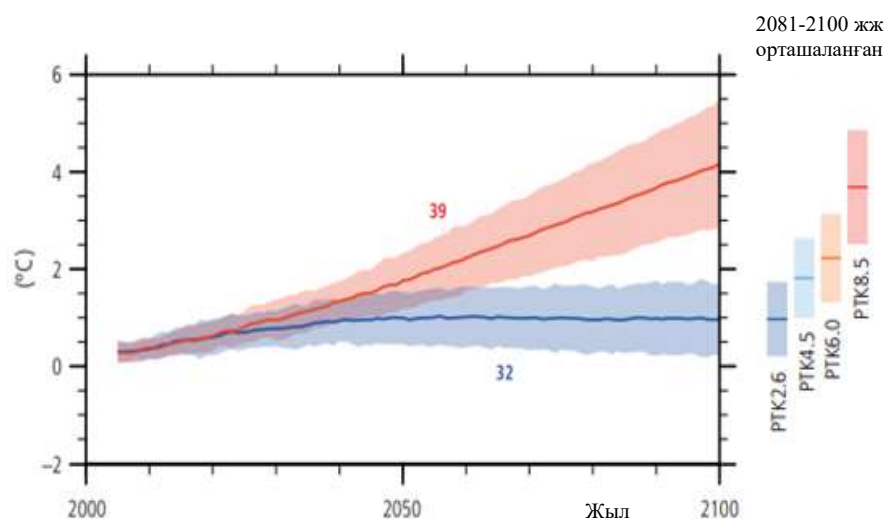
Орташа айлық ауа температурасы 1941-2020 жж. аралығында пайдаланылды, атап айтқанда Балқаш-Алакөл бассейні үшін 22 метеорологиялық станциядан (бұдан әрі – МС), Ертіс бассейні үшін – 18 МС, Есіл бассейні – 14 МС, Нұра-Сарысу бассейні – 7 МС, Жайық-Каспий бассейні – 22 МС, Шу-Талас бассейні – 9 МС.

**Зерттеу әдісі.** Бұл бөлімді дайындау үшін 1941–2020 жылдарға арналған жоғарыдағы деректер пайдаланылды. «Норма» деп 1961-1990 жылдардағы орташа жылдық ауа температурасы түсініледі. ДМҰ нұсқауы бойынша 1961-1990 жж. кезеңі климаттың өзгеруін ұзақ мерзімді бағалаудың стандартты анықтамалық кезеңі болып табылады [89].

Ауа температурасы аномалиясы (ауытқуы) бақыланған мәннің нормадан ауытқуы ретінде есептеледі [90].

Қазақстандағы бақылау көлдері орналасқан 6 су бассейні үшін ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын қатарындағы сызықтық тенденция және детерминация коэффициенттері есептелді. Трендтік маңыздылық Фишердің F-тесті арқылы жүргізілді. Фишер критерийі бойынша тренд қатардың ұзақтығы 70 жыл болғанда  $\geq 3,98$ , 40 жыл  $\geq 4,08$  мәндерінде маңызды болып саналады.

Ауа температурасы негізінен кеңістікте де, уақытта да өзгертін кеңістіктік-уақыттық шама. Климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық топтың (IPCC) перспективалық бағалауларына сәйкес, барлық қарастырылған шығарындылар сценарийлері бойынша жер бетіндегі ауа температурасы 21 ғасырда жоғарылайды. Жылу толқынның жиірек және ұзағырақ болуы, ал жауын-шашынның көптеген аймақтарда қарқынды және жиі болуы ықтималдығы жоғары. Мұхиттардың жылынуы мен қышқылдануы және жаһандық орташа теңіз деңгейінің көтерілу процестері жалғасады деп болжануда. 1986-2005 жылдармен салыстырғанда 21 ғасырдың аяғында (2081-2100 жж.) жер бетінің орташа жаһандық температурасының өсуі бағаланады. 1-суретке сәйкес РКТ 2.6 (репрезентативті концентрация траекториясы) сценарийі бойынша 0.3-1.7 °С, РКТ 4.5 сценарийі бойынша 1.1-2.6 °С, РКТ 6.0 сценарийі бойынша 1.4-3.1 °С және РКТ 8.5 сценарийі бойынша 2.6-4.8 °С болады [91].



Сурет 1 - көп модельді болжамдар негізінде анықталған 2006 жылдан 2100 жылға дейін жер бетіндегі орташа ауа температурасының өзгеруі

Су ресурстары қоғам, экожүйелер, ауыл шаруашылығы, өндіріс және энергетика жүйелері үшін де маңызды. Климаттың өзгеруінің үнемі өсіп келе жатқан зардаптарын ескере отырып, су объектілерінің гидрологиялық және гидрохимиялық режиміне температураның әсерін бағалау маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Температура судағы химиялық реакцияларға әсер ететіндіктен де маңызды. Химиялық реакциялардың жылдамдығы әдетте жоғары температурада артады.

1941 жылдан 2020 жылға дейінгі кезеңде ауа температурасының кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін бағалау (2-суретке сәйкес) Қазақстандағы мониторингтік көлдер орналасқан 6 су бассейні бойынша жүргізілді, атап айтқанда:

1. Балқаш, Сасықкөл, Алакөл, Қошқаркөл көлдері – Балқаш-Алакөл алабы;
2. Шалқар (БҚО), Шалқар (Ақтөбе облысы) көлдері – Жайық-Каспий бассейні;

3. Марқакөл көлі – Ертіс алабы;
4. Бурабай, Кіші Шабакты, Үлкен Шабакты көлдері– Есіл алабы;
5. Қоқай көлі – Нұра-Сарысу алабы;
6. Билікөл көлі – Шу-Талас алабы.



Сурет 2 – Қазақстан Республикасының су шаруашылық бассейндері (сшб) бойынша зерттелетін көлдердің орналасу схемасы

8-кестеде 1976 жылдан 2020 жылға дейінгі кезеңдегі ауа температурасының өзгеруін бағалау берілген: ауа температурасы аномалиясының орташа өзгеру жылдамдығын сипаттайтын сызықтық тренд коэффициенті және трендтің жалпы дисперсияға қосқан үлесін көрсететін детерминация коэффициенті.

1941-2020 жылдар аралығындағы Қазақстанның су бассейндері аумағындағы орташа жылдық ауа температурасының жоғарылауы  $0,21\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жыл (Нұра-Сарысу бассейні) мен  $0,42\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылға дейін (Жайық-Каспий бассейні) бақыланды. Тиісінше, Балқаш-Алакөл, Жайық-Каспий бассейндерінде ауа температурасының өсуі жылдамырақ, Ертіс және Нұра-Сарысу бассейндерінде баяу қарқынмен жүріп жатыр. Орташа жылдық температуралардың тенденциялары 95 % сенімділік интервалы үшін статистикалық маңызды, ал орташа жылдық температуралардың жалпы ауытқуына тренд үлесі 9-28 % құрайды (8-кесте, 3-сурет).

Кесте 8 – 1976-2020 жылдар кезеңіндегі су бассейндерінің аумағы бойынша орташа алынған жер бетіндегі ауа температурасы ауытқуларының сызықтық тенденциясының сипаттамасы

Бассейн	Жыл		Қыс		Көктем		Жаз		Күз	
	a*	**R <sup>2</sup>	A	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>
Балқаш-Алакөл	0,26	<b>21</b>	0,12	1	0,64	<b>31</b>	0,18	<b>16</b>	0,11	2
Жайық-Каспий	0,42	<b>15</b>	0,48	<b>6</b>	0,59	<b>21</b>	0,45	<b>22</b>	0,41	<b>13</b>
Ертіс	0,22	<b>9</b>	0,01	0	0,66	<b>26</b>	0,08	2	0,16	2
Есіл	0,28	<b>15</b>	0,16	1	0,62	<b>20</b>	0,02	0	0,34	<b>7</b>
Нұра-Сарысу	0,21	<b>10</b>	0,09	0	0,60	<b>20</b>	0,03	0	0,11	1
Шу-Талас	0,29	<b>28</b>	0,32	4	0,61	<b>33</b>	0,16	<b>14</b>	0,12	2

Ескертпелер

1 \* a – сызықтық тренд коэффициенті, °C/10 жыл;

2 \*\* R<sup>2</sup> – детерминация коэффициенті, %;

3 \*\*\* Статистикалық маңызды үрдістер қою шрифтімен белгіленген.

Қыста ауа температурасының ең жоғары көтерілу қарқыны Шу-Талас және Жайық-Каспий бассейндерінде – 0,32 °C/10 жылдан 0,48 °C/10 жылға дейін байқалды. Ауа температурасының өзгеруінің теріс тенденциясы (үрдісі) бассейндер аумақтарының бірде-бірінде байқалмады. Жайық-Каспий бассейнін қоспағанда, қысқы ауа температурасының өзгеруінің барлық алынған тенденциялары статистикалық маңызды емес (8-кесте, 4-сурет).

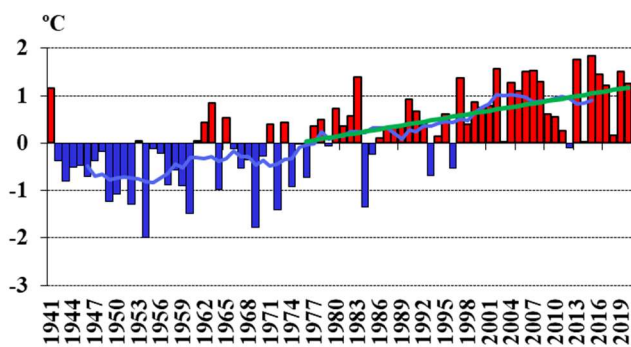
Көктемде, Қазақстанның барлық су қоймаларының аумағында 0,60 °C/10 жылдан 0,66 °C/10 жылға дейін ең қарқынды жылыну байқалады. Барлық көктемгі тенденциялар статистикалық тұрғыдан маңызды. Трендтің жалпы дисперсияға үлесі 20-33 % құрайды (8-кесте, 5-сурет).

Жазда Шу-Талас, Балқаш-Алакөл, Жайық-Каспий бассейндерінде 0,16 °C/10 жылдан 0,45 °C/10-ға дейін статистикалық маңызды оң үрдістер байқалды (8-кесте, 6-сурет).

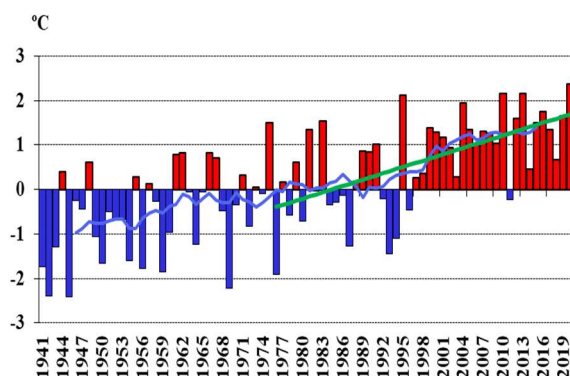
Күзде, ауа температурасының оң динамикасы барлық су қоймаларында байқалып, статистикалық маңызды өсу қарқыны 0,11 °C/10 жылдан 0,41 °C/10 жылға дейін Есіл, Жайық-Каспий бассейндерінде анықталды (8-кесте, 7-сурет).

ЖЫЛ

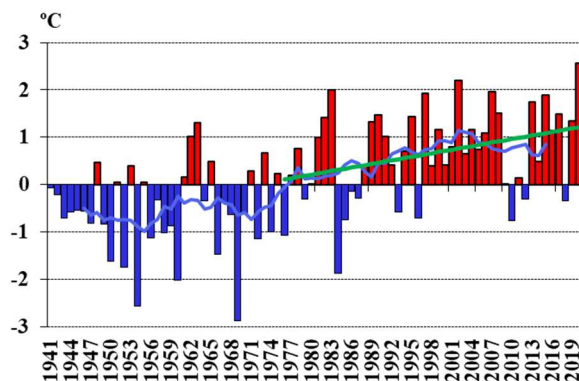
Балқаш-Алакөл бассейні



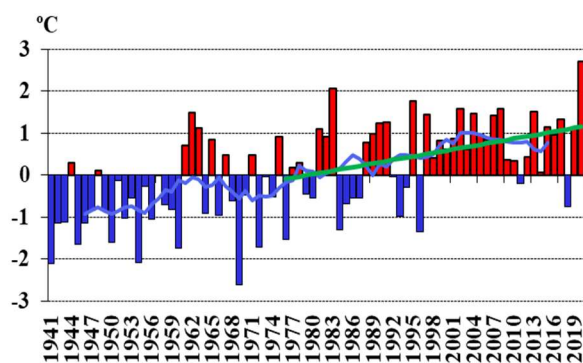
Жайық-Каспий бассейні



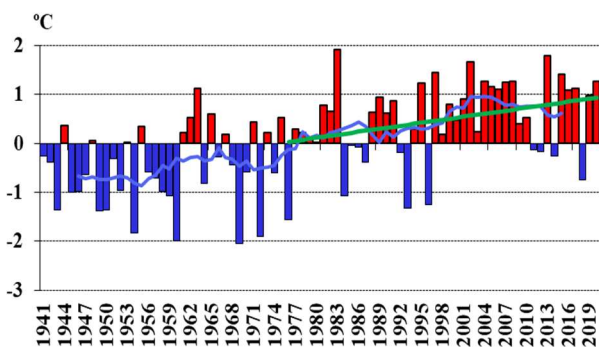
Ертіс бассейні



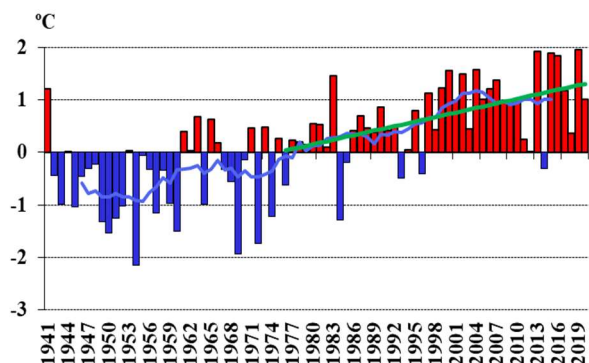
Есіл бассейні



Нұра- Сарысу бассейні

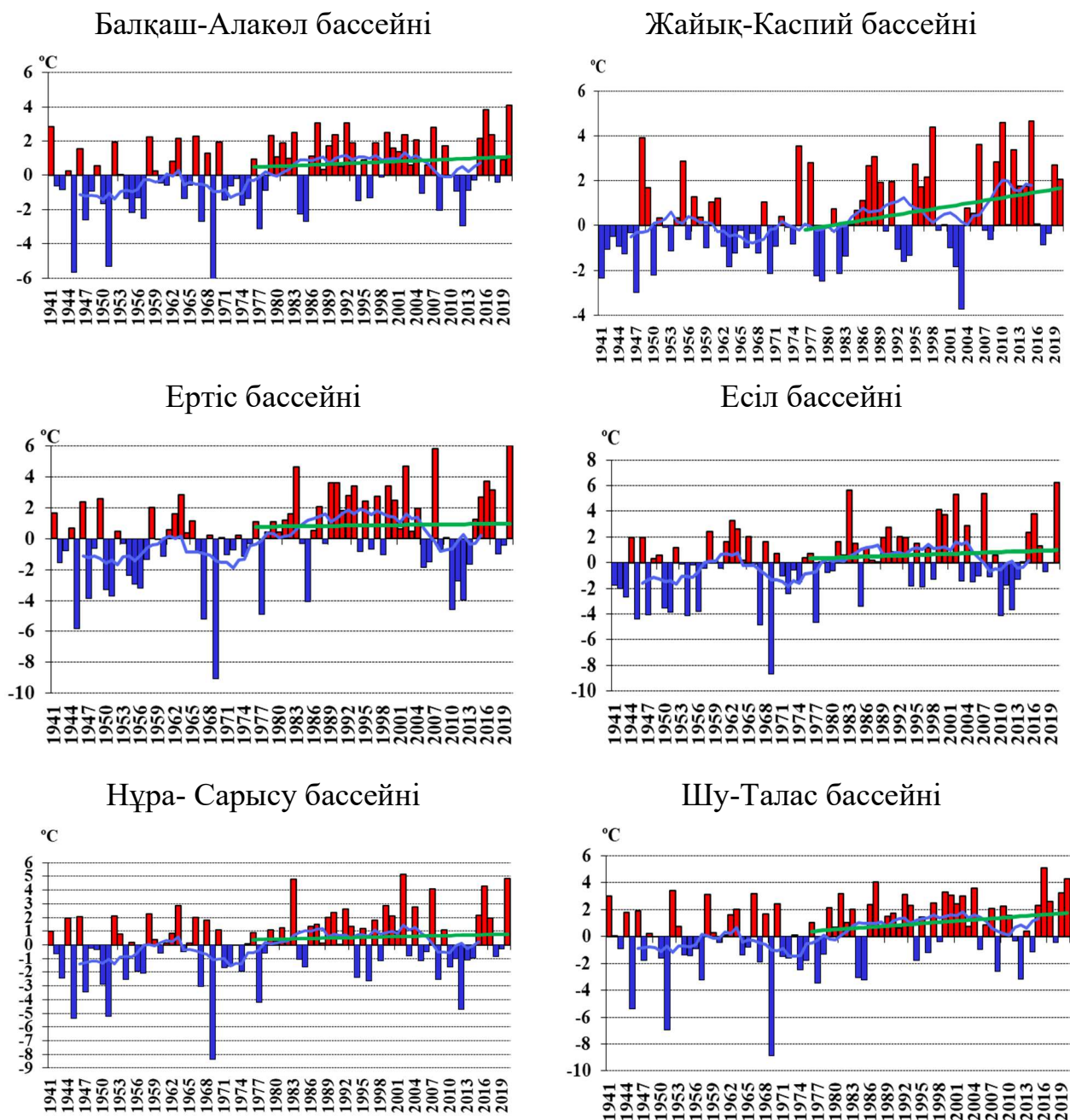


Шу-Талас бассейні



Сурет 3 – 1941–2020 жж. аралығында 6 су бассейні аумағы бойынша орташаланған орташа жылдық ауа температурасының (°C) аномалияларының уақыттық қатарлары. Аномалиялар 1961–1990 жылғы базалық кезеңге қатысты есептелді. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тренд жасыл түспен белгіленді. Тегістелген қисық сызық 11 жылдық бойынша жылжымалы түрде орташаланып алынды

## Қыс

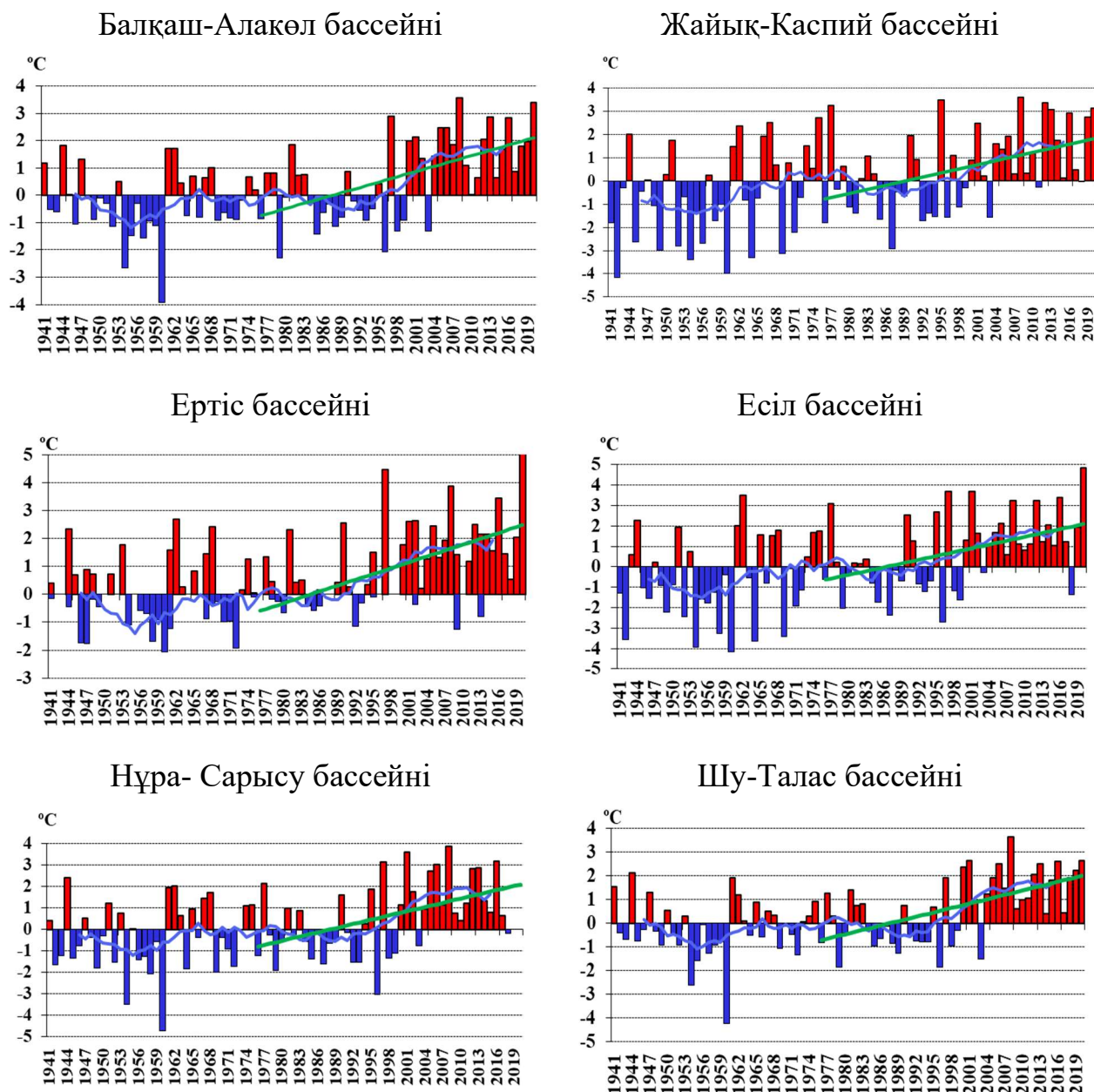


Сурет 4 – 1941–2020 жж. аралығында 6 су бассейні аумағы бойынша орташаланған қысқы ауа температурасының (°C) аномалияларының уақыттық қатарлары. Аномалиялар 1961–1990 жылғы базалық кезеңге қатысты есептелді.

1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тренд жасыл түспен белгіленді.

*Тегістелген қисық сызық 11 жылдық бойынша жылжымалы түрде орташаланып алынды*

## Көктем

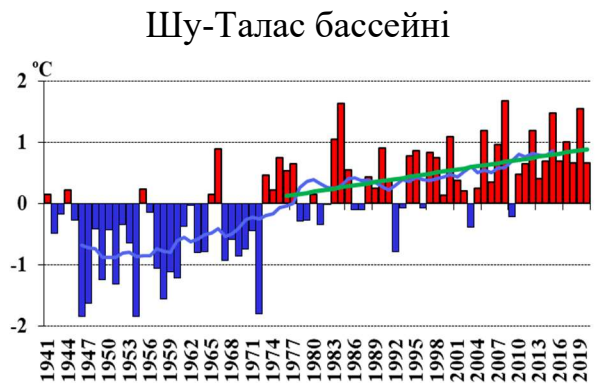
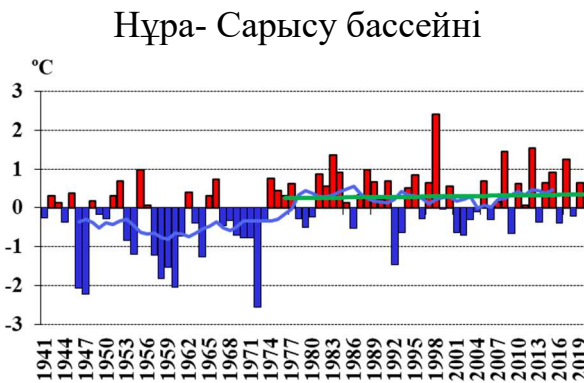
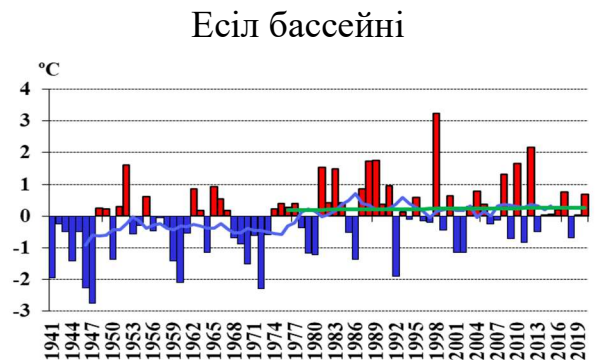
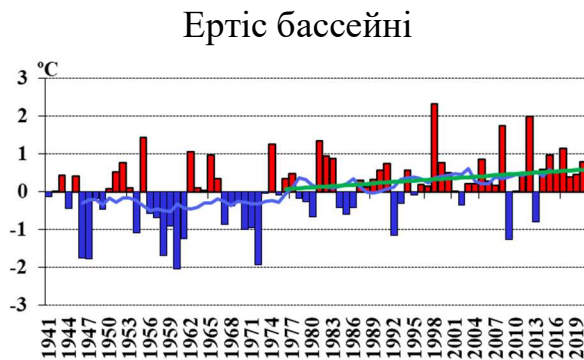
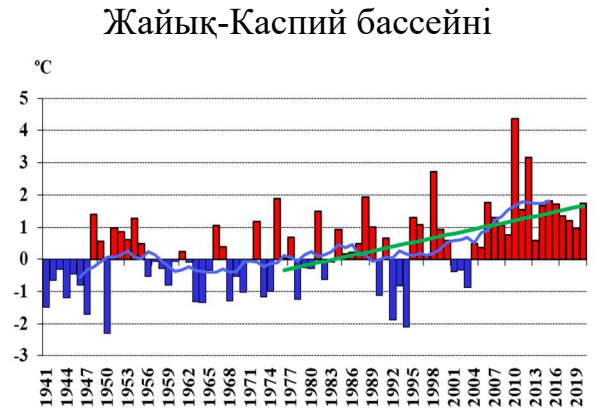
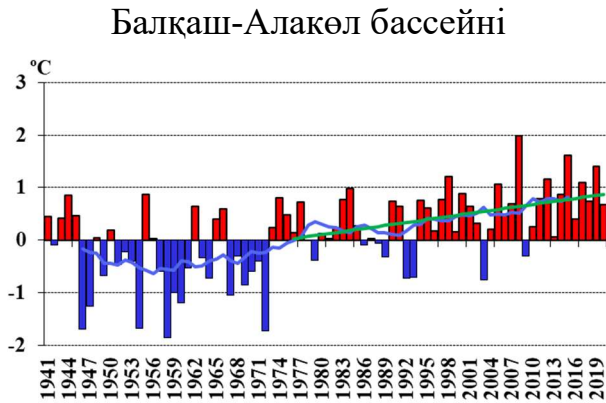


Сурет 5 – 1941–2020 жж. аралығында 6 су бассейні аумағы бойынша орташаланған көктемгі ауа температурасының (°C) аномалияларының уақыттық қатарлары. Аномалиялар 1961–1990 жылғы базалық кезеңге қатысты есептелді.

1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тренд жасыл түспен белгіленді.

*Тегістелген қисық сызық 11 жылдық бойынша жылжымалы түрде орташаланып алынды*

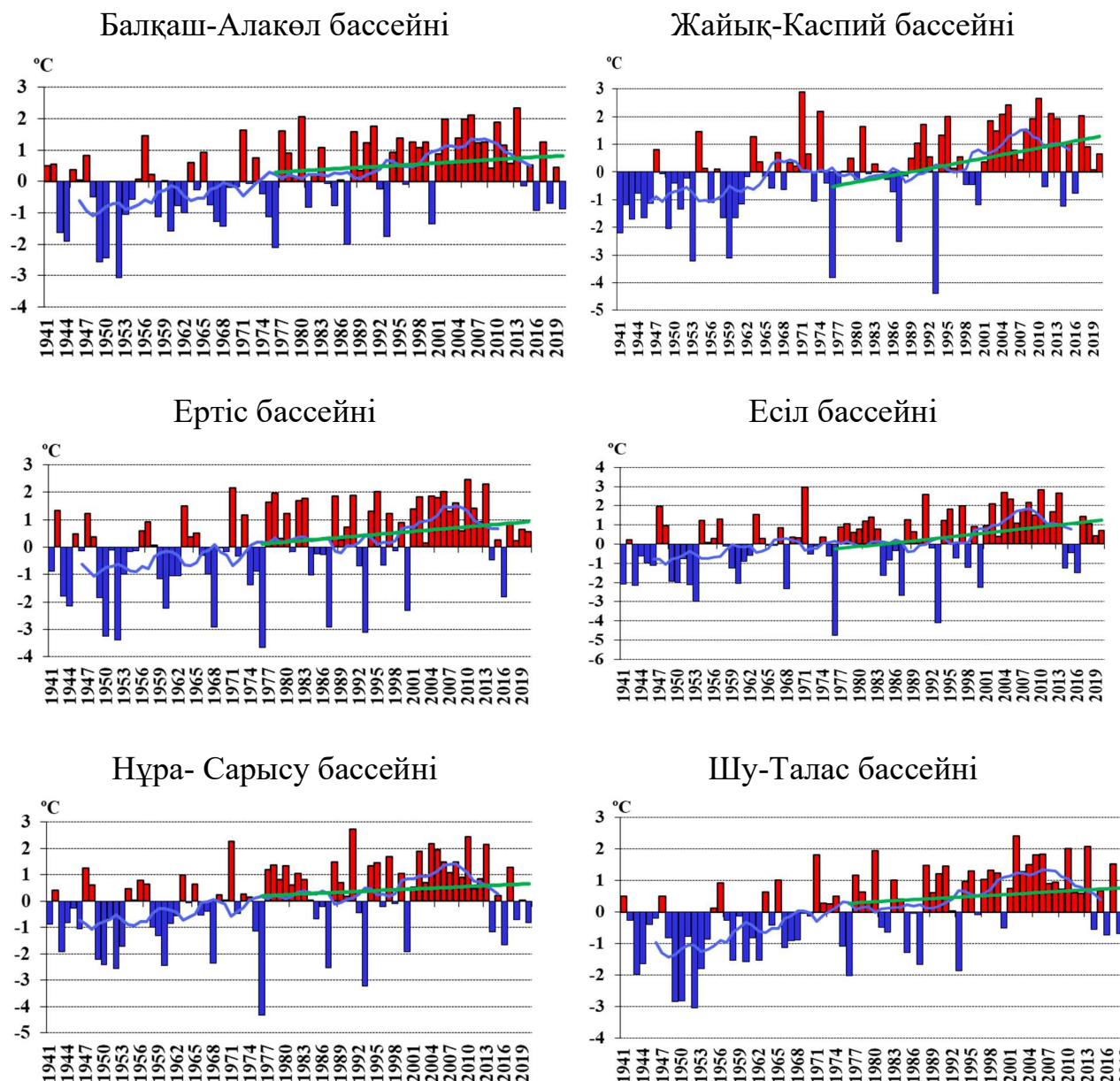
## Жаз



Сурет 6 – 1941–2020 жж. аралығында 6 су бассейні аумағы бойынша орташаланған жазғы ауа температурасының (°C) аномалияларының уақыттық қатарлары. Аномалиялар 1961–1990 жылғы базалық кезеңге қатысты есептелді. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тренд жасыл түспен белгіленді. *Тегістелген қисық сызық 11 жылдық бойынша жылжымалы түрде орташаланып алынды*



## Күз



Сурет 7 – 1941–2020 жж. аралығында 6 су бассейні аумағы бойынша орташаланған күзгі ауа температурасының (°C) аномалияларының уақыттық қатарлары. Аномалиялар 1961–1990 жылғы базалық кезеңге қатысты есептелді. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тренд жасыл түспен белгіленді.  
*Тегістелген қисық сызық 11 жылдық бойынша жылжымалы түрде орташаланып алынды*

Алынған нәтижелер соңғы онжылдықта қарастырылып отырған аумақтардағы ауа температурасы ауытқуларының өзгермелілігін көрсетеді. Жылдың барлық маусымында қыс мезгілінен басқа ауа температурасының көтерілу үрдісі байқалады. Климаттың өзгермелі жағдайында ауа температурасының жоғарылауы су объектілеріндегі температураның жоғарылауына әкеледі. Өз кезегінде су температурасының жоғарылауы су

сапасының нашарлауына әкеледі. Судың ластануы судағы оттегі мөлшерінің төмендеуімен, оның химиялық және газдық құрамының өзгеруімен қатар жүреді.

### **3.2 Атмосфералық жауын-шашынның таралу ерекшеліктері**

Жауын-шашын жер бетіне жаңбыр, қар, бұршақ, шық және қылау түрінде түседі. Олар ауадағы конденсацияланған су буын білдіреді. Жауын-шашын жер үсті және жер асты суларының пайда болуының негізгі факторы болып табылады. 1993 жылдың 22 наурызынан бастап Біріккен ұлттар ұйымы (БҰҰ) жыл сайын тұщы судың маңыздылығын көрсету үшін Дүниежүзілік су күнін атап өтеді. Климаттың өзгеруінің су ресурстарына әсерін зерттеу 1980 жылдардың басында басталды. 1985 жылы Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым (ДМҰ) су ресурстарына климат өзгеруінің әсеріне қатысты шолу жариялады. Осыдан кейін су ресурстарына климаттың өзгеруінің әсерін зерттеу және бағалау әдістері ұсынылды [92].

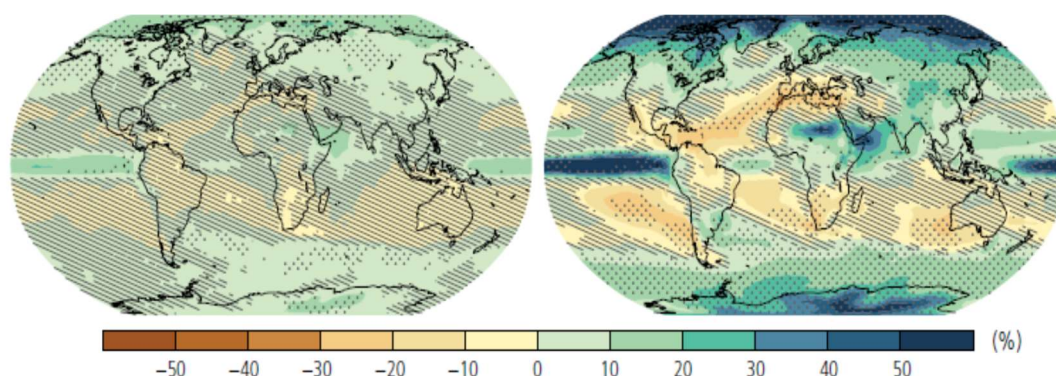
Зерттеулерді жеделдету үшін ДМҰ және БҰҰ қоршаған ортаны қорғау бағдарламасы (ЮНЕП) 1988 жылы Климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық топты (IPCC) құрды. IPCC - климаттың өзгеруін бағалауға мамандандырылған негізгі ғылыми ұйым [93].

Қазақстанның климаттық және төселме беткей ерекшеліктеріне байланысты территория аумағында жауын-шашынның әркелкі таралуы байқалады. Таулы аймақтарда, яғни территорияның оңтүстік-шығысында және солтүстікте жауын-шашын жеткілікті түрде түседі. Шөл және шөлейт зонасында жауын-шашын аз түседі.

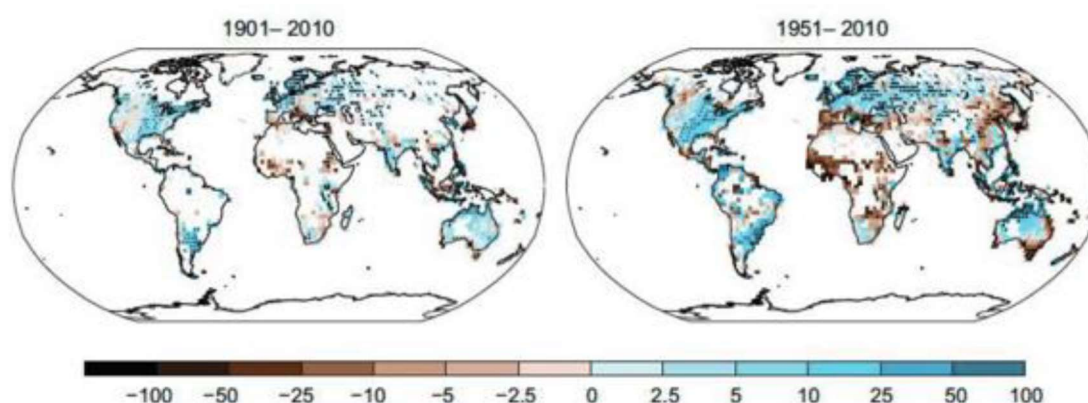
Көптеген аймақтарда жауын-шашын мөлшерінің өзгеруі немесе қар мен мұздың еруі гидрологиялық жүйелерде өзгерістер тудырып, су ресурстарына саны мен сапасы жағынан да әсер ететіні белгілі. 1970 жылдардан бастап жер бетіндегі және тропосферадағы үлесті ылғалдылық жаһандық деңгейде өсті.

Болжам бойынша, жаһандық жылыну барысында жауын-шашын мөлшерінің өзгеруі біркелкі болмайды. Сонымен, РКТ8.5 сценарийі бойынша, 21-ші ғасырдың аяғында көптеген ендіктер мен субтропиктегі құрғақ аймақтарда жауын-шашынның орташа мөлшері азаюы мүмкін, ал көптеген ендіктердегі ылғалды аймақтарда орта ендіктерде осы ғасырдың аяғында өсуі мүмкін (8-сурет) [94].

Орта есеппен солтүстік жарты шардағы орта ендіктерде жауын-шашын мөлшері орташа сенімділік деңгейімен 1901 жылдан 1951 жылға дейін өсті. 1951 жылдан бастап жоғары сенімділік деңгейімен жауын-шашын мөлшерінің өсуі байқалды. Басқа ендіктер үшін орта есеппен ұзақ мерзімді оң және теріс тенденциялар сенімділіктің төмен деңгейімен сипатталады (9-сурет) [95].



Сурет 8 – 2081–2100 жылдарға арналған көп моделді ансамблдің РКТ 2.6 (сол жақта) және РКТ 8.5 (оң жақта) сценарийлері бойынша орташа жылдық жауын-шашынның өзгеруінің болашақ бағалаулары, % (IPCC, 2014)



Сурет 9 – 1907–2010 және 1951–2010 жылдардағы құрлықтағы жауын-шашынның жылдық мөлшері, мм/жыл (IPCC, 2013)

Зерттеулер [96, 97] судың сапасына жауын-шашын көбейетін жерлерде әсер етуі мүмкін екенін көрсетті. Жауын-шашынның көбеюі су инфрақұрылымында қиындықтар тудыруы мүмкін, өйткені кәріз жүйелері мен тазарту қондырғылары су көлемінің артуымен шамадан тыс жүктеледі. Жауын-шашынның көп мөлшері өзендер мен көлдерге ағынды көбейтіп, ластаушы заттарды, қоқыстарды, жануарлардың қалдықтарын және басқа заттарды шайып, сумен қамтамасыз етуде жарамсыз етеді. Соныменқатар, жауын-шашынның төмендеуі ағын сулар мен су деңгейінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Жауын-шашынның төмендеуі ауыз сумен жабдықтаудың жетіспеушілігіне әкелуі мүмкін. Сумен жабдықтау бағдарламаларын, олардың ауыз суды қайта бағалауды және суды үнемдеуді жоспарлауды қажет етеді [98].

Климаттың өзгеруі нәтижесінде ауа температурасының жоғарылауы су объектілерінде температураның жалпы өсуіне әкеледі. Судың температурасы химиялық заттардың ерігіштігі мен реакция жылдамдығына әсер ететіндіктен ластану мәселесі жоғарылайды. Судың температурасы жоғарылаған сайын оттегінің ерігіштігі төмендейді [99].

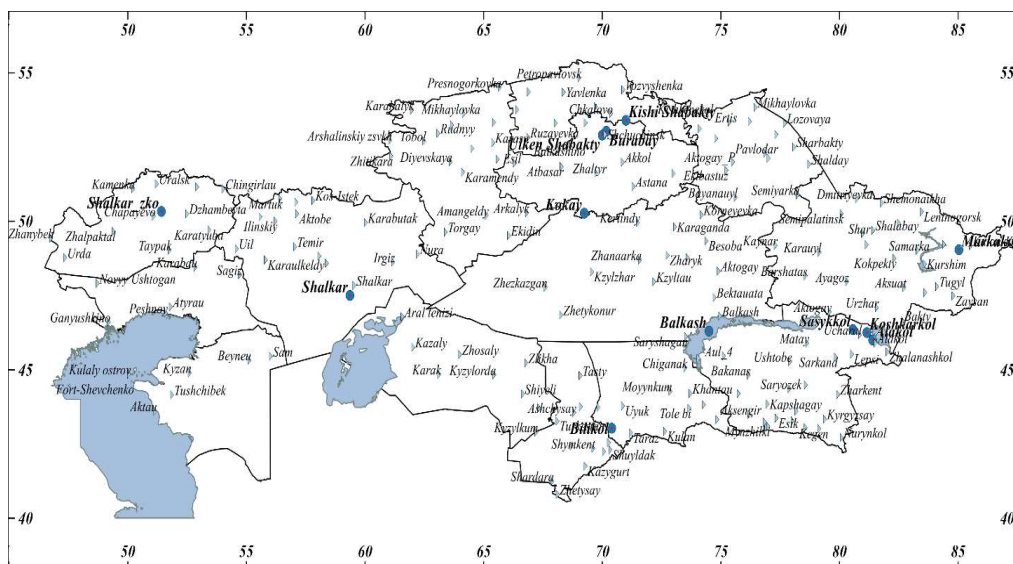
Биосфера мен адам әрекетінің негізгі ортасы – атмосфералық ауа. Антропогендік әрекеттің нәтижесінде аэрозольдер және атмосфераға тасталынатын газдар эмиссиясының көлемі өндірістік және ғылыми-техникалық

революцияның кезеңінде өсті. Көптеген ластаушы заттар атмосфераға түскенде фотохимиялық және химиялық процестерге ұшырайды. Осы химиялық түрленген өнімдер жауын-шашынмен бірге атмосферадан жер бетіне түседі.

**Зерттеу мәліметтері мен әдістері.** Жауын-шашынның ай сайынғы жиынтығы 1941-2020 жж. аралығында атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің өзгеруін бағалау үшін пайдаланылды, атап айтқанда Балқаш-Алакөл бассейні үшін 22 МС, Ертіс бассейні – 18 МС, Есіл бассейні - 14 МС, Нұра-Сарысу бассейні – 7 МС, Жайық-Каспий бассейні – 22 МС, Шу-Талас бассейні – 9 МС.

Жауын-шашын мөлшерінің аномалиясы оның нормадан ауытқуы немесе жауын-шашын мөлшерінің норма мәніне пайыздық қатынасы ретінде есептеледі. «Норма» деп 1961-1990 жылдар кезеңіндегі жауын-шашын мөлшерінің орташа жылдық мәні түсініледі. Трендтің маңыздылығы Фишер тесті (F-тест) арқылы жүзеге асырылды. Фишердің критерийіне сәйкес қатар ұзақтығы 45 жыл болса, тенденция  $\geq 4.06$  мәндері бойынша маңызды болып саналады.

Тренд құрамдас бөлігін есептеу үшін 1976-2018 жылдардағы жауын-шашынның жылдық және маусымдық мәндері бойынша 188 метеостанцияның деректері пайдаланылды. Бұл ретте барлық метеостанциялар мәліметтері қатардың біркелкілігіне тексерілді. Бақыланған жауын-шашын қатарындағы әртектіліктің ықтимал көздері алынып тасталды. 188 станцияның орналасқан жерінде өзгеріс болмады, ал орналасу орынын өзгерткен метеостанциялар есептен шығарылды. Сондай-ақ, жауын-шашын қатарының біркелкі болмауы үшін дәстүрлі форматтан автоматты форматқа ауысқан метеостанциялар есептеуден толығымен алынып тасталынды. Таңдалған станцияларда өлшеу тәжірибесінде ешқандай өзгеріс болған жоқ және орналасу орындары 10-суретте көрсетілді.



Сурет 10 – Трендтік есептеуге енгізілген 188 метеостанцияның орналасуы

**Нәтижелер.** 11-суретте 1941-2020 жылдар аралығындағы кеңістік бойынша орта есеппен 6 су бассейнінде 1961-1990 жж. базалық кезеңге қатысты

есептелген жауын-шашынның жылдық ауытқуларының уақыттық қатары көрсетілді. Бассейнаралық бөлігінде жауын-шашынның жылдық мөлшері артты. Ертіс, Балқаш-Алакөл, Нұра-Сарысу, Есіл бассейндерінде жауын-шашынның жылдық мөлшерін өсу тенденциясы – 1,5 ... 3,6 %/10 жыл. Жауын-шашынның жылдық мөлшерінің шамалы төмендеуі Шу-Талас, Жайық-Каспий бассейндерінің аумағында 0,8 %/10 жыл және 0,9 %/10 жыл (9-кесте, 11-сурет) құрады. Алынған тенденциялар тек Есіл және Нұра-Сарысу бассейндері үшін статистикалық маңызды.

Кесте 9 – 1976-2020 жылдар кезеңінде су шаруашылығы бассейндерінің аумағы бойынша орташаланған атмосфералық жауын-шашынның маусымдық және жылдық суммалары сызықтық трендінің сипаттамалары.

Бассейн	Жыл		Қыс		Көктем		Жаз		Күз	
	a*	**R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>
Балқаш-Алакөл	2,2	2	5,5	6	1,7	1	3,3	1	-0,5	0
Жайық-Каспий	-0,9	0	0,4	0	7,9	7	-4	2	-4,9	6
Ертіс	1,5	2	1,4	1	3,8	3	2,3	1	-0,1	0
Есіл	3,6	7	6,9	6	8,9	15	3,1	2	0,1	0
Нұра-Сарысу	3	6	3,3	3	2	1	7,3	6	0,8	0
Шу-Талас	-0,8	0	-0,8	0	-1,4	1	3,4	1	-2,6	

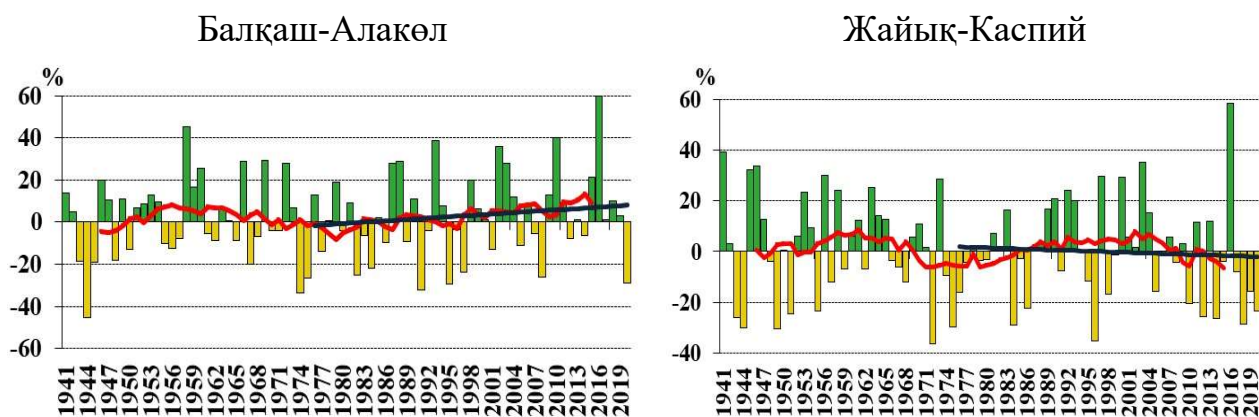
Ескертпелер

1 a\* - сызықтық тренд коэффициенті мм / 10 жыл;

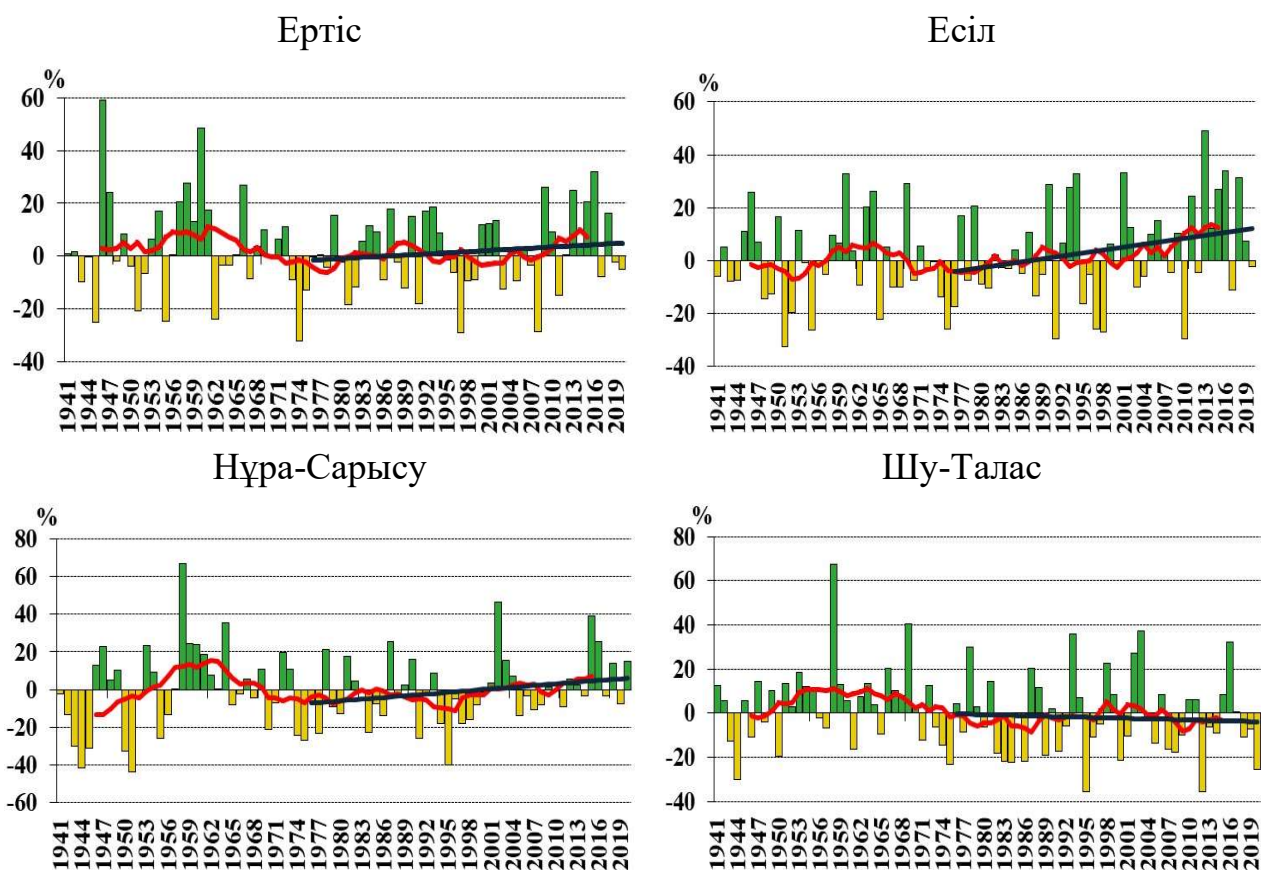
2 R<sup>2</sup> \* – детерминация коэффициенті коэффициенті, %;

3 \*\*\* қалың қаріппен статистикалық маңызды үрдістер (тенденциялар) белгіленді.

Жыл



Сурет 11 – 1941–2020 жылдарға арналған су бассейндерінің аумағы бойынша кеңістіктік орташаланған жауын-шашынның жылдық аномалиясының уақыттық қатары және сызықтық тенденциялары (%) көрсетілді. Аномалиялар 1961-1990 жж. базалық кезеңге қатысты есептеледі. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тенденция қара түспен сынық сызықпен, тегістелген қисық сызық 11 жылдық жылжымалы орташалау арқылы алынды. Бет 1.

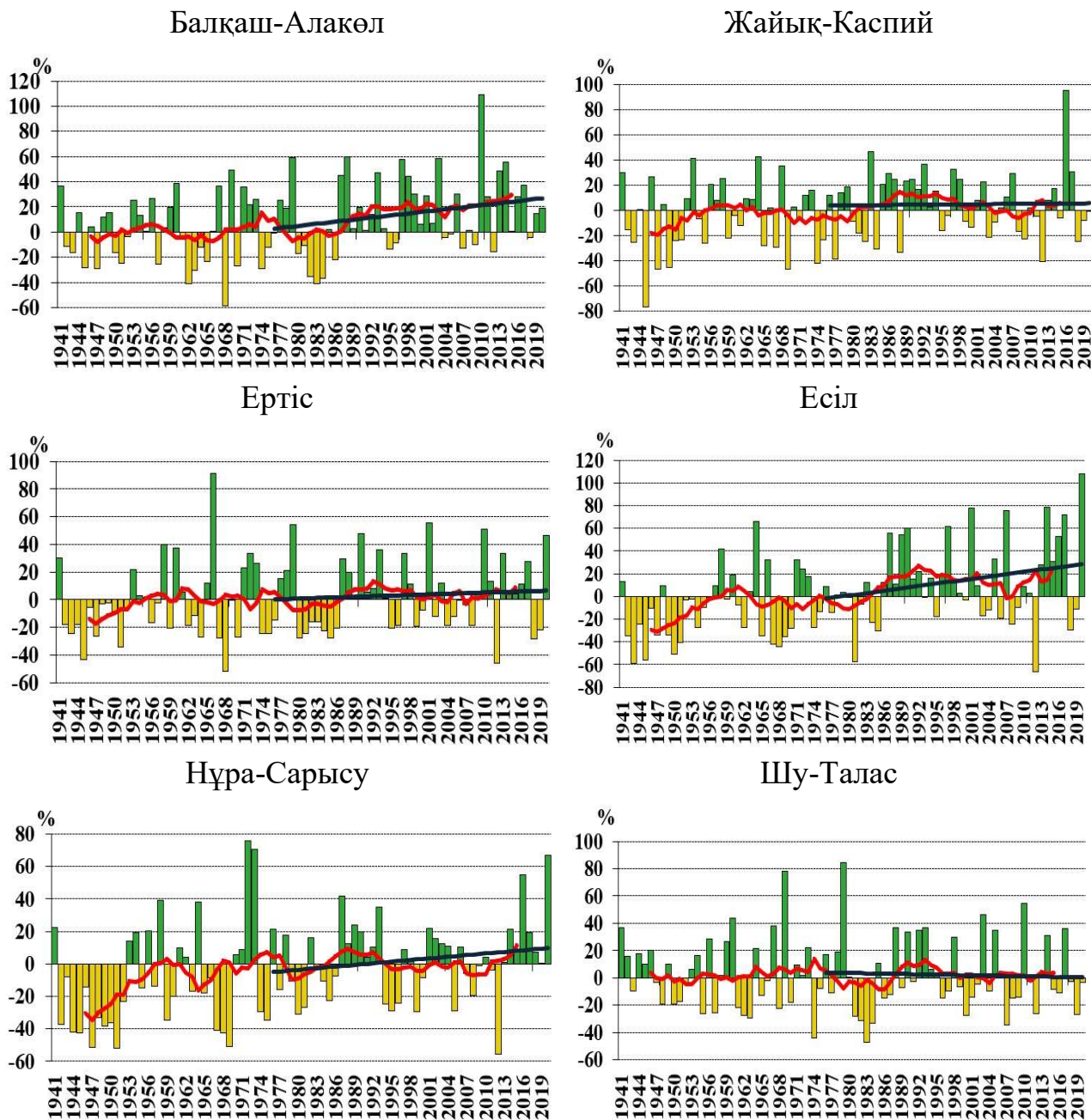


Сурет 11 – 1941–2020 жылдарға арналған су бассейндерінің аумағы бойынша кеңістіктік орташаланған жауын-шашынның жылдық аномалиясының уақыттық қатары және сызықтық тенденциялары (%) көрсетілді. Аномалиялар 1961-1990 жж. базалық кезеңге қатысты есептеледі. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тенденция қара түспен сынық сызықпен, тегістелген қисық сызық 11 жылдық жылжымалы орташалау арқылы алынды. Бет 2.

12-суретте 1941-2020 жылдар аралығында қысқы мезгілге арналған жауын-шашын аномалиясының 1961-1990 жж. базалық кезеңге қатысты есептелген уақыттық қатары көрсетілді.

Қыста орта есеппен су бассейндері үшін жауын-шашын мөлшерінің 0,4 ... 6,9 %/10 жылға өсу тенденциясы байқалады. Алынған тенденциялардың барлығы, жалпы дисперсияға тенденцияның үлесі 6 % құрайтын Балқаш-Алакөл және Есіл бассейндерінен басқа, статистикалық тұрғыдан маңызды болмады (12-сурет, 9-кесте).

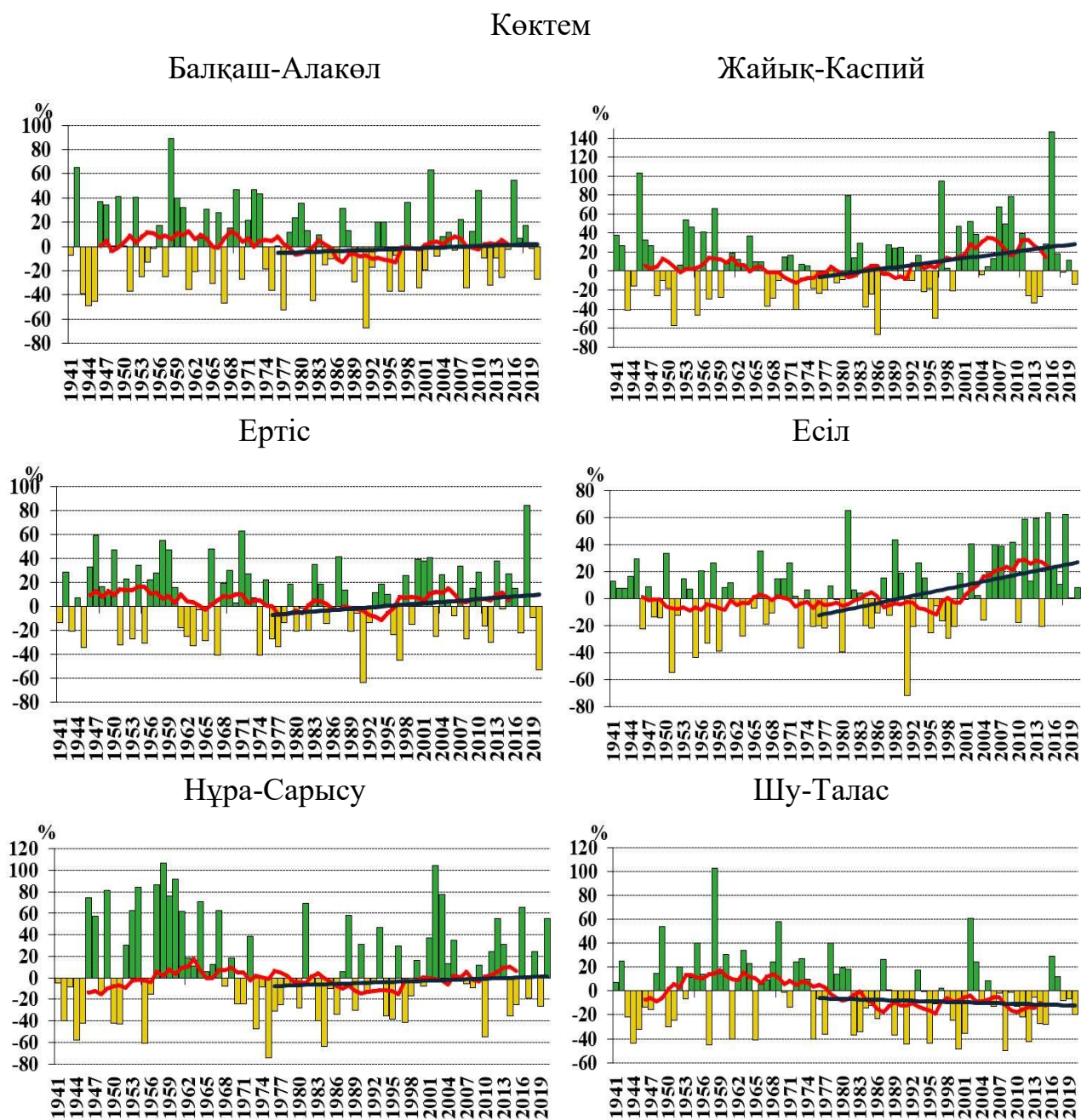
## Қыс



Сурет 12 – 1941–2020 жылдарға арналған су бассейндерінің аумағы бойынша кеңістіктік орташаланған жауын-шашынның қыс мезгілі бойынша аномалиясының уақыттық қатары және сызықтық тенденциялары (%) көрсетілді. Аномалиялар 1961-1990 жж. базалық кезеңге қатысты есептеледі. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тенденция қара түспен сынық сызықпен, тегістелген қисық сызық 11 жылдық жылжымалы орташалау арқылы алынды.

Көктемгі кезеңде бассейнаралық қимада: Жайық-Каспий, Есіл бассейндерінде жауын-шашын мөлшерінің статистикалық маңызды өсу тенденциясы 7,9...8,9 %/10 жылға, ал Шу-Талас бассейнінің аумағында

жауын-шашын мөлшері 1,4 %/10 жылға азайды. Шу-Талас бассейні үшін алынған тренд статистикалық тұрғыдан маңызды болмады (13-сурет, 9-кесте).



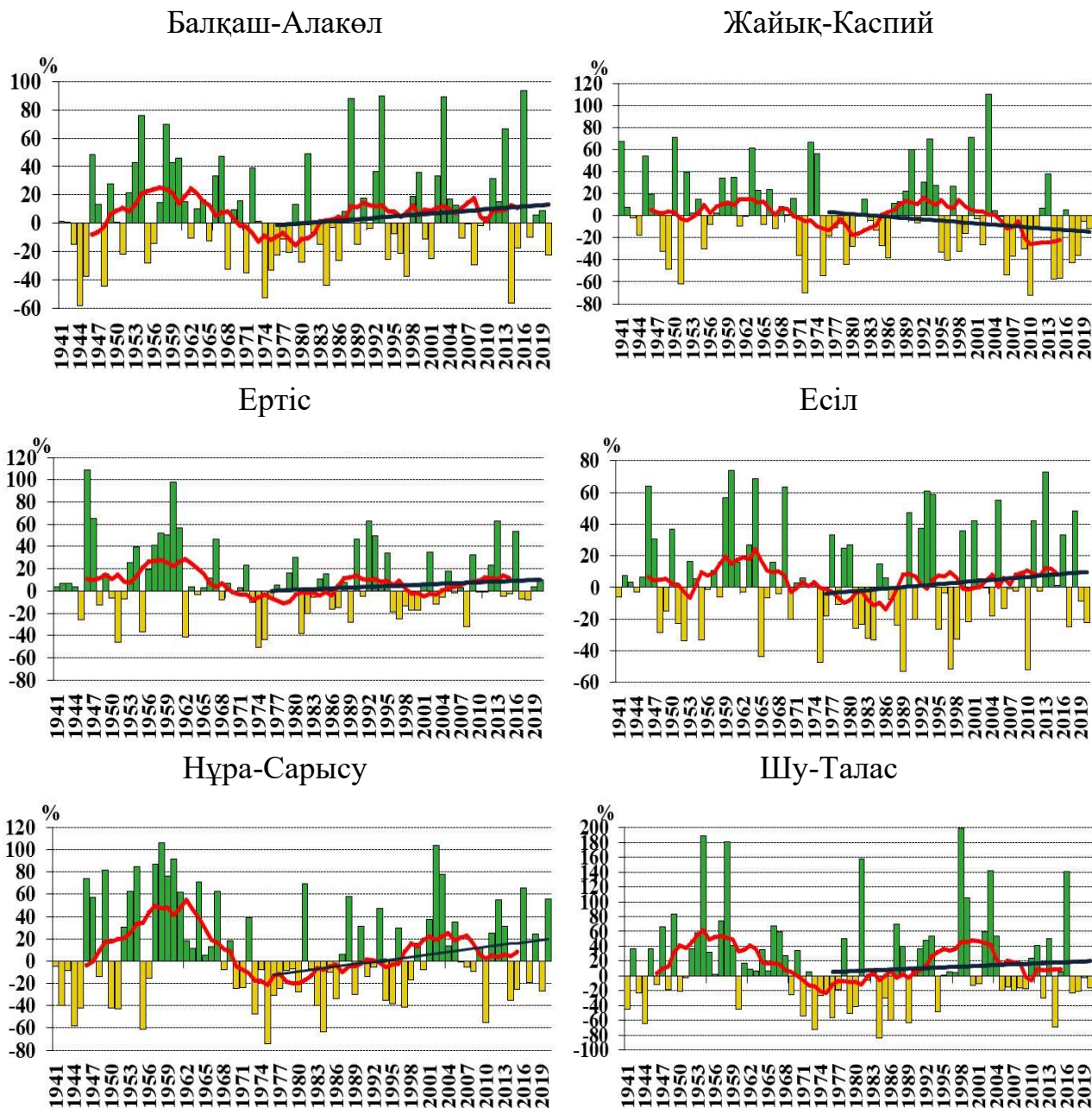
Сурет 13 – 1941–2020 жылдарға арналған су бассейндерінің аумағы бойынша кеңістіктік орташаланған жауын-шашынның көктем мезгілі бойынша аномалиясының уақыттық қатары және сызықтық тенденциялары (%) көрсетілді. Аномалиялар 1961-1990 жж. базалық кезеңге қатысты есептеледі. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тенденция қара түспен сынық сызықпен, тегістелген қисық сызық 11 жылдық жылжымалы орташалау арқылы алынды

Жайық-Каспий бассейнінде жазғы кезеңде жауын-шашын мөлшерінің теріс үрдісі 4 %/10 жылды құрады. Жалпы су шаруашылығы бассейндері бойынша



2,3 ... 7,3 %/10 жыл тұрақты оң үрдістер байқалып, Нұра-Сарысу бассейнін қоспағанда, трендтер статистикалық маңызды болмады (14-сурет, 9-кесте).

Жаз

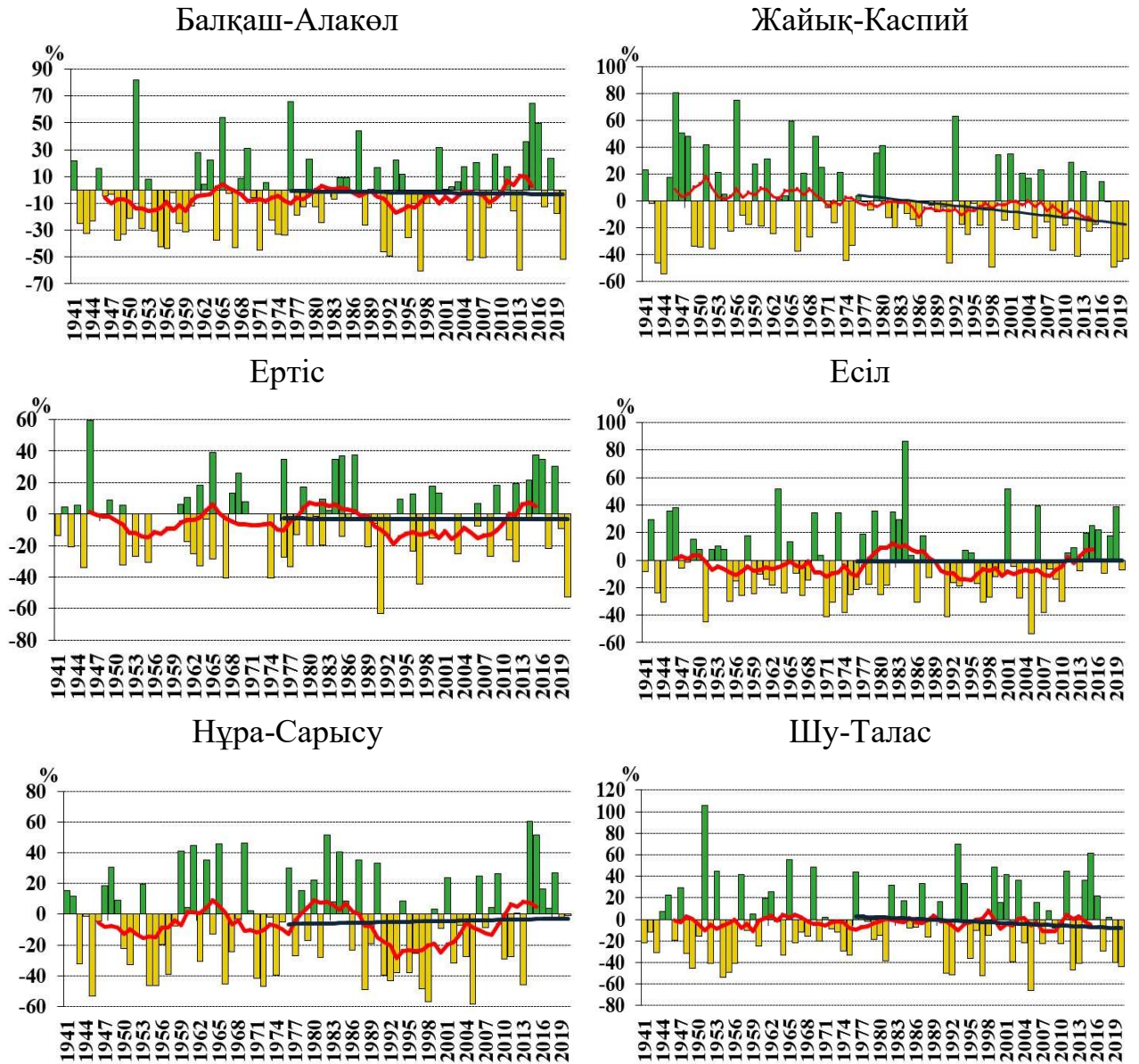


Сурет 14 – 1941–2020 жылдарға арналған су бассейндерінің аумағы бойынша кеңістіктік орташаланған жауын-шашынның жаз мезгілі бойынша аномалиясының уақыттық қатары және сызықтық тенденциялары (%) көрсетілді. Аномалиялар 1961-1990 жж. базалық кезеңге қатысты есептеледі. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тенденция қара түспен сынық сызықпен, тегістелген қисық сызық ІІ жылдық жылжымалы орташалау арқылы алынды

Күзде су шаруашылығы бассейндері аумағының басым бөлігінде (0,1 ... 4,9 %/10 жыл) теріс тренд (үрдіс) байқалды. Атмосфералық

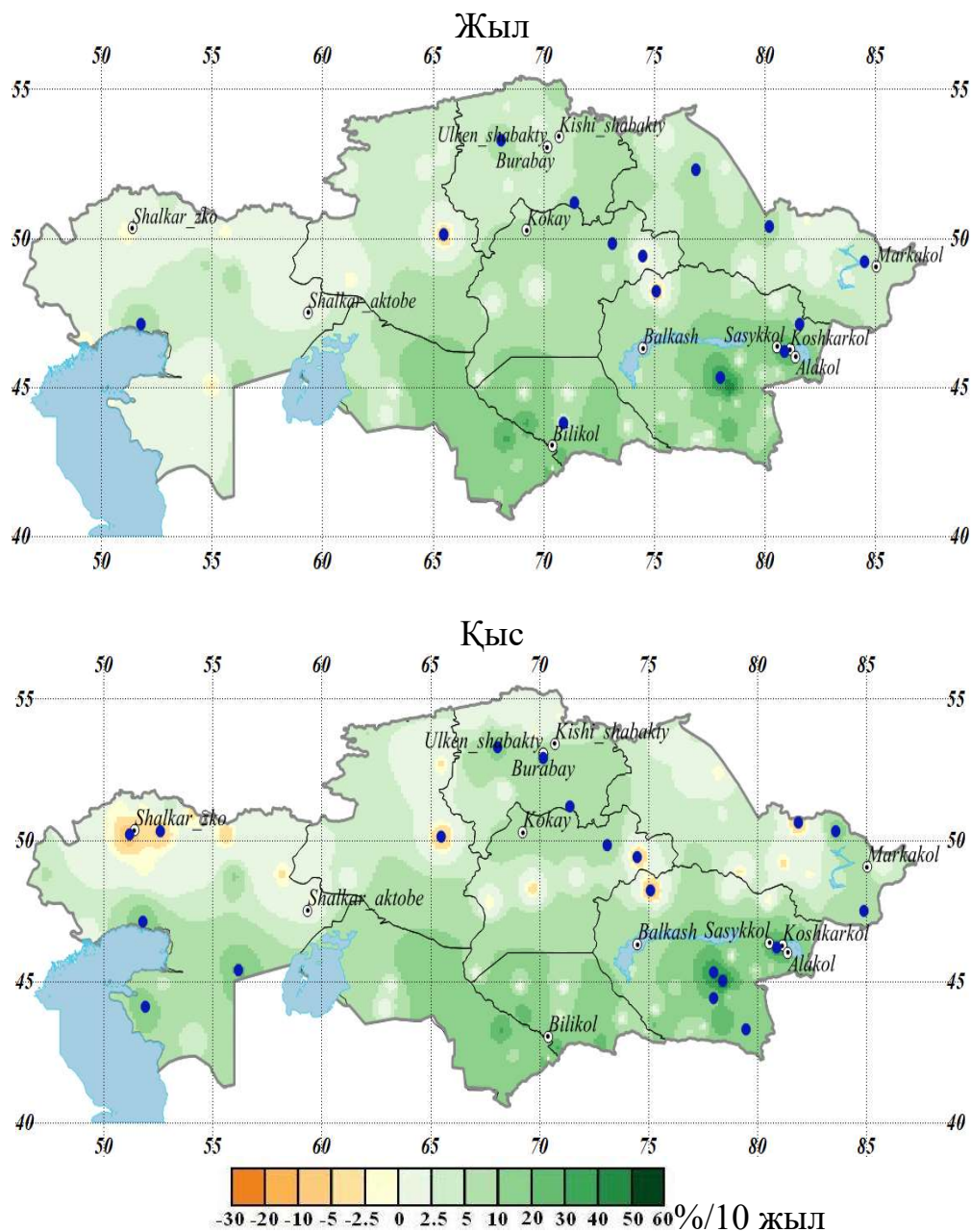
жауын-шашынның азаюына статистикалық маңызды үрдіс тек Жайық-Каспий бассейнінде – 4,9 %/10 жыл байқалды (трендтің жалпы дисперсияға үлесі 6 %). Жауын-шашын мөлшерінің әлсіз оң үрдісі (0,1-0,8 %/10 жыл) Есіл, Нұра-Сарысу бассейндерінде байқалды. Алынған барлық трендтер статистикалық тұрғыдан маңызды болмады (15-сурет, 9-кесте).

Күз



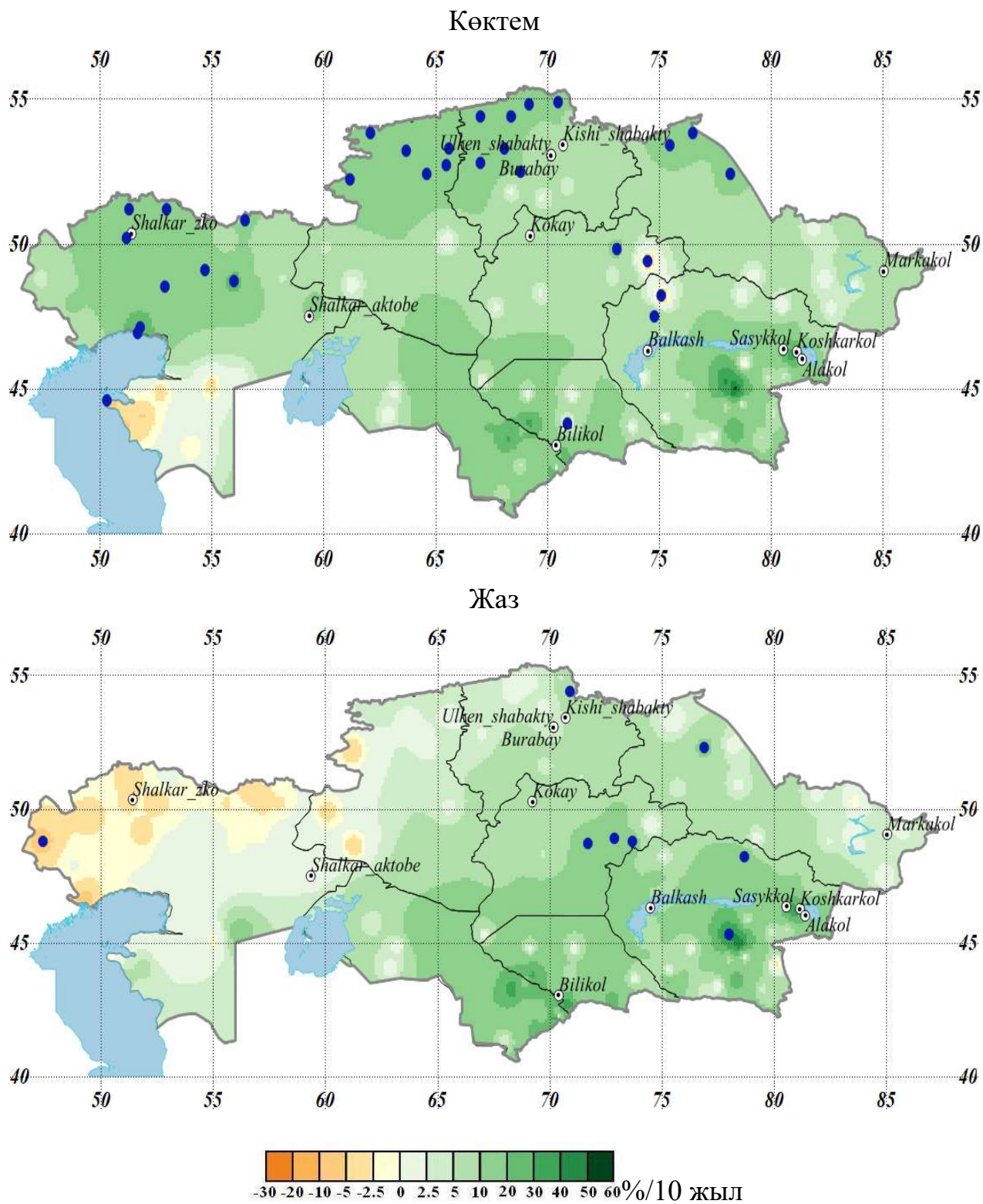
Сурет 15 – 1941–2020 жылдарға арналған су бассейндерінің аумағы бойынша кеңістіктік орташаланған жауын-шашынның күз мезгілі бойынша аномалиясының уақыттық қатары және сызықтық тенденциялары (%) көрсетілді. Аномалиялар 1961-1990 жж. базальқ кезеңге қатысты есептеледі. 1976–2020 жылдарға арналған сызықтық тенденция қара түспен сынық сызықпен, тегістелген қисық сызық 11 жылдық жылжымалы орташалау арқылы алынды

Қазақстандағы зерттелетін мониторингтік көлдердің аумақтарындағы жауын-шашын режимінің өзгеру сипаты туралы толығырақ ақпаратты жылдық және мезгілдік жауын-шашын мөлшерінің (%/10 жыл) 1976 жылдан 2018 жылға дейінгі кезеңге есептеліп, 16-суретте көрсетілген сызықтық тренд коэффициенті мәндерінің кеңістіктік таралуы береді.

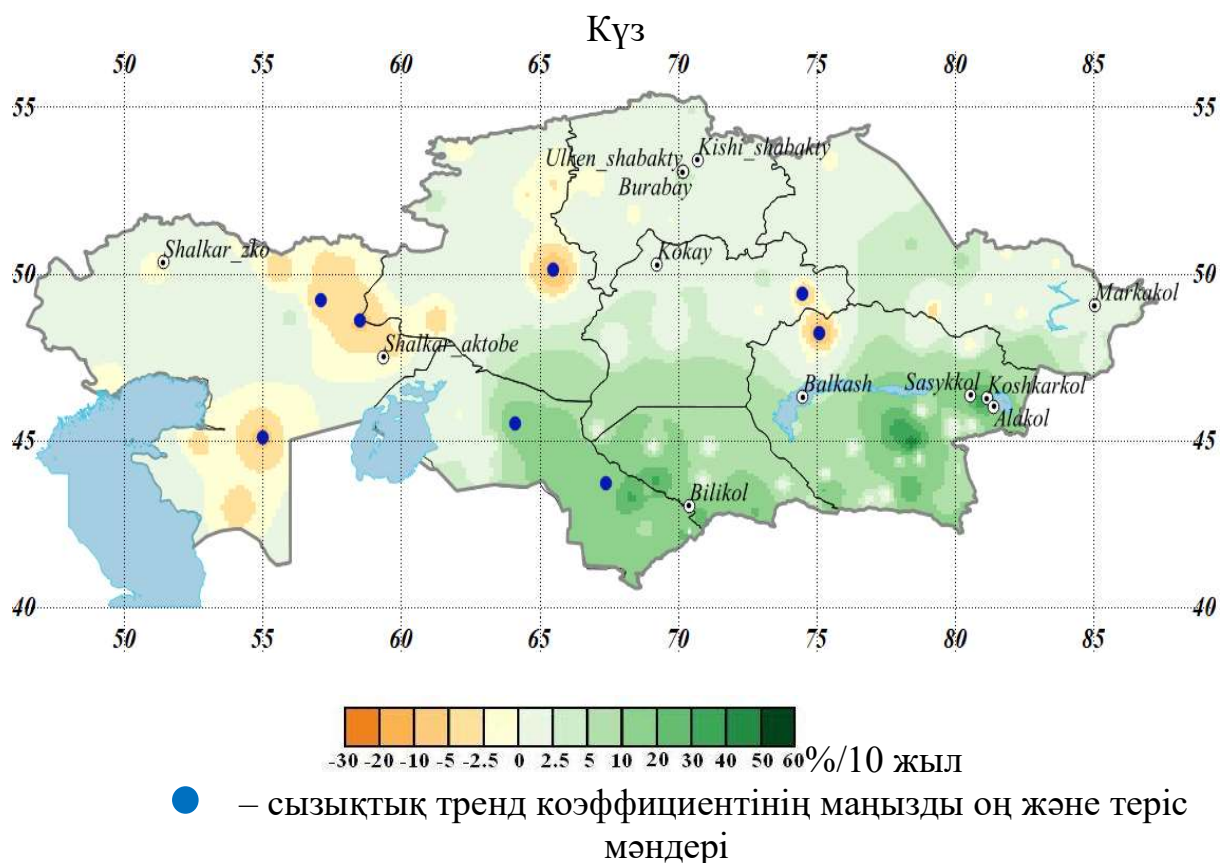


● – сызықтық тренд коэффициентінің маңызды оң және теріс мәндері

Сурет 16 – 1976 жылдан 2018 жылға дейінгі кезеңге есептелген жылдық және мезгілдік жауын-шашын мөлшерінің сызықтық тренд коэффициентінің мәндерінің кеңістіктік таралуы (%/10 жыл). Бет 1.



Сурет 16 – 1976 жылдан 2018 жылға дейінгі кезеңге есептелген жылдық және мезгілдік жауын-шашын мөлшерінің сызықтық тренд коэффициентінің мәндерінің кеңістіктік таралуы (%/10 жыл). Бет 2.



Сурет 16 – 1976 жылдан 2018 жылға дейінгі кезеңге есептелген жылдық және мезгілдік жауын-шашын мөлшерінің сызықтық тренд коэффициентінің мәндерінің кеңістіктік таралуы (%/10 жыл). Бет 3.

Қазақстандағы мониторингтік көлдер аумағында жауын-шашынның жылдық және мезгілдік мөлшерінің таралуында әркелкілік байқалады (16 - сурет).

**Балқаш – Алакөл су шаруашылық бассейнінде орналасқан көлдер: Балқаш, Сасықкөл, Алакөл, Қошқаркөл.**

Сызықтық тенденциялар соңғы онжылдықтарда жылдық жауын-шашын мөлшерінің біртіндеп өсуі туралы көрнекі ақпаратты береді, атап айтқанда: Балқашта – 2,4-4,2 %/10 жыл, Сасықкөл, Алакөл, Қошқаркөл – 3,2...7,2 %/10 жыл. Көлдердің қарастырылған аумақтарында мезгілдік тұрғыда келесі өзгерістер байқалды: Балқаш көлінде қысқы жауын-шашын мөлшерінің статистикалық маңызды емес өсуі – 3,2...4,1 %/10 жыл, Сасықкөл, Алакөл, Қошқаркөл – 7,2...13,9 %/10 жыл, алынған тенденциялар тек Үшарал станциясы бойынша статистикалық маңызды. Көктемде Балқаш көлінің (МС Құйған) оңтүстік жағалауында жауын-шашынның аздаған азаюы – 0,5 %/10 жыл анықталды. Алайда, Балқашта орта есеппен атмосфералық жауын-шашынның 3,17...4,3 %/10 жыл тұрақты өсуі байқалады. Сасықкөл, Алакөл, Қошқаркөл көлдерінде оң тенденциялар – 3,1-6,13 %/10 жыл бақыланды. Балқаш, Сасықкөл, Алакөл, Қошқаркөл көлдерінің аумақтарында жазғы жауын-шашынның 4,4...7,7 %/10 жыл артқаны бақыланып, барлық алынған тенденциялар статистикалық тұрғыдан маңызды болмады. Күзде Балқашта жауын-шашынның шамалы ұлғаюы – 1,8...4,2 %/10 жыл, ал Сасықкөл,

Алакөл, Қошқаркөл көлдерінде жауын-шашынның оң динамикасы 4,1...5,6 %/10 жыл құрады. Бірнеше станцияны қоспағанда, барлық алынған тенденциялар статистикалық маңызды болмады.

**Жайық-Каспий су шаруашылық бассейнінде орналасқан көлдер: Шалқар (БҚО), Шалқар (Ақтөбе) көлдері.**

Жыл бойынша жауын-шашынның 0,2...0,4 %/10 жылға аздап артуы байқалады. Мезгілдік кескінде: қыста Шалқар көлі (БҚО) аймағында жауын-шашынның статистикалық маңызды төмендеуі 12...16 %/10 жылға бақыланды. Шалқар көлінде (Ақтөбе облысы) жауын-шашынның 3,2 %/10 жылға аздаған төмендеуі анықталды. Көктемгі кезеңде көлдердің қарастырылатын аумақтарында жауын-шашын мөлшерінің 11...16 %/10 жылға артуы байқалады. Көлдердің аймағында жазда жауын-шашын мөлшерінің теріс тенденциялары 0,07...7,8 %/10 жылды құрады (тиісінше, Шалқар көлі (Ақтөбе облысы) және Шалқар (БҚО)), алайда тенденциялардың статистикалық маңыздылығы болмады. Шалқар (БҚО) және Шалқар (Ақтөбе) көлдерінің аумақтарында күзгі кезеңдегі жауын-шашын мөлшерінің 3...6 %/10 жылға төмендеуі бақыланып, бұл ретте алынған тенденциялар бірнеше метеорологиялық станцияларда ғана статистикалық маңызды болды.

**Ертіс су шаруашылық бассейнінде орналасқан көл: Марқакөл.**

Көл аумағында жауын-шашынның жылдық мөлшерінің оң динамикасы 2,7 %/10 жыл байқалады. Қыста жауын-шашын мөлшерінің оң үрдістері 0,3...0,6 %/10 жыл құрады. Марқакөл көліндегі көктемгі кезеңде жауын-шашын мөлшерінің жоғарылауы 8,7 %/10 жыл болды. Жазғы маусымның оң динамикасы – 1,6 %/10 жыл. Күзде жауын-шашынның – 0,25 %/10 жылға аздаған жоғарылау үрдісі байқалады. Барлық алынған тенденциялар статистикалық тұрғыдан маңызды болмады.

**Есіл су шаруашылық бассейнінде орналасқан көлдер: Бурабай, Кіші Шабакты, Үлкен Шабакты.**

Бурабай, Кіші Шабакты, Үлкен Шабакты көлдері аудандарында 1976-2018 жылдар кезеңіне есептелген жылдық жауын-шашынның тенденциясы оң болды (3,1...5,2 %/10 жыл). Қыста жауын-шашын жылдамырақ қарқынмен артады (5,9...13,4 %/10 жыл), онда трендтің статистикалық маңыздылығы Щучье метеорологиялық станциясында анықталды. Көктемгі жауын-шашын мөлшерінің оң үрдісі Есіл бассейнінің барлық мониторингтік көлдерінде бақыланып әр 10 жыл сайын 5,5 % құрады. Жазда жауын-шашын мөлшерінің өсу қарқыны 3,6-4,45 %/10 жыл болып, тенденциялар статистикалық маңызды болмады. Жауын-шашын мөлшерінің төмендеу қарқыны күзде әрбір 10 жылға 0,5...1,5 % құрады.

**Нұра-Сарысу су шаруашылық бассейнінде орналасқан көл: Қоқай көлі.**

Жыл бойынша жауын-шашын мөлшерінің оң динамикасы 2,4...5,6 %/10 жыл бақыланды. Маусымдық тұрғыда келесі өзгерістер атап өтіледі: қыста жауын-шашынның өсу қарқыны 9...9,6 %/10 жылды құраса, көктемде 9 %/10 жыл оң динамикасы байқалып, жазда жауын-шашынның өсу

қарқыны 4,6...6,9 %/10 жыл, күзде жауын-шашын мөлшерінің өсу үрдісі шамалы 0,5 %/10 жыл болды.

### **Шу-Талас су шаруашылық бассейнінде орналасқан көл: Билікөл.**

Жылдық жауын-шашынның теріс үрдісі – 0,4 %/10 жыл. Қысқы кезеңдегі оң үрдістер 1,6...2,9 %/10 жылды құрады. Көктемде жауын-шашын мөлшерінің теріс үрдісі 3,6 %/10 жыл байқалады. Жауын-шашын мөлшерінің ең жоғары өсу қарқыны жазда – 14,6 %/10 жыл. Күзде Билікөл көл аймағында жауын-шашын мөлшері шамалы 1,2 %/10 жылға өсті.

### **3.3 Канадалық жер жүйесінің болжау моделі (CanESM5) ssp1-2.6 және ssp2-4.5 сценарийлері негізінде Қазақстанның мониторингтік көлдері аумағында атмосфералық жауын-шашынның және бірқатар климаттың экстремалды индекстерінің 2050-2074 жж. кезеңіне 2025-2049 жж. кезеңімен салыстырғандағы өзгерістері**

Қазіргі кезде адамның іс-әрекетінің климатқа әсерін зерттеу олардағы биологиялық, химиялық және басқа да блоктарды қоса отырып, атмосфера мен мұхиттың жалпы айналымының физика-математикалық моделдері негізінде жүргізіледі. Климаттық моделдердің қарқынды даму кезеңі, негізінен компьютерлік техниканың қарқынды дамуымен анықталады. Компьютерлік техниканың дамуымен ауа райын болжау моделдерінің біртіндеп дамуы орын алды. Атмосфераның үш өлшемді теңдеулерін шешу үшін есептеу әдістері 1960-шы жылдың соңына қарай жасалды [100]. Өз кезегінде, 1970 жылдың басында компьютерлердің орындауындағы атмосфера теңдеулерінің толық үш өлшемді жүйесіне негізделген атмосфера моделдерінің одан әрі дамуы орын алды. Атмосфералық моделдердің дамуымен, есептеу техникасының жетістіктерімен, ішкі торлы-масштабты процестердің параметрлерін жақсарту және кеңістіктік ажыратымдылықтың артуы негізінде климаттың моделдік қателіктері азайып бара жатқаны айқындалды [101, 102].

Бұл СМIP3 және СМIP5 жер жүйесінің модельдерін салыстыру жобасының нәтижелерімен расталады. Сондай-ақ, соңғы онжылдықта сандық ауа райы болжамындағы қателіктер деңгейі біртіндеп төмендеп келеді [103]. Көптеген болжамды орталықтарда микрофизикалық процестерді (мысалы, Бергерон Фендисен процесі) және алынған жауын-шашынды тасымалдауды ескере отырып, көлемді жауын-шашынды қалыптастыру және трансформациялау схемалары іске асырылды. Мұндай схемалар атмосфералық жауын-шашынның пайда болған сәтіндегі фазасын және оның жер бетіне жылжуына қарай өзгеруін жеткілікті түрде дәл ескереді. Бұл схемалар тамшылар мен кристалдардың конденсатта қатар болуына да мүмкіндік береді. Олар атмосфераның көптеген болжамды моделдерінде қолданылады: Орташа диапазондағы ауа райы болжамының Еуропалық орталығы, Неміс метеорологиялық қызметі, Метео-Франс, Ресей гидрометеорологиялық орталығының жартылай лагранждық моделі және т.б. [104, 105, 106]. Белгілі бір уақыт диапазонында болжауға бағдарланған атмосфераның ғаламдық моделі барлық уақыт шкалаларының

процестерін қайта шығаруы тиіс. Бұл 2005 жылы алғаш рет тұжырымдалған жіксіз болжам идеясы [107]. Қазіргі уақытта жіксіз болжау жүйелерін дамыту ДМҰ негізгі міндеттерінің бірі болып табылатынын атап өткен жөн.

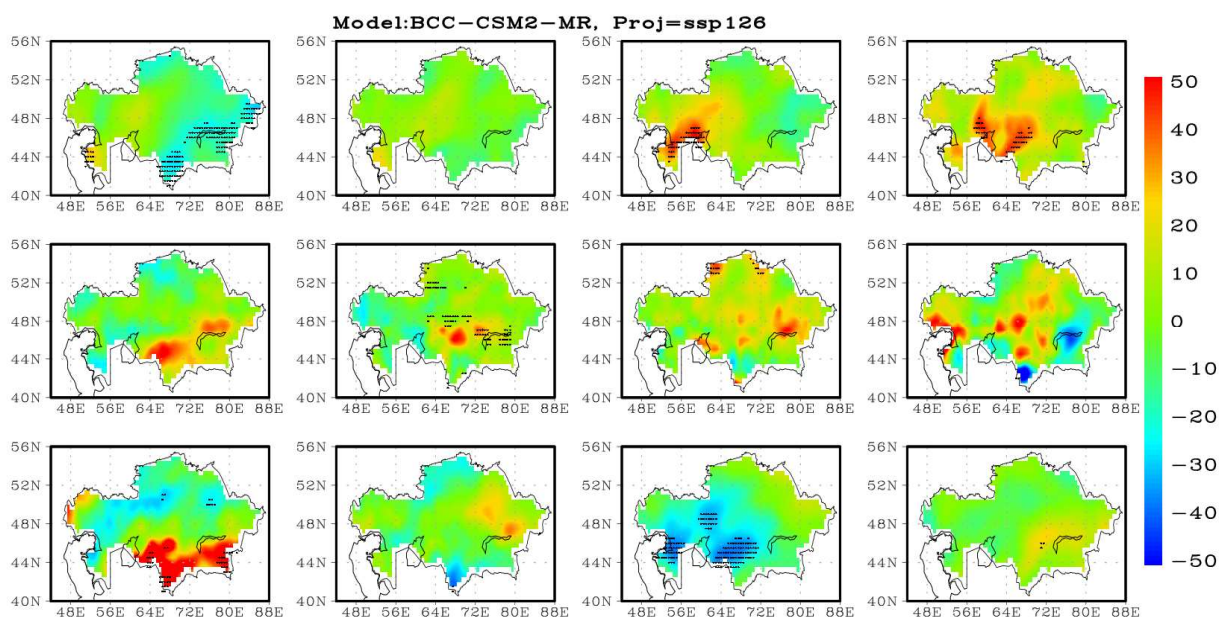
Канада жер жүйесін болжау моделі 5 (CanESM5) – болашақ климатты ғасырлық ауқымда жобалау үшін тарихи өзгерістер мен климаттың өзгергіштігін моделдеуге арналған ғаламдық модел [108]. CanESM5 болжау моделі CanESM2-нің негізгі жаңартылған түрі. Жаңарту мұхиттың, теңіз мұзының және теңіз экожүйелерінің жаңартуын қамтиды.

Атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің өзгеруінің болжамы әртүрлі радиациялық әсер ету сценарийлері үшін 17-суретте көрсетілді. 2050-2074 жж. жауын-шашын мөлшерінің 2025-2049 жж. кезеңімен салыстырғандағы өзгерістері пайызбен (%) берілді. Яғни, жауын-шашын мөлшерінің суреттегі оң немесе теріс мәндері екінші базалық кезеңде бірінші базалық кезеңмен салыстырғанда артқанын немесе кемігенін көрсетеді. Есептеу үшін екі базалық кезең алынды:

1-базалық кезең: 2025-2049, 25 жыл;

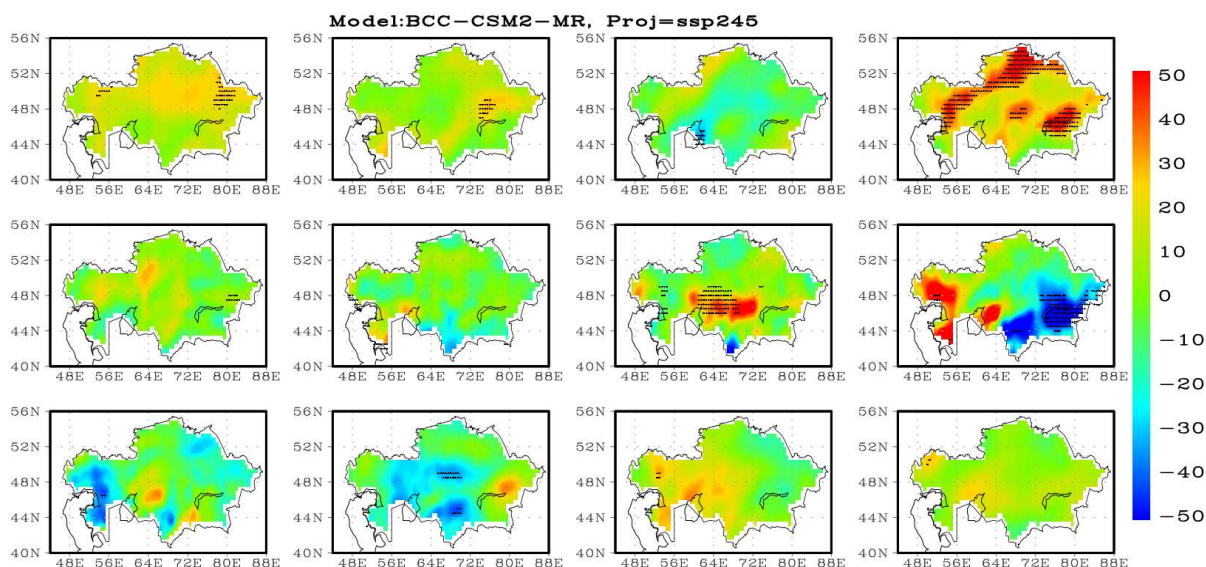
2-базалық кезең: 2050-2074, 25 жыл.

Қара нүктелер Стьюденттің t-тесті және 95 % сенімділік деңгейіндегі айырмашылықтарда статистикалық маңызды болған аймақтарды көрсетеді. Ал, суреттегі бірінші қатар -> қаңтар-сәуір; екінші қатар -> мамыр-тамыз; үшінші қатар -> қыркүйек-желтоқсан айларына арналған болжамдарды береді.



Сурет 17 – Канадалық CanESM5 (CMIP6) моделі бойынша SSP 1-2.6 және SSP 2-4.5 радиациялық әсер ету сценарийлері үшін 2050-2074 жж. жауын-шашын мөлшерінің 2025-2049 жж. кезеңімен салыстырғандағы өзгерістері, (%). Бет 1.





Сурет 17 – Канадалық CanESM5 (CMIP6) моделі бойынша SSP 1-2.6 және SSP 2-4.5 радиациялық әсер ету сценарийлері үшін 2050-2074 жж. жауын-шашын мөлшерінің 2025-2049 жж. кезеңімен салыстырғандағы өзгерістері, (%). Бет 2.

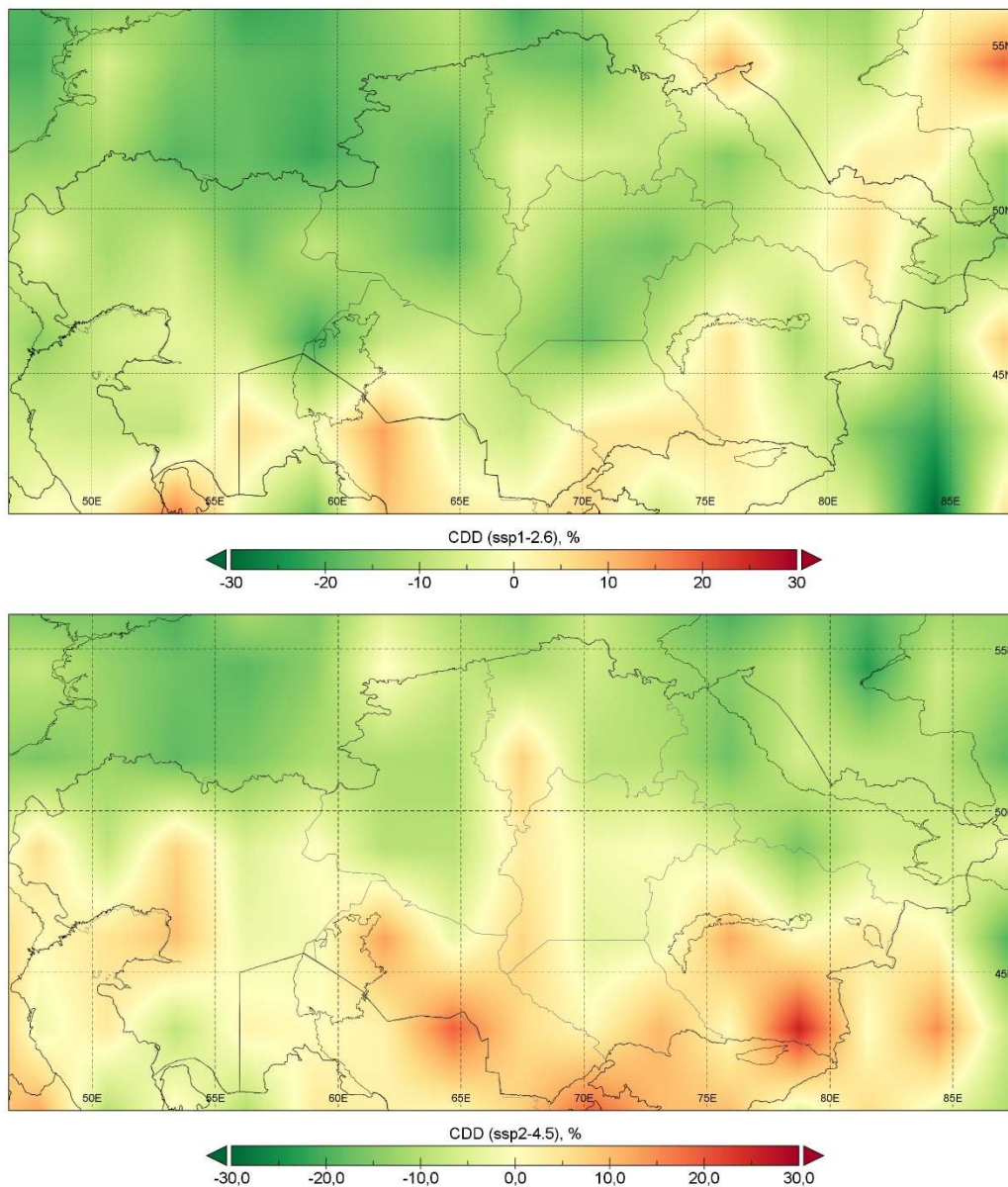
Радиациялық  $2,6 \text{ Вт/м}^2$  әсермен жауын-шашын 2050-2074 жж. 2025 - 2049 жылдар кезеңіне қатысты жалпы Қазақстан территориясында артады. Батыс, оңтүстік-батыс және оңтүстік аймақтардың көктем айларында атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің 40-50 %-ға статистикалық маңызды өсімі байқалады. Қыста қаңтарда ғана жауын-шашынның 10-20 %-ға айтарлықтай төмендеуін Балқаш, Алакөл, Сасықкөл көлдерінде байқауға болады. Жазда аумақтың басым бөлігінде жауын-шашын қалыпты шектерде болады деп күтілуде. Күзде атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің қысқаруының статистикалық маңызды кең аймағы қарашада 72 Е-ден батысқа қарай 30-50 % аралығында болжанады.

2100 жылға қарай радиациялық әсер ету тұрақтанатын тұрақтандыру сценарийі шамамен  $4,5 \text{ Вт/м}^2$  бойынша көктем айларында жауын-шашын, әсіресе сәуір айында Шалқар көлдері (Ақтөбе облысы), Үлкен Шабакты көлдері аймақтарында артады. Тамыз айында Балқаш-Алакөл бассейніндегі көлдерде: Шабакты, Бурабай, Кіші Шабакты, Балқаш, Сасықкөл және Алакөл жауын-шашын мөлшері 40-50 % азаяды. Республиканың басым бөлігінде қыс айларында жауын-шашын 10-25 %-ға артады деп күтілуде.

Климаттың өзгеруін анықтау және индекстер бойынша сарапшылар тобы (ETCCDI) анықтаған температура мен жауын-шашынға байланысты климаттың экстремалды құбылыстарының индекстерін қамтиды. Композиттік моделдік үйлесімталдық жобаның (CMIP6) 6-кезеңіне енгізілген және Үкіметаралық сарапшылар тобының 6-бағалау есебінде пайдаланылатын климаттың тарихи және болашақ проекциялары (SSP1-2.6, SSP2-4.5) үшін есептелген индекстер ішінен жауын-шашынға қатысты деректер іріктеліп алынды. Климаттық индекстер тарихи, сондай-ақ болашақ болжамдардың кемінде екі болжамы үшін

кажетті тәуліктік рұқсат етілген деректері бар CMIP6 модельдерінің негізінде есептеледі.

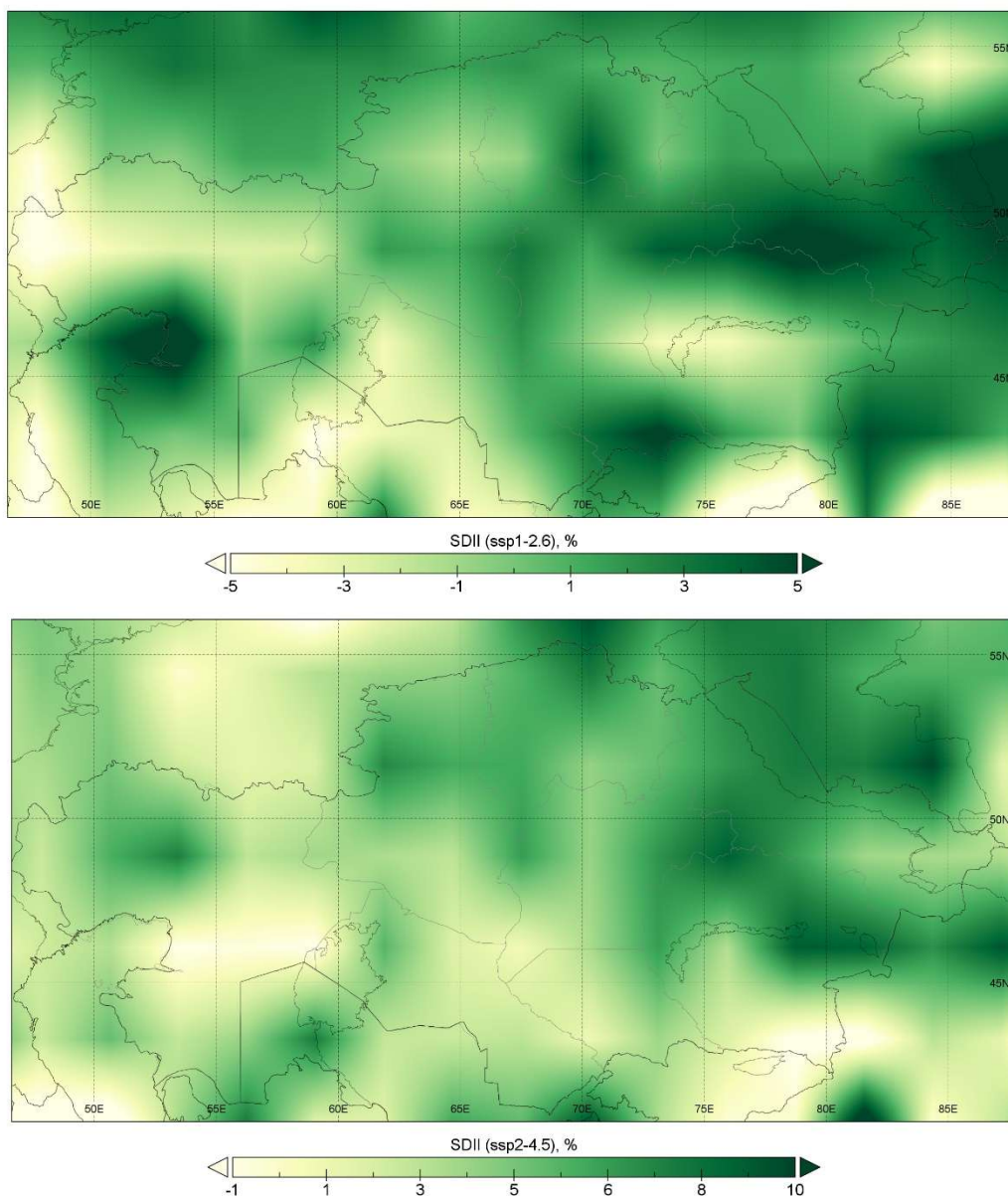
SSP1-2,6 сценарийі бойынша құрғақ күндер (CDD,  $PR < 1,0$  мм) елдің қиыр оңтүстігінде ғана 5 % өсуді құрайды, ал SSP2-4,5 сценарийі бойынша елдің батыс, оңтүстік, оңтүстік, оңтүстік-шығыс және орталық бөліктерінде құрғақ күндер өсуі 8-ден 30 %-ға дейін болады деп күтіледі (18-сурет).



Сурет 18 – CanESM5 (CMIP6) моделі бойынша 2025-2049 жылдар кезеңімен салыстырғанда 2050-2074 жылдарға арналған SSP1-2.6 және SSP2-4.5 радиациялық сәулелену сценарийлеріне арналған құрғақ күндер индексінің CDD болжамдары (%)

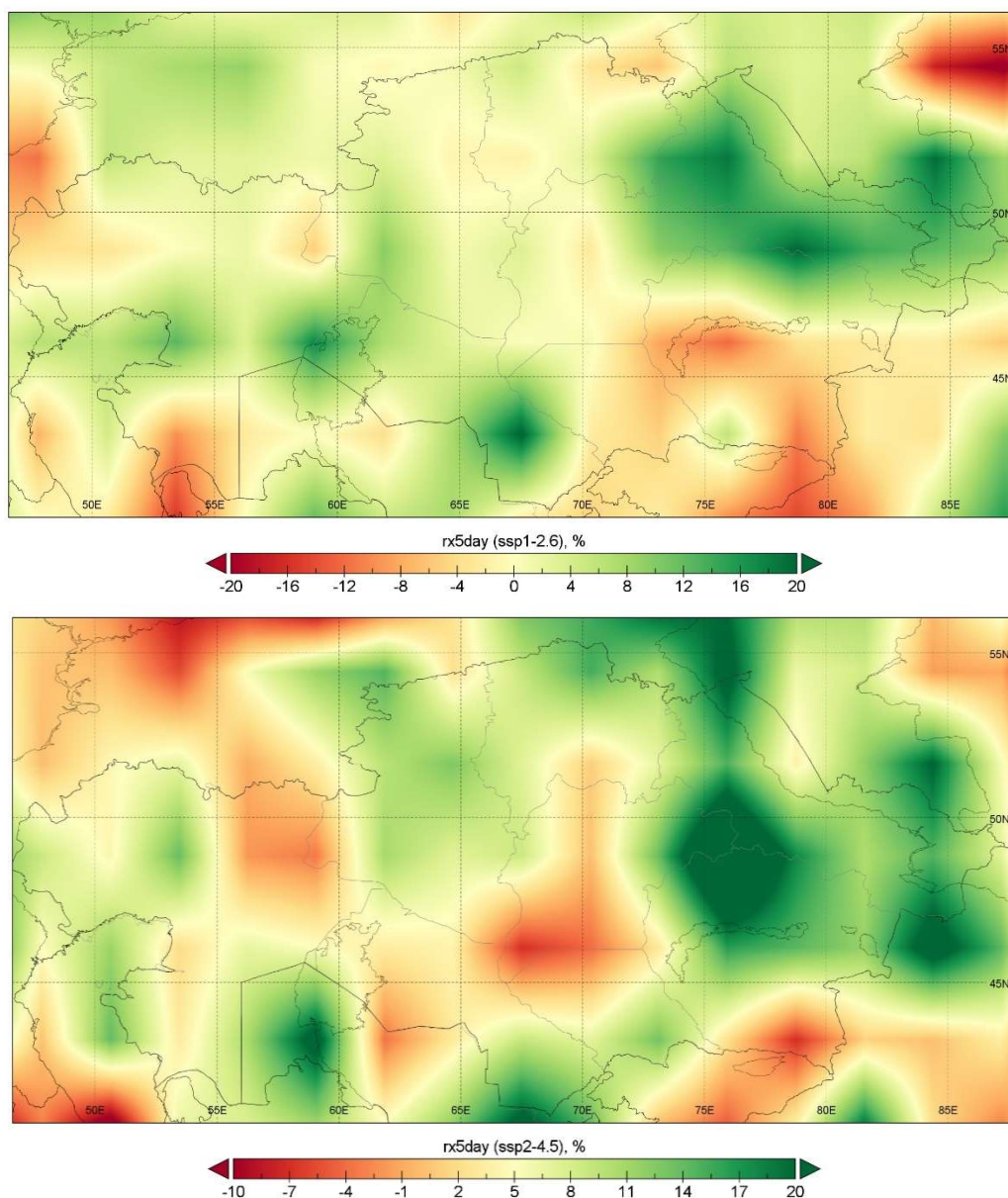
Бұлғалды күндер санына бөлінген жылдық жалпы жауын-шашын (жалпы  $PR \geq 1$  мм, SDII) солтүстік-шығыс бөлігінде 5 %-ға ұлғаяды, бұл ретте төмендеу елдің қиыр батыс бөлігінде 3-5 % (ssp1-2,6) диапазонында белгіленеді. 2025-2049 жылдардағы кезеңмен салыстырғанда 2050-2074 жж. SSP2-4,5

сценарийі бойынша тұтастай алғанда бүкіл ел бойынша SDII индексі 1-10 %-ға өсіп, елдің оңтүстік-батыс бөлігінде 1 %-ға төмендеу күтілуде (19-сурет).



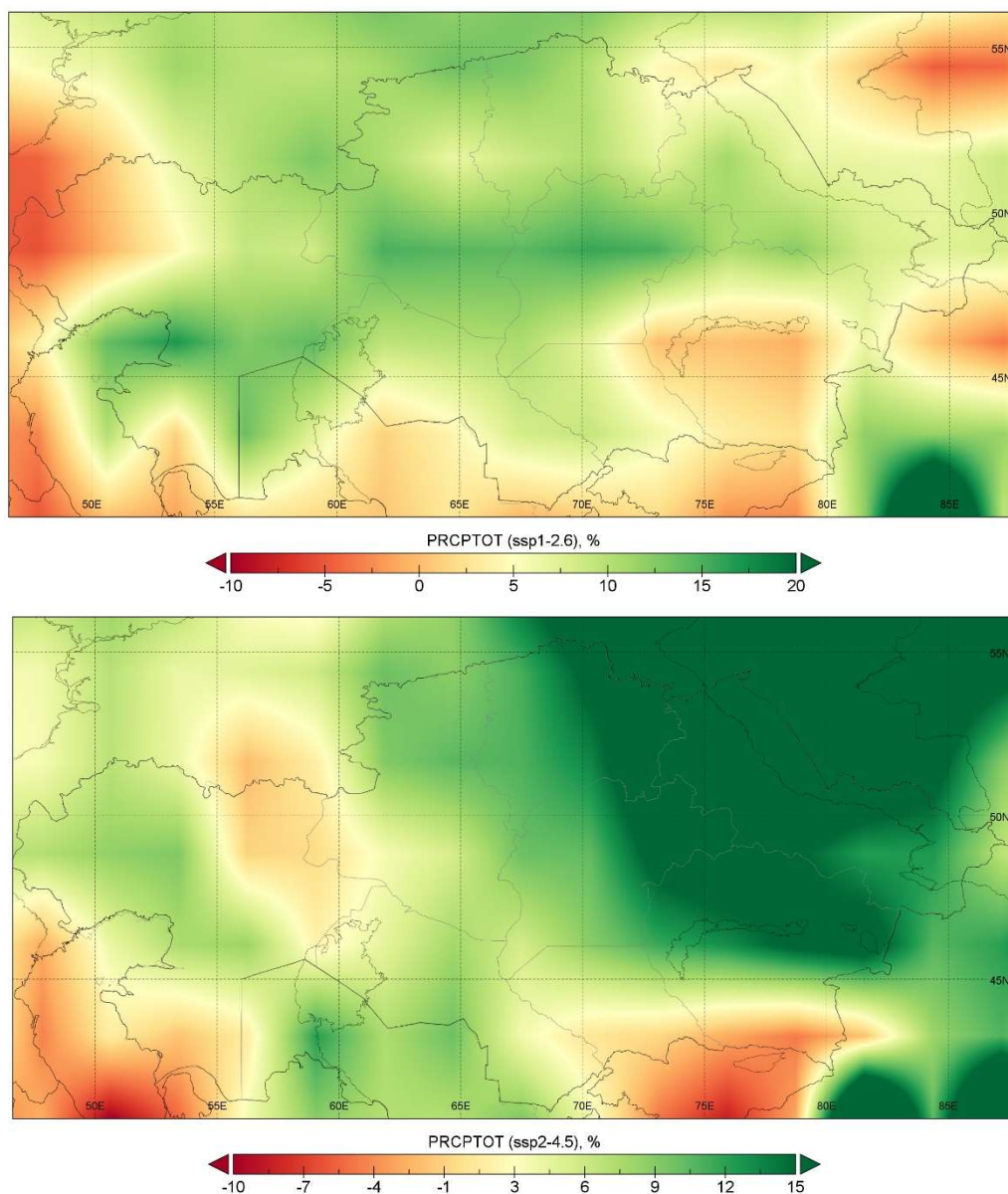
Сурет 19 – SSP1-2.6 және SSP2-4.5 радиациялық сәулелену сценарийлері бойынша CanESM5 (CMIP6) моделі бойынша 2025-2049 жылдар кезеңімен салыстырғанда 2050-2074 жылдарға арналған жауын-шашынның қарқындылығын көрсететін SDII болжамдары

Rx5day (5 күн ішіндегі ең максималды жауын-шашын жиынтығы) өзгерістердің екі сценарийінде де солтүстік-шығыста 8-ден 20 %-ға дейін өседі. Индекстің 4-12 %-ға төмендеуі Балқаш, Алакөл, Сасықкөл және Қошқаркөл көлдерінің аумағында күтіледі (ssp1-2,6, 20-сурет). Қарқынды жауын-шашын халық шаруашылығына үлкен зиян келтіреді (байланыс жолдары мен көпірлердің қирауы, су тасқыны, топырақ эрозиясы, қар құрсауы т.б.).



Сурет 20 – SSP1-2.6 және SSP2-4.5 радиациялық сәулелену сценарийлері бойынша CanESM5 (CMIP6) моделі бойынша 2025-2049 жылдар кезеңімен салыстырғанда 2050-2074 жылдарға арналған Rx5day болжамдары

Жылдық жауын-шашын мөлшері (PRCPTOT, тәуліктік  $PR \geq 1,0$  мм) жылдық қосындысы қиыр батыста 10 % және Балқаш көлі ауданында 2 %-ға азаяды. SSP2-4.5 радиациялық сәулелену сценарийі бойынша республика аумағында жауын-шашынның жылдық мөлшері 1 %-дан 15 %-ға дейін өседі (21-сурет).



Сурет 21 – SSP1-2.6 және SSP2-4.5 радиациялық әсер сценарийлері бойынша CanESM5 (CMIP6) моделі бойынша 2025-2049 жылдар кезеңімен салыстырғанда 2050-2074 жылдарға арналған PRCPTOT болжамдары (%)

Батыс және Оңтүстік Қазақстанның кейбір өңірлерінде қазірдің өзінде ауыл шаруашылығында және ауыз сумен жабдықтауда су тапшылығы байқалады. Жұмыс жауын-шашынның тенденциясын ескере отырып, болашақта көлдердің су ресурстарын пайдалану мүмкіндігін қарастыруға мүмкіндік береді, өйткені жауын-шашын көп жағдайда көлдердің деңгейлік режимін анықтайды.

Бұл зерттеудің нәтижелері су ресурстарын жоспарлау мен басқаруда пайдалы болды. Жұмыс қорытындысы бойынша Шалқар (БҚО), Шалқар (Ақтөбе) көлдері орналасқан Қазақстанның батыс бөлігінде жауын-шашынның азаю үрдісі 1976-2018 жж. кезеңінде қыс, жаз, күз мезгілдерінде анықталды. Болжамды деректер бойынша да Шалқар (БҚО), Шалқар (Ақтөбе облысы) көлдерінің аудандарында да болашақта айлар бойынша жауын-шашынның азаюы күтіледі.

### 3.4 Жел жылдамдығы мен бағытының таралу ерекшеліктері

Жел – ауаның жер бетіне қатысты горизонталь бағытта қозғалысы. Қазақстанда жел режимі атмосфераның жалпы циркуляциясы мен орография ерекшеліктеріне байланысты сипатталады. Жел атмосфераның әр жерінде қысымның біркелкі болмауынан туындайды. Қысым вертикалды да, горизонталды да бағытта өзгермелі келетіндіктен, ауа жерге қарай белгілі бір бұрышпен көлбеу қозғалады. Желдің жылдамдығы м/с, км/сағ-пен есептелінеді. Теңізшілер жел жылдамдығын көз мөлшермен анықтағанда Бофорт шкаласын қолданып балмен есептейді.

Жылғалы ағыс – бұл жоғарғы тропосферадағы немесе стратосферадағы қатты жіңішке ағын. Ол үлкен вертикалды немесе горизонталды желдің қозғалуымен және бір немесе бірнеше максималды жылдамдықпен сипатталады. Бұл анықтаманың кемшілігі жылғалы ағыстың жоғары фронталды аумақпен байланыстылығы көрсетілмеген және олар тек тропосфера мен стратосферада ғана емес, соныменқатар атмосфераның жоғарғы қабаттарында да пайда болуы мүмкін.

Жылғалы ағыстар ұзындығы мыңдаған километрге, ал ені бойынша жүздеген километр қалыңдықта таралады. Вертикалды қозғалуы 1 км-де 10 м/с-қа, ал 100 км-ден 100 м/с-қа жетеді. Жылғалы ағыс өсінде желдің төменгі жылдамдығы 30 м/с-қа тең.

Жылғалы ағыстың қарқындылығы – берілген жердегі немесе аудандағы желдің жылдамдығымен бағаланады.

Барлық жылғалы ағыстарды 3 топқа ажыратуға болады:

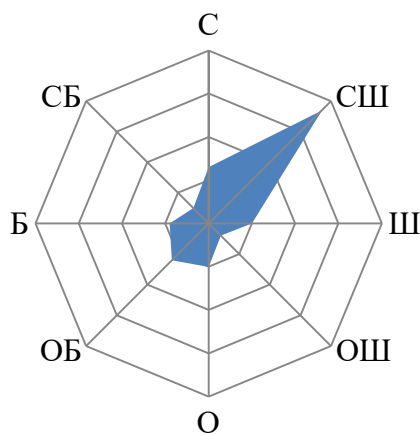
- 1) тропосферадағы ЖФА-тағы жылғалы ағыс;
- 2) стратосферадағы жылғалы ағыс;
- 3) атмосфераның жоғарғы қабатындағы жылғалы ағыс.

Бірінші топқа жоғарғы фронталды аумаққа (ЖФА) жоғарғы және төменгі ендіктердегі жылғалы ағыстар кіреді. Олар тропосферадағы жоғарғы фронталды аумақпен және негізгі фронталды бөлімдермен және субтропикалық, тропосфералық жылғалы ағыстармен байланысты. Арктикалық жылғалы ағыс үлкен қозғалмалыққа және қарқындылығының өзгермелілігіне ие. Олардың өсі 6-8 км биіктікте орналасады. Арктикалық жылғалы ағыстың қарқындылығы орташа алғанда аса үлкен емес, бірақ жеке жағдайларда желдің максималды жылдамдығы 50 - 60 м/с жетуі мүмкін. Орташа ендіктердегі жылғалы ағыстар арктикалық жылғалы ағыстар сияқты орнының үлкен өзгермешілігіне және қарқындылыққа ие. Бұл ағыстар 8 - 11 км биіктікте орналасады. Бұл жылғалы ағыстар орташа қарқындылығы арктикалық жылғалы ағыстардан біршама жоғары. Желдің максималды жылдамдығы қыста 80-100 м/с-қа жетеді, ал кейде 120-130 м/с-қа дейін жетуі мүмкін. Жазда желдің максималды жылдамдығы қысқа қарағанда аз, жиірек 60 - 70 м/с-қа жетеді. Орташа ендіктерде қыста жылғалы ағыстың біршама жоғары қарқындылығы солтүстік Американың шығыс жағалауында және Азияда байқалады.

Субтропикалық жылғалы ағыс көбіне қыста бақыланады. Олар қатты шығыс желдері түрінде солтүстік субтропикалық антициклондық периферия бойында үздіксіз белдеу түрінде көрініс береді. Бұл ағыстың өсінің биіктігі негізінде 11-13 км биіктікте байқалады. Желдің максималды жылдамдығы қыста 120-130 м/с-қа, ал материктің шығыс жағалауында 140-160 м/с жетеді.

Тропосфералық жылғалы ағыстың орташа қарқындылығы қыста жаздан карағанда 1,3-1,5 есе жоғары. Қыстан жазға қарай тропосфералық жылғалы ағыстың барлық түрлері солтүстікке ығысады. Осындай жағдайда субтропиктік жылғалы ағыс қатты өзгеріске  $130^{\circ}$ -та  $41^{\circ}$ с.е. ұшырайды. Ал, арктикалық жылғалы ағыс аса өзгермейді.

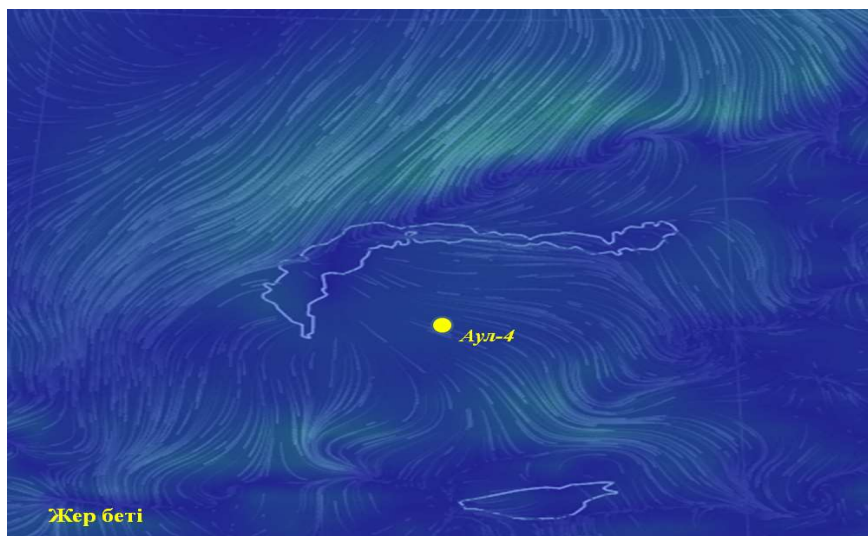
Стратосфералық жылғалы ағыс бағыты біршама батысқа бағытталып қыста барлық ендіктерде бақыланады. Олар жоғарғы фронталды аумақпен байланысты болады. Оның қарқындылығы желдің орташа жылдамдығымен анықталады, оның өсіндегі жылдамдығы шамамен 60 м/с. Бұл жылғалы ағыстың өсі поляр түніндегі аймақ сияқты стратосферададан жоғары, яғни мезосферада орналасады. Сондықтан, бұл жылғалы ағыстарды стратосфералық ағыстар деп атау келісілгенімен, оларды жоғары атмосфераның жоғарғы фронталды аумағының жылғалы ағыстарына жатқызу керек. Стратосфералық жылғалы ағыстарға экваторлық жылғалы ағыстар кіреді. Оның өсі 25-30 км биіктікте орналасады. Олар экватордан  $15-20^{\circ}$  ендіктен алыс емес аралықта орналасады. Солтүстік жарты шарда экваторлық жылғалы ағыстың жазда қарқындылығы жоғарырақ болады. Яғни, ол экватордан біршама алысырақ орналасқан кезде болады. Экваторлық жылғалы ағыс режимі тұрақсыздығымен ерекшеленеді [109]. Балқаш бойынша желдің басым болатын бағыты 22-суретте келтірілді.



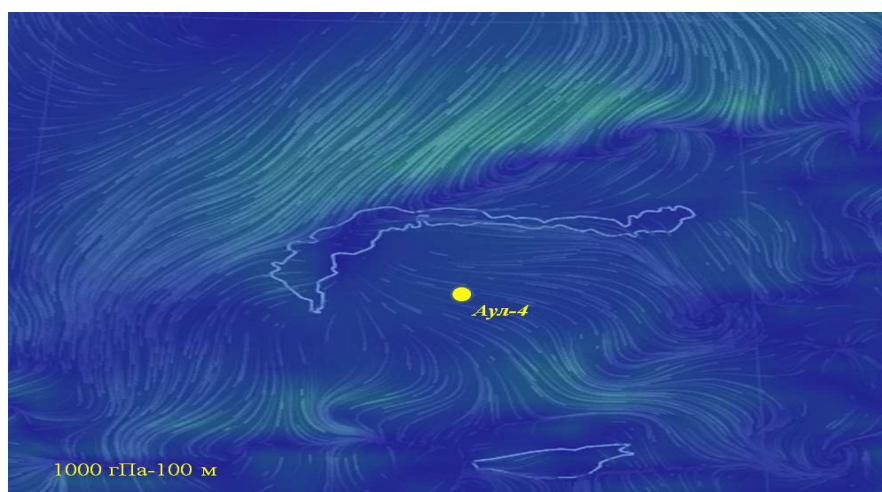
Сурет 22 – Балқаш бойынша желдің басым бағыты

22-суретте көрсетілгендей Балқаштағы басым болатын желдің бағыты тұрғызылды. Балқаш аумағында жел солтүстік-шығыстан, оңтүстік-батыс бағытына қарай соғатыны анықталды. Жел бағытын білу ластаушы заттардың трансшекаралық тасмалдануын анықтаудағы маңызды сипаттама болып табылады.

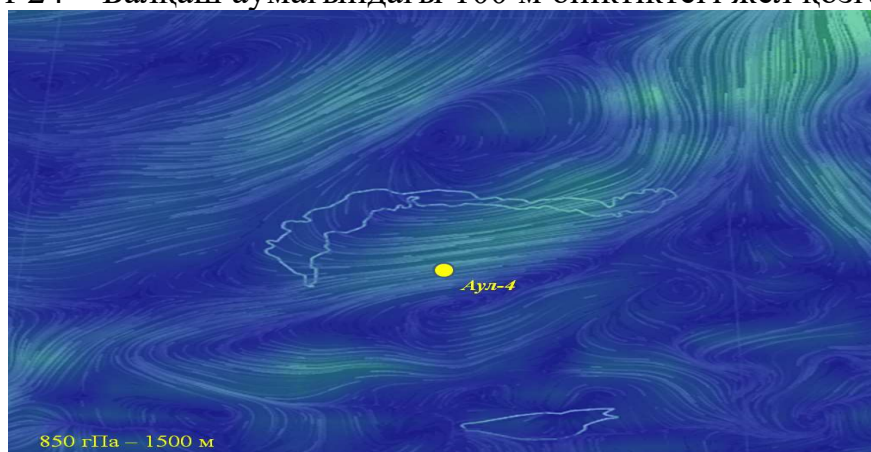
Келесіде биіктік бойынша әр деңгейдегі жел қозғалысының суреті келтірілді (23, 24, 25-суреттер).



Сурет 23 – Балқаш аумағындағы жер беті бойынша жел қозғалысы



Сурет 24 – Балқаш аумағындағы 100 м биіктіктегі жел қозғалысы



Сурет 25 – Балқаш аумағындағы 1500 м биіктіктегі жел қозғалысы



23, 24-суреттерде көрсетілгендей, желдің жер бетіндегі және 100 м биіктіктегі қозғалу бағыты солтүстік-батыс бағыттан оңтүстік-шығысты айқындады, яғни Балқаштан, Аул-4-ке қарай бағытталып соғатын жел бақыланды.

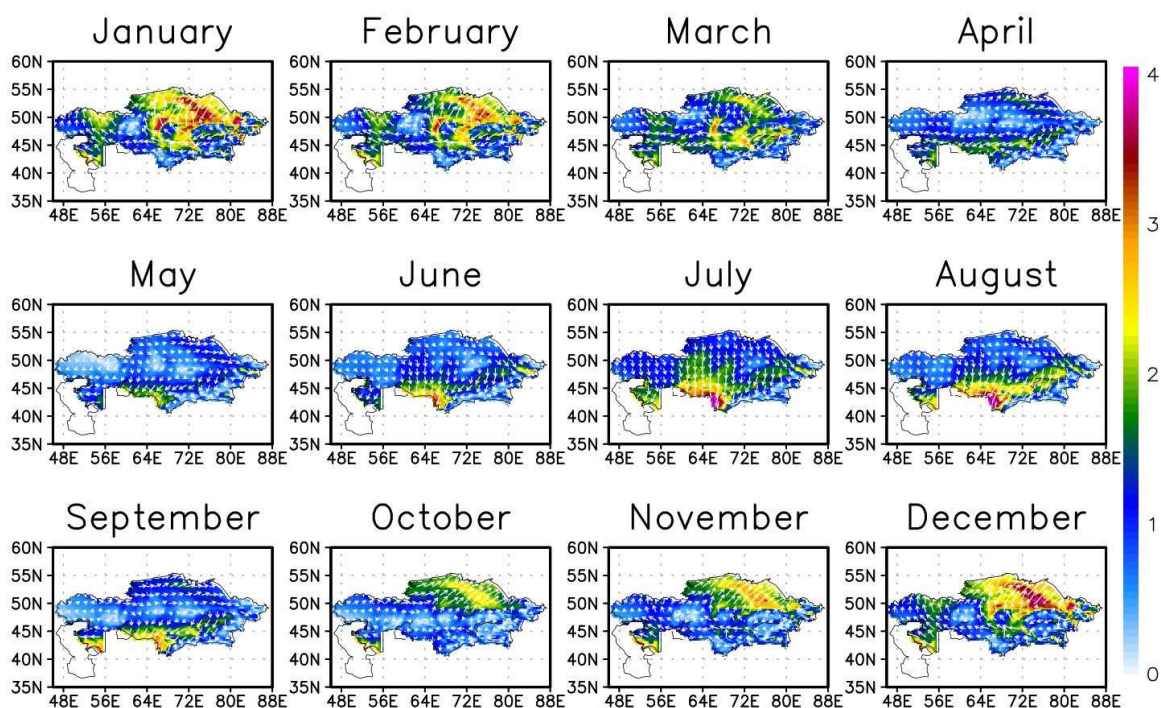
1500 м биіктіктегі жел қозғалысы келтірілген суретте биіктіктегі жоғары жылдамдықтағы желдің бағыты Балқаш көлінің батыс бөлігінен Аул-4-ке қарай соғатыны анықталды (25-сурет).

Тұрақты тасталым параметрлері кезінде атмосфераның ластану деңгейі климаттық жағдайларға айтарлықтай байланысты: қоспалардың атмосферадағы бағыты, тасымалдануы және таралуы, күн радиациясының қарқындылығы қоспалардың фотохимиялық түрленуін және атмосфера ластануынан екінші реттік өнімдерінің пайда болуын анықтаса, ал атмосферадағы қоспалардың шайылуына әкелетін жауын-шашын мөлшері мен ұзақтығы да ең маңызды климаттық көрсеткіштердің бірі болып табылады [110]. Сондықтан, атмосфераның ластануын төмендету кезінде қарастырылып отырған аумақтағы климаттық жағдайлардың өзіне тән ерекшеліктерін ескере отырып, технологиялық құралдармен жүзеге асырылуы керек.

Жел жылдамдығы қоспалардың тасымалдануы мен таралуына ықпал етеді. Өйткені, желдің күшеюімен ауа қабаттарының араласу қарқындылығы артады. Жоғары тасталым көздері аймағында әлсіз жел кезінде қоспалардың жоғары қарай бағытталуына байланысты жерге жақын концентрациялар төмендейді. Қатты жел кезінде қоспаның бастапқы көтерілу жылдамдығы азаяды, бірақ қоспаның айтарлықтай қашықтыққа тасымалдану жылдамдығы артады. Қоспаның максималды концентрациясы әдетте белгілі бір жылдамдықпен байқалады, оны қауіпті деп атайды [111]. Қауіпті жел жылдамдығы тасталым параметрлеріне байланысты. Атмосфералық ауаға қатысты түтін газдарының үлкен қызуы бар қуатты шығару көздері үшін, мысалы, жылу электр станциялары үшін ол 5-7 м/с құрайды.

Қоспалардың таралуына төселме беттің біркелкі еместігінен туындаған реттелген тік қозғалыстар да әсер етеді. Кедір-бұдырлы жерлерде – көтерілу қозғалыстары, ал еңіс беткейлерде – төмендеу қозғалыстары, жазда су айдындарының үстінде – төмендеу қозғалыстары, ал жағалау аймақтарында – көтерілу қозғалыстары болады. Төмендегенде беттік концентрациялар артады, жоғарылағанда олар азаяды. Кейбір рельеф пішіндерінде, мысалы, қазаншұңқырда ауа тоқырауға ұшырайды, бұл төселме беттің маңайында зиянды заттардың жиналуына әкеледі.

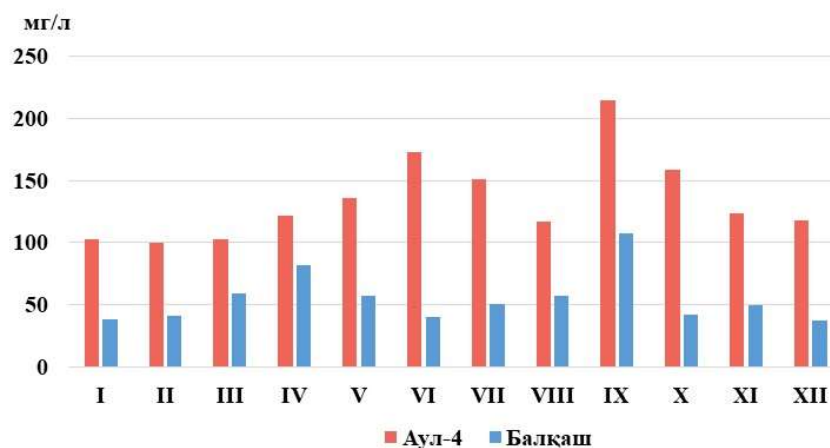
## Wind Climatology (Time Period: 1979–2018)



Сурет 26 – ERA 5 реанализінің мәліметі бойынша 1979-2018 жж. аралығында Қазақстан территориясы бойынша алынған желдің жылдамдығы мен бағыты

1979-2018 жж. аралығындағы ERA 5 реанализінің көпжылдық орташаланған климаттық сипаттамасы бойынша жылдың 12 айында да Балқаш маңынан Аул-4-ке қарай соғатын желдің солтүстік-шығыстан оңтүстік-батысқа бағытталған бағыты бақыланды. Бұл бағыт нақты мәліметтер бойынша тұрғызылған 22-суретпен сәйкес келеді. Жел жылдамдығы жылдың суық кезеңінің желтоқсан-наурыз айларында 2-2,5 м/с құраса, қазан-қарашада 0,5-1 м/с болды (Бофортпен 1 баллға тең, баяу тыныш жел). Балқаш маңында ең жоғары жел жылдамдығы тамыз айында 2,6-2,7 м/с құрады, бұл Бофорт шкаласы бойынша 2 баллға тең болып жеңіл жел жылдамдығымен сипатталады.

МС Аул-4 және МС Балқаш бойынша 2005-2018 жылдардағы иондардың қосындысындағы орташа концентрацияларды салыстыру бірнеше әдістермен бағаланды: 2005-2018 жылдар аралығындағы Аул-4 және Балқаш станцияларының орташа мәндерін салыстыру арқылы. Аул-4 және Балқаш үшін орташа және дисперсия мәндеріндегі айырмашылықтың статистикалық маңыздылығы Студенттің t-тесті және Фишердің F-тесті арқылы сәйкесінше  $\alpha = 0,05$  мәнділік деңгейінде тексерілді (10-кесте).



Сурет 27 – Аул-4 және Балқаш метеорологиялық станциялары бойынша 2005-2015 жылдардағы ион сомасының орташа айлық мөлшері

Кесте 10 – Аул-4 және Балқаш бойынша 2005-2018 жж. ион сомасының статистикалық сипаттамасы

Ай	Балқаш бойынша 2005-2018 жж. ион сомасының орташа мәні, мг/л	Аул-4 бойынша 2005-2018 жж. ион сомасының орташа мәні, мг/л	Аул-4 және Балқаш бойынша 2005-2018 жж. орташа ион сомасының айырмашылығы, мг/л	t-test	f-test
қаңтар	38,2	102,9	64,7	7,986	3,926
ақпан	41	100,1	59,1	5,278	5,971
наурыз	59,4	102,8	43,4	2,226	0,191
сәуір	81,7	121,9	40,2	1,971	0,175
мамыр	57,5	135,5	78,0	5,288	1,598
маусым	40,6	172,6	132,0	6,630	12,557
шілде	50,5	151,4	100,9	4,984	0,711
тамыз	57,2	117,4	60,2	2,701	2,888
қыркүйек	107,3	214,3	107,0	2,065	2,035
қазан	42,4	158,8	116,4	6,193	19,587
қараша	50,1	124,0	73,9	3,837	1,101
желтоқсан	37,1	118,0	80,9	5,697	9,769

Ескертпелер

1 Стьюденттің t-тесті бойынша орташа мәндердің статистикалық маңызды айырмашылығы жасыл түспен көрсетілді;

2 Фишердің F-тесті бойынша дисперсияның статистикалық маңызды айырмашылығы көк түспен көрсетілді.

Көп жағдайда дерлік 2005-2018 жылдардағы иондардың орташа айлық мөлшерінің мәні Аул-4-те Балқашқа қарағанда жоғары болды (27-сурет). Максималды статистикалық маңызды өсім маусым-шілде және қыркүйек-қазан айларында 100,9...132 мг/л диапазонында анықталды. Барлық басқа айларда 43,4...80,9 мг/л диапазонында иондар концентрациясының статистикалық

маңызды өсуі бақыланды. Сәуір айында ғана (40,2 мг/л) ион мөлшерінің өсуі статистикалық маңыздылыққа ие болмады. Қаңтар, ақпан, маусым, қазан, желтоқсан айларында Аул-4 және Балқашта дисперсиялар арасындағы статистикалық маңызды алшақтық анықталды (10-кесте).

Зерттеу барысында тасымалданудың орын алғаны анықталды. Ең жоғары концентрациялар Аул-4-те бақыланды, яғни Балқаштағы ластану көздерінен тасымалданды. Сондай-ақ, Қазгидромет РМК жыл сайынғы бюллетенінде атмосфералық жауын-шашынның ластануының ең жоғары деңгейі бірнеше жыл қатарынан МС Аул-4-те анықталды [112].

## 4 Мониторингтік көлдер суларының сапасын кешенді бағалау

### 4.1 Мониторингтік көлдердің сипаттамасы

Балқаш-Алакөл су шаруашылық бассейнінде орналасып, су айнасының ауданы 100 км<sup>2</sup> асатын ірі көлдерге: Балқаш, Алакөл, Сасықкөл және Қошқаркөл жатады. Балқаш көлі алабы мен Алакөл көлдері Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан және жалпы ауданымен Алматы облысының аумағын, Шығыс Қазақстан облысының оңтүстік бөлігін және Жамбыл облысының Мойынқұм ауданының шығыс бөлігін шамамен 570 мың км<sup>2</sup> қамтиды.

Балқаш маңының көп бөлігін Қазақстанның ұсақ шоқылары алып жатыр. Шыңғыстау жотасы Қазақстанның қатпарлы – таулы көтерілімдерін құрап, солтүстіктен оңтүстік-шығысқа қарай 200 км-ден астам жерге созылып жатыр. Оның биіктігі 500-600 м-ге жетеді.

Тарбағатай жотасы қарастырылып отырған ауданның, оңтүстік – батыс және солтүстік – батыс беткейлерін алып жатыр.

Балқаш ойпатының жазықтары ауданның негізгі орталық аумағын құрайды. Ол Солтүстік Балқаш маңы үстірті мен Алакөл ойпаты жазықтарына бөлінеді. Солтүстік Балқаш маңы жазықтары Балқаш көлі қазаншұңқырын қоршап жатыр. Оның орташа биіктігі 400-450 м-ге жетеді.

Іле өзені алабының аумағын үш гидрологиялық ауданға бөлуге болады:

- 1) Балқаш маңы құмдауыт-жазықтық аудан;
- 2) Іле маңы таулық аудан;
- 3) Шығыс тауішілік аудан.

Іле өзенінің төменгі ағысына жанасып жатқан Балқаш маңы құмдауыт-жазықтық ауданды Оңтүстік Балқаш маңы деп атайды. Жер бетінің құрылымына қарай, бұл аудан құмдақты болып келеді. Балқаш маңы құмдауыт-жазықтық ауданы теңіз деңгейінен айтарлықтай биікте орналаспауымен сипатталып, биіктігі теңіз деңгейінен 350-400 м құрайды.

Қарастырылып отырған ауданның, физикалық – географиялық жағдайына қарай Іле өзенінің төменгі тұсында ағындының пайда болуы жүрмейді, керісінше бұл аудан Іле өзені ағындысын бөлуші ауданы болып табылады.

Іле маңы таулық аудан Іле Алатауының солтүстік баурайларын алып жатыр. Іле Алатауының орталық бөлігінде биік және мықты мұздықтар бар. Мұнда Іле Алатауының ең биік шыңы Талғар шыңы орналасқан, оның биіктігі 5017 м.

Іле Алатауы тауының биіктігі батыс пен шығысқа қарай төмендейді. Шығыс бөлігінде Сарытау мен Далашық жоталарында биіктік 3600-3800 м дейін, ал Шелек өзені аңғарындағы Торайғыр және Сөгеті-Бөгеті тауларының биіктігі одан да төмен.

Шығыс тауішілік аудан, Балқаш көлі алабының Іле өзенін басып өтетін шығыс бөлігін алады. Алаптың аталған бөлігін айнала таулар қоршап жатыр. Жоңғар Алатауы ауданның солтүстік шекарасы болса, шығыс шекарасы Іле Алатауы және оңтүстігінде Теріскей Алатауымен шектеледі.

Балқаш көлі маңының климаты континенталды. Олар жазық, аласа таулы және таулы аумақтары бір-бірінен ерекшеленеді. Жазықтық және аласа таулы аудандарда көбінесе ауа температурасының үлкен ауытқулары, қысы суық, жазы құрғақ, ыстық және созылмалы болып келеді. Таулы аудандардағы климат бірқалыпсыз, көбінесе ол жергілікті жердің биіктігі мен жер бедерінің түріне байланысты.

Алаптың үлкен көлемі, климаты мен жер бедерінің бірқалыпсыздығы, табиғи жағдайлардың әртүрлілігі Балқаш маңы шөлді алабынан солтүстік Тянь-Шаньның таулы тізбегіне дейін айқындалады. Орфографиясы жағынан алап үш бөлікке бөлінеді. Негізінен Қазақ ұсақшоқысының маңында орналасқан солтүстік және солтүстік-батыс бөлігі. Алаптың бұл бөлігінің жер бедеріне жоталары сайлармен тілімденген шоқылары бар жазықтықтар тән. Жергілікті жердегі шекаралар биіктігі 30 м-ден 40 м-ге дейін жетеді, кейде 100 м-ден 200 м-ге дейін болады. Қазақ ұсақшоқысының оңтүстік шетінен оңтүстік-шығыс таулы тізбегіне дейін созылып жатқан орталық бөлігі – Балқаш ойпаты. Үстірт – шоқылар, төбелер, құрғақ аңғарлар және құрғап кеткен өзендермен кесілген. Ойпаттың оңтүстік жағында негізінен – Таукұм, Мойынқұм, Сарыесік-Атырау құмды шөлдері орналасқан. Алаптың оңтүстік-шығыс пен оңтүстік бөлігі Қазақ-Жоңғар таулы аумағы мен Тянь-Шань таулы жүйесінің солтүстік тізбегімен шектелген. Қазақ-Жоңғар таулы аумағының құрамына биіктігі 2000 м-ден 4000 м-ге жететін Жоңғар Алатауының тауларына кіретін Тарбағатай тауы, Жайыр, Ұрқашыр көтерілімдері, Барлық пен Майлы таулары жатады. Жоңғар Алатауының жалғасы – Борохоро тауы. Бұл жердің абсолютті биіктігі 500 м-ден 600 м-ге дейін өзгереді. [113, 114, 115, 116].

Балқаш теңіз деңгейінен шамамен 340 м биіктікте жатыр. Оның ұзындығы шамамен 600 км, ені шығыс бөлігінде 9-19 км-ден батысында 74 км-ге дейін өзгереді. Жағалау сызығының ұзындығы 2385 км [117]. Шамамен көлдің ортасында орналасқан Сарыесік түбегі оны гидрографиялық жағынан екі бөлікке бөледі. Батыс бөлігі салыстырмалы түрде таяз және тұщы, ал шығыс бөлігінің суы тереңірек және тұзды. Көлдің алабы бірнеше шағын ойпаңдардан тұрады. Балқаштың батыс бөлігінде тереңдігі 7-11 м-ге жететін екі ойпаң бар – оның бірі батыс жағалауынан Тасарал аралынан Қоржынтүбек мүйісіне дейін, екіншісі Балқаштың батысындағы ең терең жер болып табылатын Бертіс шығанағынан оңтүстікке қарай созылып жатыр. Балқаштың шығыс бөлігінің тереңдігі 16 м болса, бүкіл шығыс бөлігінің ең үлкен тереңдігі 27 м [118]. Бүкіл көлдің орташа тереңдігі 5,8 м, суының жалпы көлемі шамамен 112 км<sup>3</sup>.

Балқаш көліндегі ихтиофаунаны зерттеудің бастамасын 1840 жылы А.Л. Шренк салып, 1869-1871 жылдары А.П. Федченко жалғастырды. Одан кейінгі кезеңдерде А.М. Никольский (1884), Л.С. Берг (1903), П.Ф. Домрачев (1928 жылдан), Е.В. Бурмакин, Г.В. Домбровский, П.А. Дрягин және тағы басқалар зерттеулер жүргізді [119].

1928 жылдан бастап Түрксіб құрылысқа жәрдемдесу комитеті мен П.Ф. Домрачев басқаратын Тәжірибелік агрономия институтының қолданбалы ихтиология бөлімі ұйымдастырған Балқаш экспедициясы көлде жұмыс істей

бастады. Экспедицияның негізгі міндеті көлдің балық шаруашылығы құндылығын анықтау болды. Сонымен қатар, судың тереңдігі, химиялық құрамы, түпкі топырақтары, температуралық жағдайлары, жануарлар дүниесі зерттелді. Төрт жыл ішінде бұл экспедиция көлдің табиғатынан көптеген жаңа нәрселерді ашты. Алынған ғылыми нәтижелер су қоймасының шаруашылық дамуының басталуына әкелді. Оларды бірінші, ең құнды, көлемі жағынан үлкен және мазмұны жағынан жан-жақты деп қарастырған жөн. Олар бүгінгі күнге дейін өз маңызын жойған жоқ. Домрачев экспедиция барысы және оның нәтижелері (1929-1940) туралы 14 еңбек жариялады.

Алакөл көлдер жүйесінің ең толық қысқаша мазмұны Н.Ә. Әмірғалиев, С.Р. Тимирханов, Ш.Ә. Әлпейісов еңбектерінде берілген [120]. П. Романов, А. Шренк, О. Финн және А. Брем, И.С. Поляков, А.А. Кушакевич, В.В. Сапожников (1840-1904) зерттеулердің бірінші кезеңінде Алакөл көлдері алабында болды. Бұл кезеңде бассейннің бірегей ихтиофаунасы, оның ішінде 10 жаңа балық түрі сипатталды.

Алакөл, Сасықкөл, Қошқаркөл көлдеріне деген қызығушылық 1932 және 1933 жылдардан кейін көлге сазан балығы енгізілгеннен кейін пайда болды. 1939 жылы Н.Г. Некрашевич басқарған КазГУ экспедициясы көлдерге барды. Мәліметтер оның «Ала-Көл көлдерінің балықтары» атты диссертациясында берілді. Кейінгі зерттеулерде балық шаруашылығы сипатында болды. 1954 жылы көлдерге Қазақ КСР Ғылым Академиясы Зоология институтының экспедициясы барып, оған П.Ф. Мартехов пен А.С. Малиновская қатысты. Н.П. Серов жергілікті балық түрлерінің таралуын нақтылады [121].

Алакөл – Қазақстанның оңтүстік-шығысында, Абай және Жетісу облыстарының шекарасында, Балқаш-Алакөл ойпатының шығыс бөлігінде орналасқан. Балқаш-Алакөл ойпатының шығысындағы жартылай шөлейт аймақта, көмір кен орнының жанында 343 метр биіктікте көлдің оңтүстік-шығысында Жоңғар қақпасы асуы орналасқан. Көл батыстан шығысқа қарай созылып, ауданы (аралдармен) 2696 км<sup>2</sup>, ұзындығы 104 км, максималды ені 52 км, тереңдігі 54 м дейін, су көлемі 58,56 км<sup>3</sup> құрайды [122]. Суға түсу маусымы шамамен 3,5 айға созылады (маусымнан қыркүйектің ортасына дейін). Алакөл, Қошқаркөл, Сасықкөл және Жалаңашкөл көлдері бассейнінің ауданы 55 000 км<sup>2</sup> дейін көлдер жүйесін құрайды.

Сасықкөл – Абай және Жетісу облыстарының шекарасында, Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы Балқаш-Алакөл ойпатының шығыс бөлігінде, теңіз деңгейінен 350 м биіктікте орналасқан көл. Сасықкөлдің су беті 736 км<sup>2</sup> (аралдармен бірге 747 км<sup>2</sup>), ұзындығы 49,6 км, ені 20 км-ге дейін, орташа тереңдігі 3,3 м, ең үлкен тереңдігі 4,7 м [123]. Су көлемі 2,43 млрд м<sup>3</sup>. Көлдің оңтүстік-шығыс бөлігінде ұзын Аралтөбе түбегі, солтүстік-батыс бөлігінде Аралтөбе аралы орналасқан.

Қошқаркөл – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы Алакөл алабындағы теңіз деңгейінен 349,8 м биіктікте орналасқан тұщы көл. Сасықкөл мен Алакөл көлдерінің арасында орналасқан және олармен бірге Алакөл көлдер тобына кіреді. Ауданы 120 км<sup>2</sup>, ұзындығы 18,3 км, ені 9,6 км. Орташа тереңдігі 4,07 м,

ең үлкен тереңдігі 5,8 м, көлемі 0,5 км<sup>3</sup>. Жағалау сызығының ұзындығы 57,3 км. Негізгі саласы Сасықкөлден ағып шығатын Жіңішкесу өзені.

Есіл су шаруашылығы бассейніне Бурабай, Үлкен және Кіші Шабакты көлдері жатады. Бурабай көлі – Қазақстанның солтүстігіндегі Ақмола облысы Бурабай ауданындағы Көкшетау қыратындағы тұйық көл. Көкшетау көлдері тобына кіреді. Ұзындығы 4,5 км, ені 3,9 км, орташа тереңдігі 4,5 м, ең терең жері 7 м, жағалауының ұзындығы 13,6 км, су жиналатын алабы 164 км<sup>2</sup>.

Үлкен Шабакты көлі Щучинск қаласынан солтүстікке қарай 16,5 км жерде Көкшетау тауының етегінде (947 м) орналасқан. Су бетінің ауданы шамамен 23 км<sup>2</sup>[124]. Көлдің орташа тереңдігі 11 м, басқа деректер бойынша – 14,4 м [125], максималды терең жері 33 м. Теңіз деңгейінен биіктігі 301,6 м. Көлдің ұзындығы 7,7 км, ені 4,7 км. Жағалау сызығы көптеген шығанақтарды құрайтын түбектермен қатты ойылған. Көлде бірқатар аралдар бар. Көл суының 40 % жер асты суын береді. Су Бурабай елді мекенінің (оңтүстік-шығыс жағалауында) ауыз суға, мал суаруға және әртүрлі шаруашылық қажеттіліктеріне пайдаланылады.

Кіші Шабакты көлі – Бурабай курорттық аймағындағы көлдер тобына кіреді. Тектоникалық көлдің мөлдір суларында кездесетін шабақ балықтарының арқасында осындай қызықты атауға ие болды. Көлдің жағасы кейбір жерлерде тасты, тегіс құмды жағажайлармен сипатталады. Оңтүстікке жақынырақ жартасты жағалаулар басталады. Максималды тереңдігі 12 метрге жетеді. Көлдің суы ішуге жарамсыз, өйткені ондағы судың дәмі тұзды. Кіші Шабакты – Бурабайдағы ең ұзын көлдердің бірі (ұзындығы 13,6 км). Көл республикалық маңызы бар ерекше қорғалатын объектілерге жатады. Көлдің бүкіл беті дерлік таза, сирек жерде қамыс өскіндерін кездестіруге болады. Көлде екі шағын, таяз шығанақтар бар. Құстар қопа немесе қамыспен жабылған жерлерге ұя салады. Кіші және Үлкен Шабакты көлдерінің табиғи ихтиофаунасы келесідей: алабұға, көксерке, күміс және алтын тұқы. Оларда акклиматизация жұмыстары 1958 жылы басталды.

Нұра-Сарысу алабында орналасқан Қоқай көлінде балықтың 10 түріне дейін кездеседі.

Батыс Қазақстан көлдерін зерттеуді Қазақ КСР Ғылым Академиясы Зоология институтының қызметкерлері 40-жылдардың аяғында бастады. Н.П.Серов (1956) балыққа морфологиялық сипаттама берді. Бұл көлдегі ихтиологиялық зерттеулерді 1935-1938 жж. ресейлік ғалымдар жүргізді.

Шалқар (Ақтөбе облысы) – Ақтөбе облысы Шалқар ауданындағы Шалқар (бұрынғы Челқар) қаласына жақын жерде орналасқан ерекше экологиялық, ғылыми және мәдени маңызы бар қоршаған ортаны қорғау объектілерінің тізіміне енгізілген көл. Көл жақын маңдағы теміржол станцияларын сумен қамтамасыз етеді [126]. Шалқар көлі теңіз деңгейінен 167 м биіктікте орналасқан. Әр түрлі уақытта көлдің ауданы 5,65-тен 7,9 км<sup>2</sup>-ге дейін өзгереді. Көлдің ұзындығы – 7 км.

Шалқар (БҚО) – Қазақстан Республикасындағы Батыс Қазақстан облысы Теректі ауданы аумағында, Орал қаласының оңтүстігінде орналасқан көл. Әр



жылдарда су айнасының ауданы 190-нан 200 км<sup>2</sup>-ге дейін өзгереді. Көл теңіз деңгейінен 17,5 метр биіктікте орналасқан. Көлдің ауданы 205,8 км<sup>2</sup>, орташа тереңдігі 5 м, максимумы 13 м, ені 14,7 км, ұзындығы 18,4 км. Көл солтүстіктен тұзды батпақтармен қоршалған [127].

Билікөл көлі – Жамбыл облысында, Талас және Жуалы облыстарының аумағында орналасқан көл. Билікөл көлінің ұзындығы 18 км, ені 8 км. Көлдің тереңдігі небәрі 3 метр, максималды тереңдігі 5 метр, көлдің орналасқан биіктігі теңіз деңгейінен 450 метр.

Марқакөл ойпаты Күршім және Азутау тау жоталарымен шектеседі. Солтүстік-шығысында Бобров ойпатымен түйіссе, оңтүстік-батысында Қалжыр өзенінің бойымен Зайсан алқабына шығады. Көл теңіз деңгейінен 1447 м биіктікте орналасып, сопақша ұзартылған пішінді және солтүстік-шығыстан оңтүстік-батысқа қарай созылып жатыр. Көлдің ұзындығы 38 км, ені 19 км, ауданы 455 км<sup>2</sup>, жағалау сызығының ұзындығы 106 км, орташа тереңдігі 14,3 м, ең тереңдігі 24-27 м. Су жинау алабы 1180 км<sup>2</sup>. Көлге барлығы 50 су ағысы құяды, олардың негізгілері Тополевка, Тихушка, Еловка, Қарабұлақ, Жиренка болып табылады. Көлден жалғыз Қалжыр өзені ағып жатыр [128].

Марқакөл ежелден саяхатшы – натуралистердің назарын аударған. Көлдің гидрофаунасын ұзақ мерзімді, жыл бойы стационарлық зерттеуді 1955 және 1956 жылдары В.П.Митрофанов пен В.А.Тен жүргізді. Содан кейін 1965 жылы – А.С. Малиновская және В.А. Тен зерттеулер жүргізді. Майқан эмбриондарының дамуын зерттеу нәтижесінде (Вотинов, 1963) Алтай су айдындарында оның климатқа бейімделу мүмкіндігін көрсетті. Майқан балығының мөлшері мен көші-қон уақыты туралы, сондай-ақ оның популяциясының жынысы мен жастық құрылымы туралы мәліметтерді Н.М. Кашкута (1978) келтірді. 1977 жылдан бастап көл Марқакөл эталондық экожүйені білдіретін мемлекеттік қорық аймағына кіреді.

#### **4.2 Мониторингтік көлдер суларының сапасын бағалау**

Бұл бөлімде Қазақстандағы зерттелетін көлдердің сапасы туралы мәліметтерді талдау және жалпылау нәтижелері берілді. Қазақстан көлдерін зерттеу және көл қорын сандық бағалау зерттеудің әртүрлі кезеңдерінде тереңдігімен, қамту кеңдігімен, егжей-тегжейлі және әдістемелік тәсілдерімен ерекшеленді. Осындай жағдай көл суларының химиялық құрамы мен сапа көрсеткіштерін зерттеуде де орын алды [129].

Қазақстандағы көлдер суының химиялық құрамын толығырақ зерттеу 1954-1955 жылдары басталды. Тың және тынайған жерлерді игеруге байланысты республиканың солтүстік облыстарының көлдері (Қостанай, Солтүстік Қазақстан, Көкшетау, Ақмола және Павлодар облыстары) зерттелді. [130, 131, 132, 134].

1955-1958 жж. М.Н.Тарасов [135] Балқаш көлінің гидрохимиялық режимін жан-жақты зерттеді. 1965-1971 жылдар аралығында Алакөл [136, 137] және Қорғалжын көл жүйелері [138, 139], соныменқатар Қарағанды облысының

көлдері [140], Қазақстанның бірқатар тұзды көлдері [141] жеткілікті деңгейде зерттелді 1980 жылдардың бірінші жартысында Қазақстанның барлық аймақтарындағы көлдерді сапалық тұрғыда зерттеулер кеңірек жүргізілді. Бұл көлдердің морфометриялық параметрлері және сулардың химиялық құрамы туралы нақты мәліметтер базасын құруға мүмкіндік берді [142]. Арал өңірінің қарқынды экологиялық деградациясына сәйкес келетін осы кезеңде Сырдария өзен атырауының көл жүйелерінің гидрохимиялық режимін егжей-тегжейлі зерттеу 1971-1978 жылдары жүргізілді [143, 144, 145].

Еріген оттегі табиғи сулардың ең маңызды құрамдас бөлігі және гидробиохимиялық жүйелердегі процестердің қарқындылығын анықтайды [146].

21 ғасырдың аяғынан бастап Winkler су объектілерінің оттегі режимін зерттеуді бастады [147]. W.E. Adeney және H.G. Becker 20 ғасырдың басында су мен атмосфера арасындағы оттегі алмасу механизмдерін белсенді түрде зерттеді [148]. Судағы органикалық заттардың жойылуы кезіндегі оттегі шығынының алғашқы сандық көрсеткіштерін зерттеген С.И. Кузнецов, Г.С. Карзинкин болды [149]. Сонымен бірге, Streeter және Phelps (1925 ж.) қазіргі кезде де өзінің маңызын жоймаған, су ағынындағы еріген оттегі динамикасының бірінші моделін ойлап тапты. [150].

Өзендер мен көлдердегі еріген оттегінің мөлшері судың сапасы туралы көп мағлұмат бере алады. Көл суларындағы еріген оттегін зерттеу су объектілерінде тіршілік ететін организмдерге әсеріне байланысты су сапасын бағалауда маңызды болып табылады. Сондай-ақ, қоғамдық сумен жабдықтаудағы еріген оттегінің жоғары деңгейі ауыз судың дәмін жақсартқанымен, оның жоғары деңгейі су құбырларының коррозиясын тездетеді. Жер үсті суларында еріген оттегінің мөлшері кең ауқымда 0-ден 14 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін өзгереді.

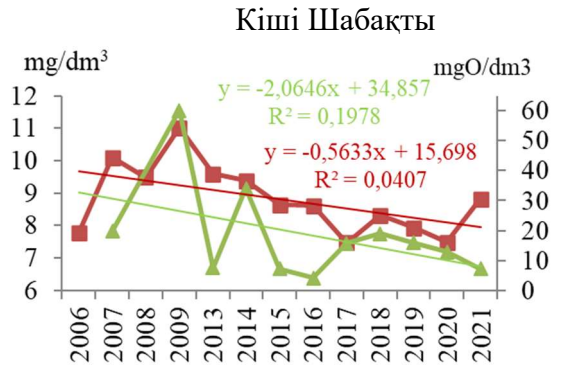
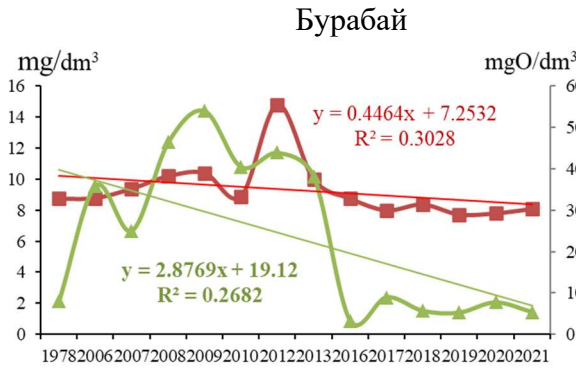
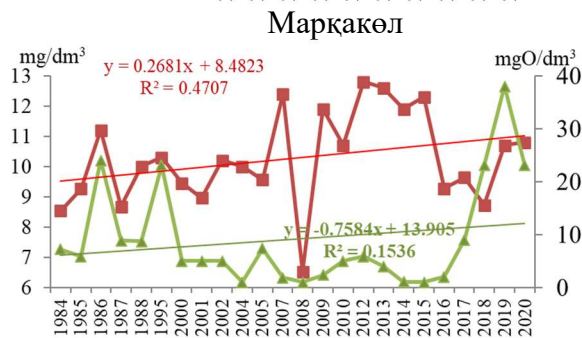
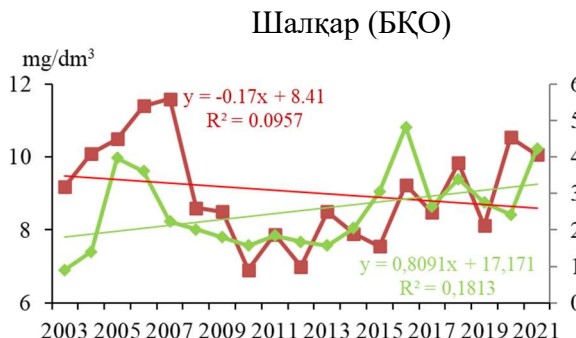
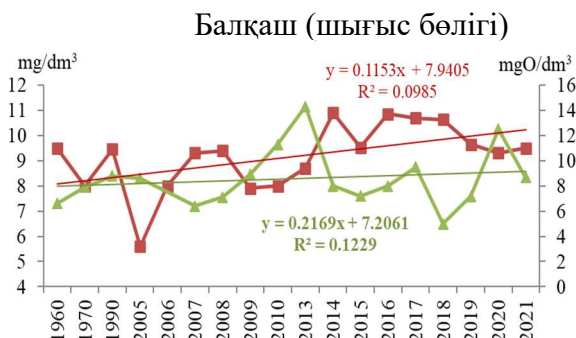
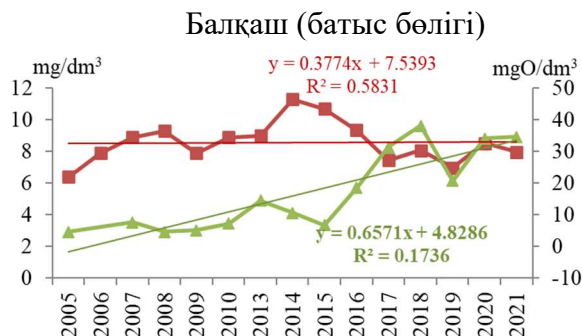
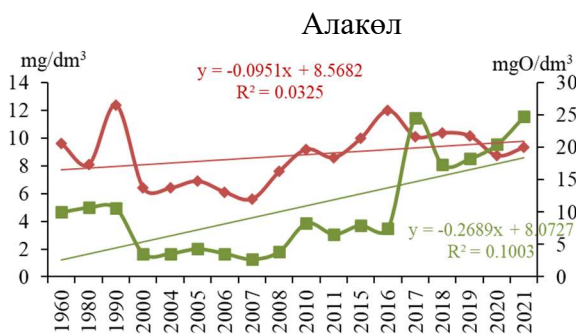
Еріген оттегі негізінен гидробиохимиялық жүйелердегі процестердің қарқындылығын анықтайтын табиғи судың ең маңызды құрамдас бөлігі [151]. Жер үсті суларындағы оттегінің негізгі көздеріне оны атмосферадан сіңіру және су организмдерінің фотосинтездік әрекеті нәтижесінде өндіру процестері жатады. Атмосферадағы оттегінің сіңірілуі су қоймасының бетінде жүреді. Бұл процестің жылдамдығы температураның төмендеуі, судың оттегімен қанығу дәрежесі және атмосфералық қысымның жоғарылауы арқылы артады. Фотосинтез кезінде оттегінің түзілуі су қоймасының беткі қабатында жүріп, оның қалыңдығы судың мөлдірлігіне байланысты бірнеше ондаған сантиметрден бірнеше ондаған метрге дейін жетеді. Оттегі әдетте оттегімен қаныққан жаңбыр мен қар суларыменде су қоймаларына түсуі мүмкін [152]. Аэрация – араласу нәтижесінде судың терең қабаттарының оттегімен байытылуы. Су массаларының қарқынды қозғалысы болмаған кезде вертикаль бойымен оттегінің таралуы біршама біркелкі болуы мүмкін. Оттегінің стратификациясы температура стратификациясы сияқты жазда және қыста көбірек байқалады. Көктемгі және күзгі гомотермия кезеңдерінде оттегінің тереңдікке таралуы біркелкі болады (Семенов және т.б., 1977). Балықтың қалыпты дамуын қамтамасыз ететін еріген оттегінің ең аз мөлшері шамамен 5 мг/О<sub>2</sub>/л құрайды. Оның 2 мг/л дейін төмендеуі балықтардың жаппай қырылуына әкеледі. Судың

оттегімен аса қанығуы да, олардың өмір сүру жағдайына кері әсер етеді (Семенов және т.б., 1977). Балықтар еріген оттегі деңгейі жоғары аймақтарды таңдайды және еріген оттегінің төмен деңгейінде тіршілік ету ортасын тастап кетеді [153]. Даунинг және Меркенс [154] зерттеулерінде температураны 10 - тан 20°C-қа дейін арттырды. Бұл балықтардың оттегіге төзімділігінің төмендеуіне әкелді. Джонни Ли судағы газ тасымалдануының су температурасына байланысты екені туралы маңызды тақырып қозғады. Су температурасының еріген оттегінің мөндеріне әсері ғана емес, сонымен бірге газ алмасу жылдамдығына да әсері анықталды [155]. Судың температурасы неғұрлым жоғары болса, тасымалдау жылдамдығы соғұрлым жоғары болады. Мақалада [156] үлгілердегі органикалық заттар мен қалдықтардың ыдырауына байланысты болуы мүмкін еріген оттегінің төмен концентрациясы атап өтілді. Құрғақ маусымда еріген оттегінің жоғары деңгейі ағынның азаюымен байланысты болуы мүмкін. Уразгазиеваның мақаласында Жайық өзенінің жылдық ағынындағы еріген оттегі мөлшерінің заңдылықтары зерттелді. Бақылау кезеңінде судағы оттегінің мөлшері айтарлықтай төмендейтіні анықталды. Алайда, оның жылдық ағынға тәуелділігінің нақты заңдылықтары анықталмады [157].

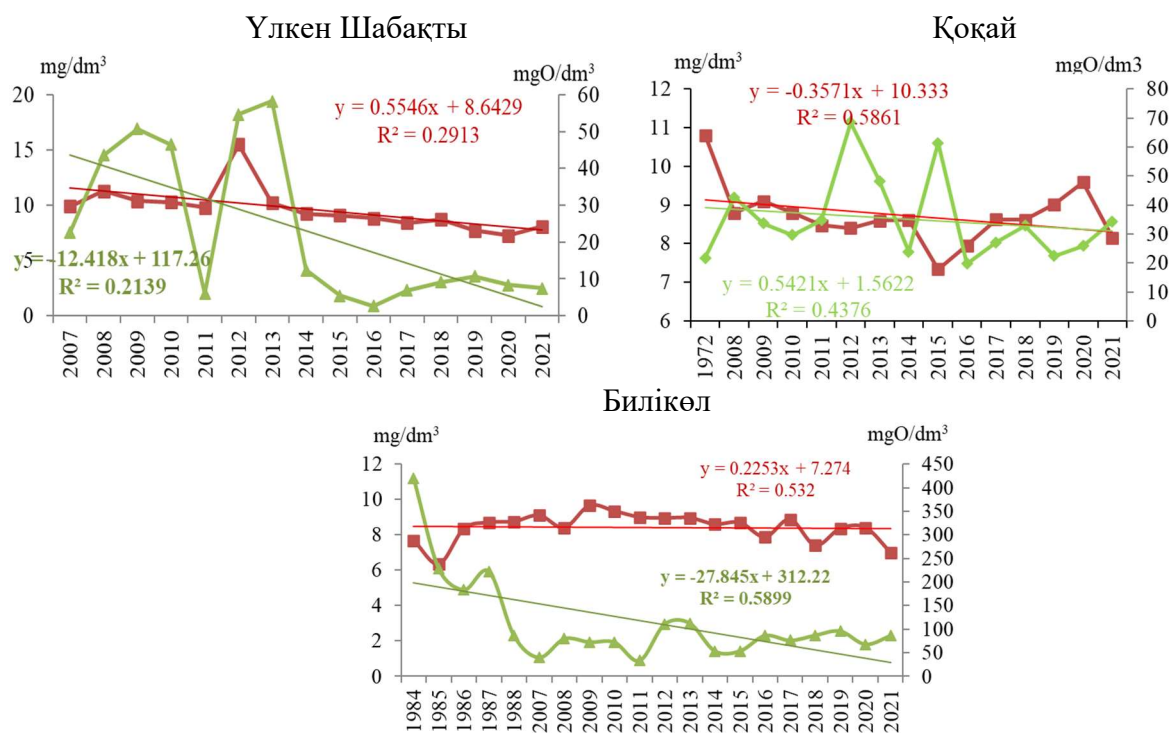
**Ақпарат үшін:** 2016 жылы Шалқар көлінде (Ақтөбе облысы) 360 келіге жуық балық қырылды. Зертханалық зерттеулер нәтижесі бойынша Шалқар көліндегі тұқы және мөңке балықтары оттегінің жетіспеушілігінен қырылғаны белгілі болды. 2019 жылы Батыс Қазақстан облысындағы Қарасу тоғанында еріген оттегінің жетіспеушілігінен 3 тоннадан астам өлі балық табылды. 2020 жылдың мамыр айында Солтүстік Қазақстан облысының су қоймаларында балықтың ішінара қырылуы орын алды. 2021 жылы Қызылорда облысының Талдықөл су қоймасында балықтардың жаппай қырылуы тіркеліп, жоспардан тыс сынама алынып, іріктеу жүргізілді. 2021 жылдың ақпан айында Шығыс Қазақстандағы Аягөз өзенінде салмағы 200 келіден асатын балық өлген болатын.

Қазгидрометтің Экологиялық мониторинг департаментінен орташаланып алынған деректер негізінде көл суларындағы еріген оттегінің құрамын көрсететін графиктер құрастырылып, көл суларындағы оттегінің мөлшеріне органикалық заттардың әсерін бағалауға әрекет жасалды (28-сурет).

Судағы оттегінің құрамын төмендететін процестер тобына оны тұтынудың органикалық заттардың тотығу реакциялары жатады: биологиялық (ағзалардың тыныс алуы), биохимиялық (бактериялардың тыныс алуы, органикалық заттардың ыдырауы кезіндегі оттегінің шығыны) және химиялық (тотығу). Оттегін тұтыну жылдамдығы температураның жоғарылауымен, бактериялар мен басқа да су организмдері, химиялық және биохимиялық тотығудан өтетін заттардың санының өсуімен артады. Жер үсті қабаттарында еріген оттегі концентрациясының төмендеуі эвазия процесі кезінде, яғни газдардың судың беткі қабатынан атмосфераға шығарылуына байланысты болуы мүмкін [158].



Сурет 28 – Қазақстанның көл суларында 1960 жылдан 2021 жылға дейінгі әртүрлі кезендердегі еріген оттегі ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ , қызыл сызықтар) және органикалық заттар ( $\text{мгО}/\text{дм}^3$ , көк сызықтар) мәндері үшін тренд сызығы және оның теңдеуі. Бет 1



Сурет 28 – Қазақстанның көл суларында 1960 жылдан 2021 жылға дейінгі әртүрлі кезеңдердегі еріген оттегі ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ , қызыл сызықтар) және органикалық заттар ( $\text{mgO}/\text{dm}^3$ , көк сызықтар) мәндері үшін тренд сызығы және оның теңдеуі. Бет 2

Жер үсті суларында еріген оттегінің мөлшері 0-ден  $14 \text{ mg}/\text{dm}^3$ -ге дейін кең көлемде өзгереді. Еріген оттегінің концентрациясының  $4 \text{ mg}/\text{l}$  дейін төмендеуі балықтар мен басқа су ағзаларының жаппай қырылуына әкеледі. Жүргізілген талдау нәтижелері бойынша еріген оттегі мөлшерінің статистикалық маңызды ( $p \leq 0,05$ ) төмендеуі Шалқар көлінде (Ақтөбе облысы) әрбір 10 жыл сайын  $3 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , Шалқар  $1,7 \text{ mg}/\text{dm}^3/10$  жыл және Қоқай көлінде –  $3,6 \text{ mg}/\text{dm}^3/10$  жыл анықталды. Еріген оттегінің концентрациясының едәуір жоғарылауы Үлкен Шабакты көлінде ( $3,8 \text{ mg}/\text{dm}^3/10$  жыл), Марқакөл көлінде –  $2,7 \text{ mg}/\text{dm}^3/10$  жыл, Бурабай көлінде –  $4,5 \text{ mg}/\text{dm}^3/10$  жыл және Билікөл көлінде –  $2,3 \text{ mg}/\text{dm}^3/10$  жыл бақыланды (28 - сурет).

Судағы еріген оттегінің мөлшеріне органикалық заттар әсер етуі мүмкін. Органикалық заттардың көбеюі судағы еріген оттегінің төмендеуіне әкеледі. Органикалық заттар көбейген сайын флора мен фаунада жағымсыз өзгерістер болады. Регрессиялық талдау нәтижелері бойынша еріген оттегі және органикалық заттар арасында байланыс бар. Бурабай, Билікөл көлдерінде органикалық заттардың азаю үрдісі сақталғанда, еріген оттегінің концентрациясының жоғарылауы байқалады (28- сурет).

Өз кезегінде табиғи суларда органикалық заттар әрқашан болады. Олардың құрамында органикалық қышқылдар, гумустік заттар, фенолдар, көмірсулар және құрамында азот бар қосылыстар болады. Еріген оттегінің мөлшерімен сипатталатын су объектілерінің ластануы [159] келесі төрт топқа бөлінеді:

- 1) Нормативтік таза –  $\geq 4,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ;

- 2) Ластанудың орташа деңгейі – 3,1-3,9 мг/дм<sup>3</sup>;
- 3) Ластанудың жоғары деңгейі – 1,1-3,0 мг/дм<sup>3</sup>;
- 4) Ластанудың өте жоғары деңгейі – ≤1,0 мг/дм<sup>3</sup>.

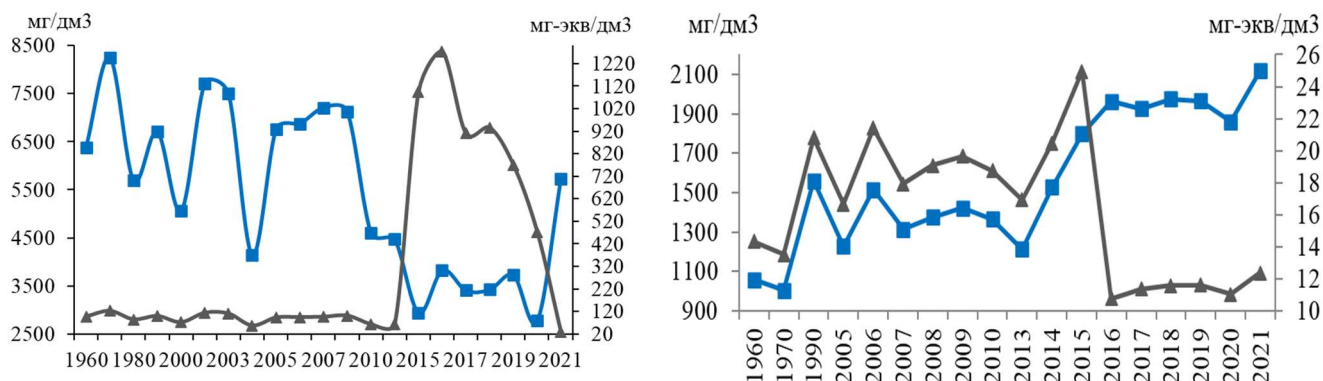
Біздің талдауымызға сәйкес, еріген оттегі бойынша бақылауға алынған барлық көлдер стандартты таза класспен сипатталады.

Судың жалпы минерализациясы деп кальцийдің, магнийдің, калийдің және натрийдің хлоридтері мен сульфаттарының (тұздың жалпы мөлшері) жалпы мөлшері түсініледі. Бұл жұмыста әйгілі гидрохимик О.А. Алекиннің классификациясы [160] келтірілген, соған сәйкес судың минералдануына байланысты көл сулары келесідей классификацияланады:

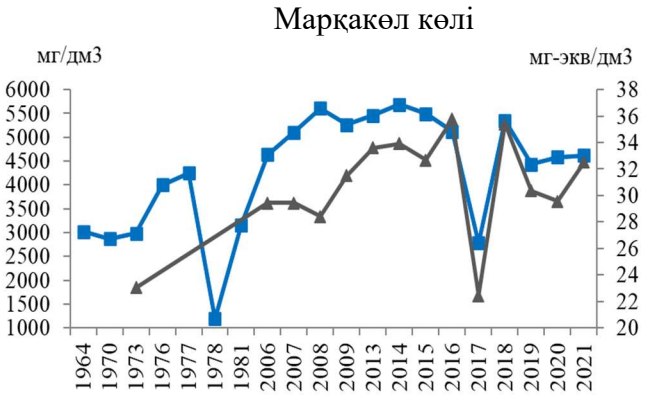
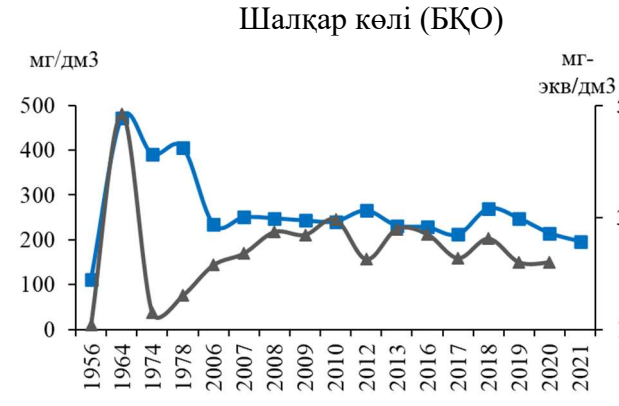
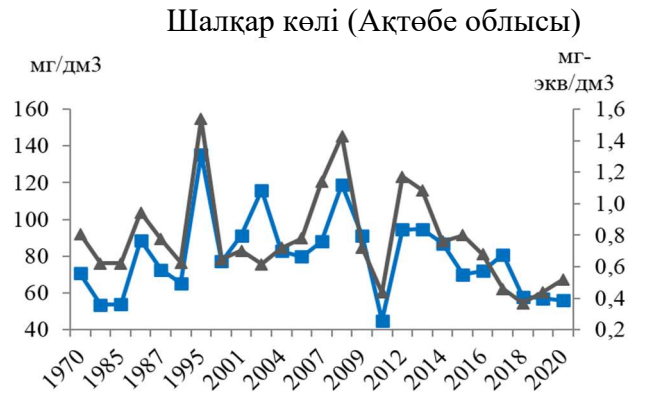
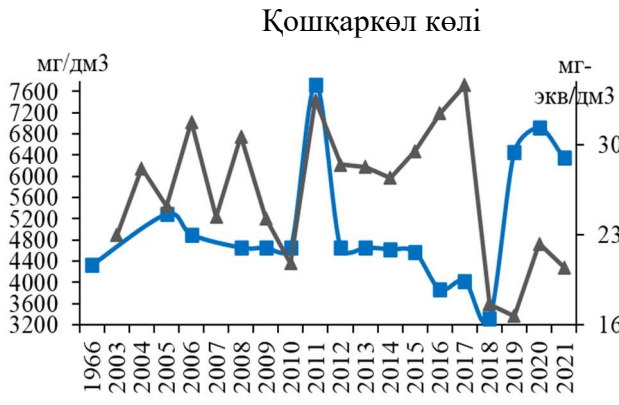
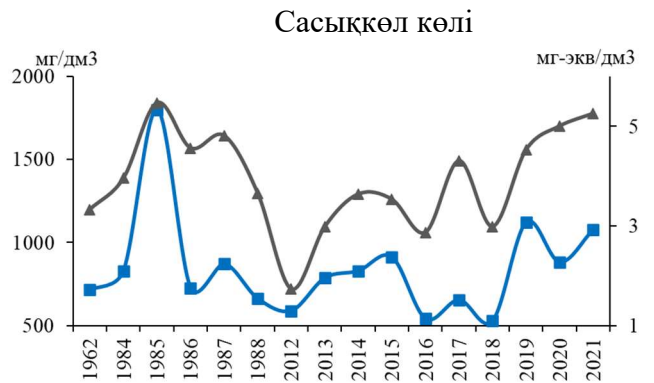
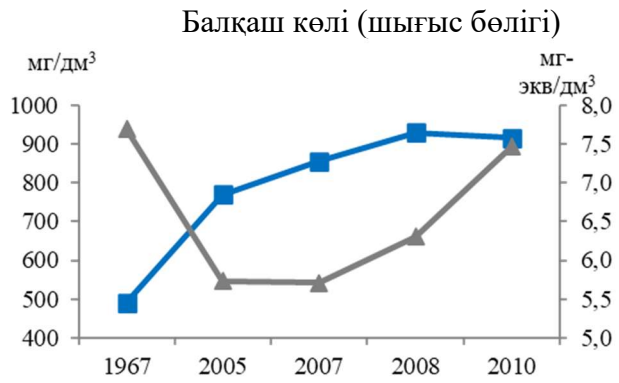
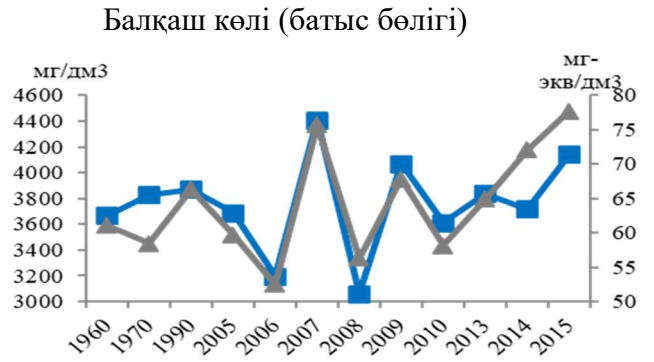
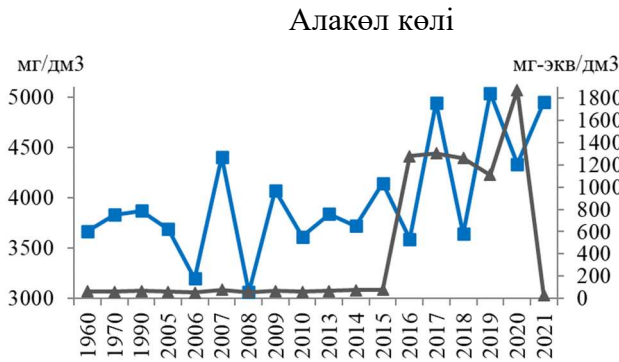
- 1) Тұщы <1000 мг/дм<sup>3</sup>;
- 2) Ащы 1000-25000 мг/дм<sup>3</sup>;
- 3) Теңіз тұздылығымен 25000-50000 мг/дм<sup>3</sup>;
- 4) Тұзды ерітінділермен >50000 мг/дм<sup>3</sup>.

Судың кермектігі (жесткость воды) суда еріген кальций мен магний мөлшерімен анықталады. Иондық құрамда су кермектігінің мәні тұрмыстық судың сапасы үшін үлкен маңызға ие. Кермектік шамасына қарай табиғи сулардың келесі градацияларын ажыратуға болады:

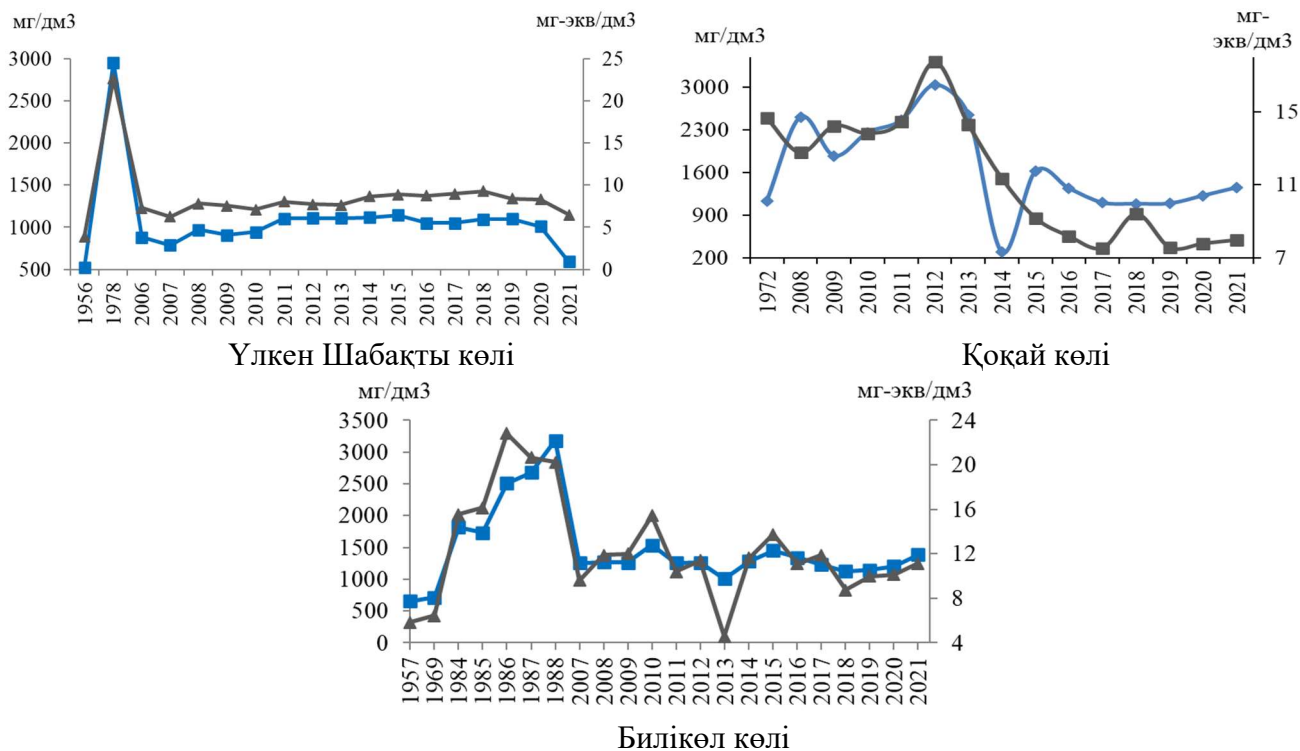
- 1) Өте жұмсақ <1,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- 2) Жұмсақ 1,5-3,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- 3) Орташа қатты 3,0-6,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- 4) Қатты 6,0-9,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- 5) Өте қатты >9,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>.



Сурет 29 – Жалпы минерализацияның орташа жылдық концентрациясы (көк сызықпен, мг/дм<sup>3</sup>) және су кермектігі (сұр сызықпен, мг-экв/дм<sup>3</sup>). Бет 1



Сурет 29 – Жалпы минерализацияның орташа жылдық концентрациясы (көк сызықпен, мг/дм<sup>3</sup>) және су кермектігі (сұр сызықпен, мг-экв/дм<sup>3</sup>). Бет 2



Сурет 29 – Жалпы минерализацияның орташа жылдық концентрациясы (көк сызықпен, мг/дм<sup>3</sup>) және су кермектігі (сұр сызықпен, мг-экв/дм<sup>3</sup>). Бет 3

29-суретте жалпы минерализацияның (мг/дм<sup>3</sup>) және су кермектігінің (мг-экв/дм<sup>3</sup>) орташа жылдық концентрациясының нәтижелері көрсетілді. Алакөл көл суы жалпы минералдануының концентрациясы 2782–8254 мг/дм<sup>3</sup> аралығында болғандықтан ащы, кермектік дәрежесі бойынша суы өте қатты 57-1275 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Балқаш көлінің су құрамы гидрографиялық ерекшеліктеріне байланысты. Көлдің батыс бөлігінің суы тұздылау, себебі минералдануы әр жылдары 2117,5 мг/л дейін жетеді, кермектігі бойынша өте қатты (11-25 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Көлдің шығыс бөлігінің суы ащы, тұздылығы (минерализациясы) 3061-5041,1 мг/л және кермектік дәрежесі бойынша өте қатты. Көлдің батыс бөлігіне қарағанда шығыс бөлігінің жалпы минералдануы және кермектік көрсеткіші 2 есеге жоғары. Сасықкөл көлі минералданудың төмен деңгейімен сипатталып (<715 мг/л), суы орташа қаттылыққа ие.

Қошқаркөл көлі суының минералдану дәрежесі төмен (<929,4 мг/л) және кермектігі бойынша қатты 6–8 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Шалқар көлі (БҚО) ащы, орташа минералдануы 5041 мг/л, кермектігі 26,3 мг-экв/дм<sup>3</sup> – өте қатты.

Шалқар көлі (Ақтөбе облысы) тұщы, орташа минералдануы 845,6 мг/л және қаттылығы 3,9 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

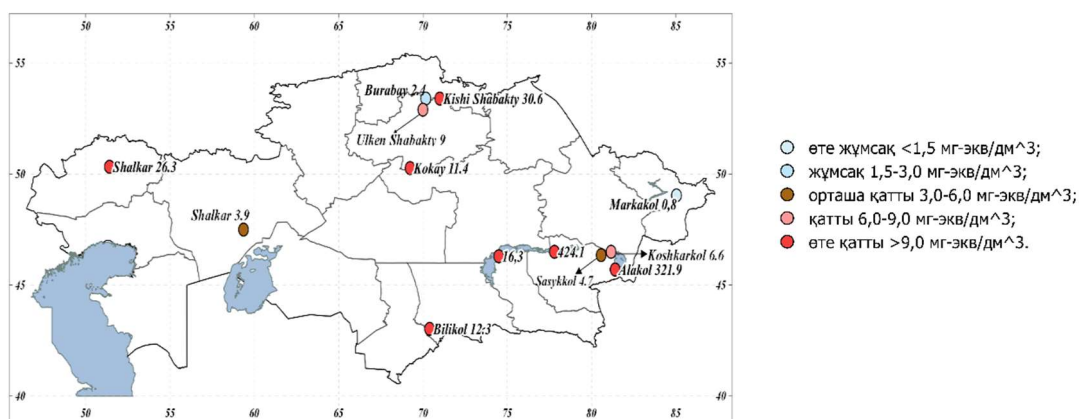
Марқакөл тұщы су объектілерінің санатына жатады, себебі көлдің суы аз минералданған 45–135,4 мг/л, суы өте жұмсақ 0,4–1,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Бурабай көлінің суы аз минералданған (тұщы), жалпы минералдануы орташа алғанда 263 мг/л, кермектігі 2 мг-экв/дм<sup>3</sup> – жұмсақ.

Кіші Шабакты көл суының кермектігі қатты (жоғары), судың тұздылығы орташа алғанда 4282,9 мг/л – ащы (тұздылау). Кермектігі – 30,6 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Көл



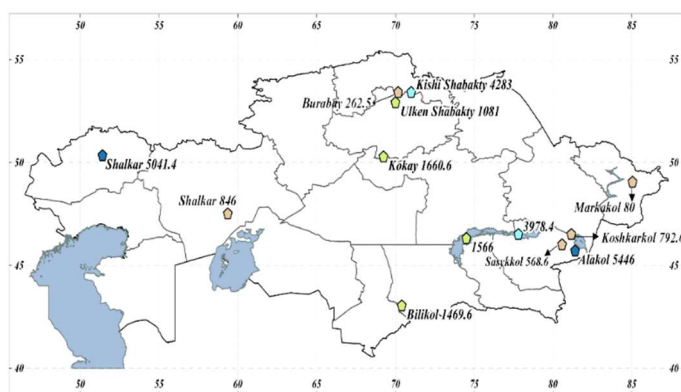
суының минералдануы Үлкен Шабакты көлінде орташа 1081,9 мг/л құрайды да, кермектігі 9,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>, суы қатты. Қоқай көлінің суы тұздылау, орташа минералдануы 1660,6 мг/л, кермектігі 11,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Билікөл көлі тұздылау, орташа минералдануы – 1469,5 мг/л, кермектігі – 12,3 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің бұйрығымен 2015 жылғы 16 наурызда № 209 бекітілген "Су көздеріне, шаруашылық-ауыз су мақсаты үшін су жинау орындарына, шаруашылық-ауыз сумен жабдықтауға және суды мәдени-тұрмыстық пайдалану орындарына және су объектілерінің қауіпсіздігіне қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар" санитариялық қағидаларының көрсеткіші бойынша ауыз су үшін жалпы минералдану 1000 мг/дм<sup>3</sup> аспауы керек, тек жекелеген жағдайларда көрсеткішті 1500 мг/дм<sup>3</sup> өсіруі мүмкін. Жалпы минералданумен қатар ауыз судың сапасын бағалауда су кермектігінің де маңызы зор, орталықтандырылған сумен жабдықтау үшін кермектік 7,0 мг-экв/дм<sup>3</sup> аспауы керек [161]. Сондай-ақ, ішуге арналған суда ауыр металдар түріндегі зиянды қоспалардың ШМК-дан асуына және халықтың денсаулығы үшін басқа да зиянды заттардың болуына жол берілмейді. Көл суларының орташа кермектігі келесі суретте келтірілді (30-сурет).



Сурет 30 – Көл суларының орташа кермектігі

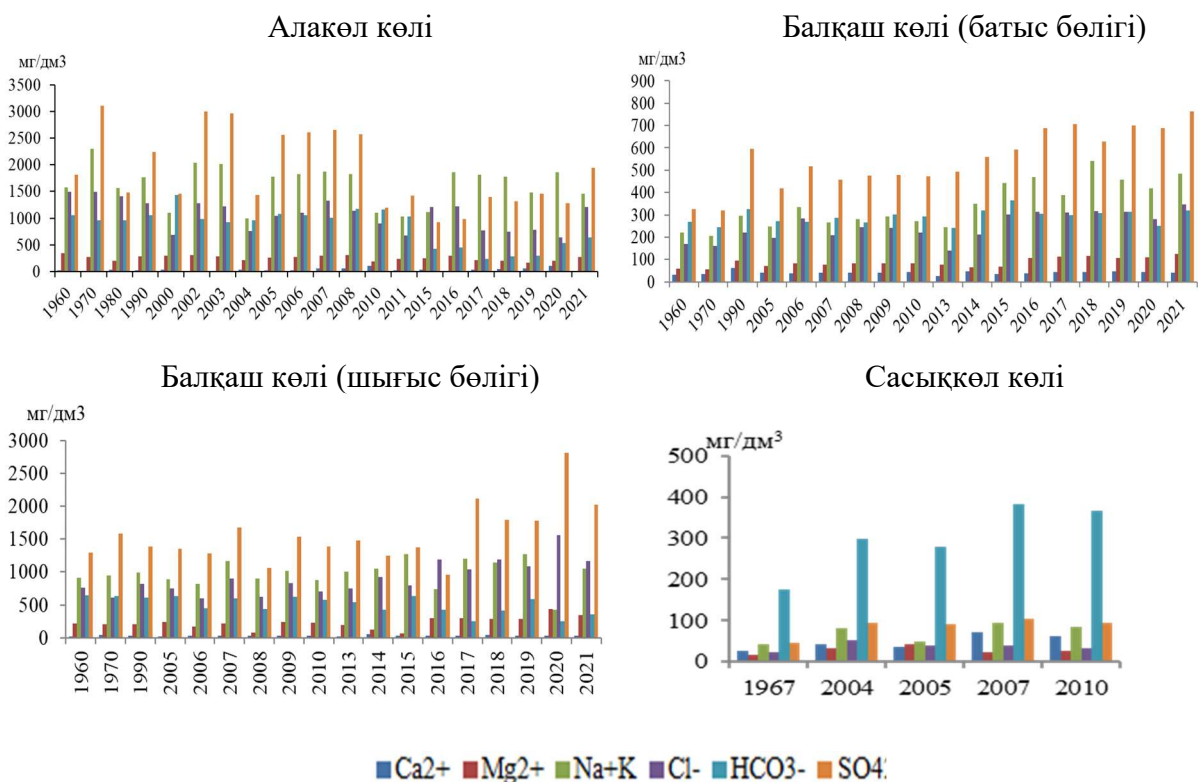
Қазақстан республикасының мемлекеттік стандартына сәйкес орталықтанған сумен жабдықтауға келесі көл сулары ғана жарамды: Бұрабай, Қошқаркөл, Марқакөл, Сасықкөл, Шалқар (Ақтөбе облысы) көлдері. Алайда, бұл аталған критерий тек қана су кермектігі бойынша талданып алынды. Ауыз су сапасына кешенді түрде жүргізілген талдау нәтижесі маңызды және сенімді қорытынды береді (30-сурет).



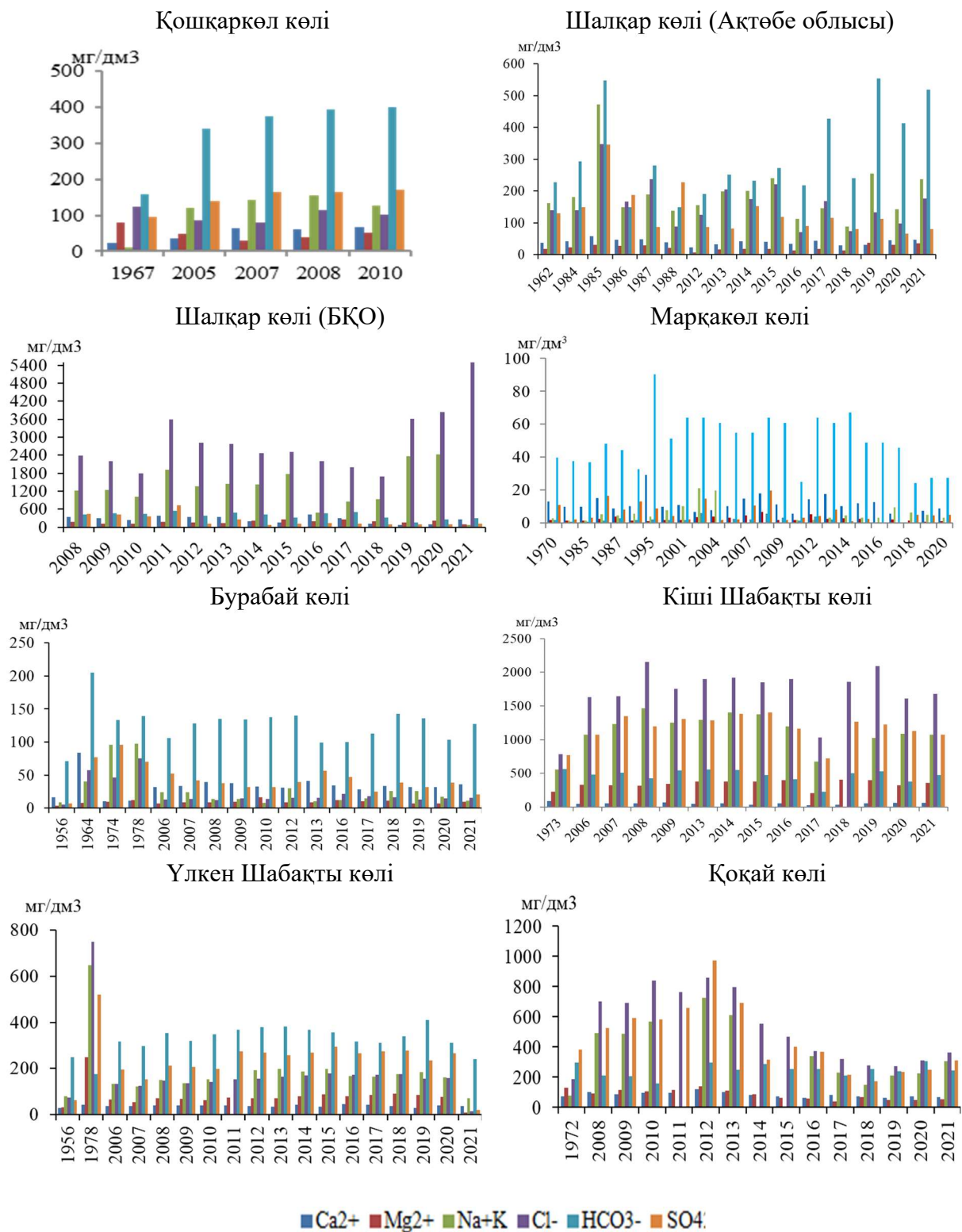
- 🟡 тұщы 0-1000 мг/дм<sup>3</sup>;
- 🟢 аздап тұздалған 1000-3000 мг/дм<sup>3</sup>;
- 🟠 қатты тұздалған 3000-5000 мг/дм<sup>3</sup>;
- 🟣 ащы 5000-25000 мг/дм<sup>3</sup>.

Сурет 31 – Көл суларының жалпы минерализациясы

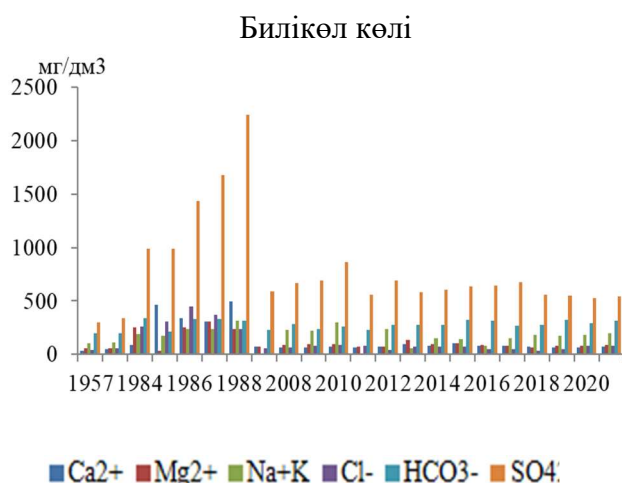
Жоғарыда жіктелініп көрсетілгендей, ауыз судағы минералдану мөлшері 1000 мг/дм<sup>3</sup>, жекелеген жағдайларда 1500 мг/дм<sup>3</sup> аспауы қажет. Ауыз су ретінде Марқакөл, Бурабай, Қошқаркөл, Шалқар (Ақтөбе) көлдері суларын қолдануға болады (31-сурет).



Сурет 31 – Судың ионды-тұзды (мг/дм<sup>3</sup>) құрамының орташа жылдық концентрациясы. Бет 1



Сурет 31 – Судың ионды-тұзды ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) құрамының орташа жылдық концентрациясы. Бет 2



Сурет 31 – Судың ионды-тұзды (мг/дм<sup>3</sup>) құрамының орташа жылдық концентрациясы. Бет 3

Кальций және магний катиондары балық шаруашылығына арналған шекті мүмкіндік концентрациядан Марқакөл және Бурабай көлдерінен басқа барлық көлдерде жекелеген жылдары асты ( $Ca_{\text{ШМК}} = 180 \text{ мг/дм}^3$ ;  $Mg_{\text{ШМК}} = 40 \text{ мг/дм}^3$ ). Сульфат анионы шекті мүмкіндік концентрациядан ( $SO_4^{2-}_{\text{ШМК}} = 100 \text{ мг/дм}^3$ ) Алакөл, Балқаштың батыс және шығыс бөлігінде, Кіші Шабакты, Үлкен Шабакты, Қоқай, Билікөл көлдерінде барлық бақылау жылдарында, Шалқар көлі (Ақтөбе облысы), Шалқар көлі (БҚО), Қошқаркөл көлдерінде жекелеген жылдары асты. Хлорид анионы ШМК-дан ( $Cl_{\text{ШМК}} = 300 \text{ мг/дм}^3$ ) Алакөл, Балқаштың шығыс бөлігі, Қоқай, Кіші Шабакты, Шалқар (БҚО) асты.

Суару суында еріген тұздардың ішінде натрий тұздары ең зиянды болып саналады. Құрлықтың беткі суларында натрий мен калийдің концентрациясы судың орналасуының физикалық-географиялық жағдайлары мен геологиялық ерекшеліктеріне байланысты сәйкесінше  $1\text{--}1000 \text{ мг/дм}^3$  және  $0,6\text{--}300 \text{ мг/дм}^3$  аралығында өзгереді. Әдетте калийдің мөлшері натрийге қарағанда айтарлықтай төмен және  $20 \text{ мг/дм}^3$  аспайды. Тұрмыстық және ауыз су объектілері үшін натрий ШМК= $200 \text{ мг/дм}^3$ , балық шаруашылығы үшін –  $120 \text{ мг/дм}^3$ . Калий мөлшері тек балық шаруашылығы су қоймаларының суында ғана нормаланған ( $K_{\text{ШМК}} = 50 \text{ мг/дм}^3$ ). Қазгидромет мәліметтерінде натрий мен калийдың қосындысы көрсетілген, сол себепті ШМК-ны талдағанда калийдың суда  $20 \text{ мг/дм}^3$  аспайтынын басты назарға ала отырып талдау жасаймыз. Натрий мен калий қосындысы ( $K+Na_{\text{ШМК}} = 140 \text{ мг/дм}^3$ ) барлық жылдары Алакөл, Балқаштың шығыс және батыс бөлігінде, Кіші Шабакты, Үлкен Шабакты, Билікөл, Қоқай көлдерінде балық шаруашылығына арналған ШМК-дан асса, ал жекелеген жылдары Шалқар (БҚО) және Шалқар көлдерінде (Ақтөбе облысы) асты.

Судың суаруға жарамдылығын анықтаудың бірнеше есептеу әдістері бар: Мысалы, Стеблердің суару коэффициенті (К) судың сапасын бағалаудың ең кең тараған әдістерінің бірі болып табылады.

Стеблердің ирригация коэффициенті келесі (7-9) формулаларымен есептеледі:

$$K=288/5Cl^- \quad (7)$$

$Na^+ - Cl^- \leq 0$  болғанда, барлық натрий хлормен біріккенде, яғни NaCl суда болғанда (7) формуламен есептеледі.

$$K = 288 / (Na^+ + 4Cl^-) \quad (8)$$

$0 < Na^+ - Cl^- < SO_4^{2-}$ , натрийді хлоридпен және сульфат ионымен біріктіргенде ерітіндіде хлоридтер мен сульфаттар болады, бұл жағдайда (8) формуламен есептеледі.

$$K = 288 / (10Na^+ + 4Cl^- - 9SO_4^{2-}) \quad (9)$$

$Na^+ - Cl^- - SO_4^{2-} > 0$ , ерітіндіде натрий бикарбонаттары мен карбонаттары пайда болған кезде ерітіндіде хлоридтер, сульфаттар және карбонаттар болады және (9) формуламен есептеледі.

(7 - 9) формулаларында  $K$  – суару коэффициенті; 288 – өлшемсіз эмпирикалық коэффициент;  $Na^+$ ,  $Cl^-$  және  $SO_4^{2-}$  – натрий, хлор және сульфат иондарының концентрациясы, мг-экв/л, ммоль/л.

Сонымен, суару коэффициенттерінің мәні судың сапасын анықтайды:  $Ka > 18$  – жақсы; 18-ден 6-ға дейін – қанағаттанарлық; 5,9-дан 1,2-ге дейін – қанағаттанарлықсыз және  $Ka < 1,2$ -мен – нашар.

Натрий адсорбциялық коэффициенті (SAR) натрийден зардап шеккен топырақтарды басқаруда қолданылатын суару суының сапасының параметрі болып табылады. Бұл судың ауылшаруашылық суару үшін жарамдылығының өлшемі және судағы негізгі сілтілі катиондардың концентрациясымен анықталады. SAR натрий концентрациясының қауіптілігін кальций мен магний концентрациясымен салыстыру арқылы анықтайды. Жоғары SAR топырақтың кеуектілігінің төмендеуіне және топырақтың суды сіңіруіне жол бермей, жер бетінде тұзды қабықтың пайда болуына әкелуі мүмкін. Натрийдің адсорбция жылдамдығын (SAR) есептеу (10) формулада көрсетілді:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (10)$$

SAR судың суаруға жарамдылығын анықтайтын факторлардың бірі ғана болғанымен, жалпы алғанда натрийдің адсорбциялық коэффициенті жоғары болған сайын суаруға жарамды су азаяды. Натрийдің жоғары адсорбциялық коэффициенті бар суды суаруға пайдалану топырақтың ұзақ мерзімді зақымдануын болдырмау үшін топырақты өзгертуді қажет етуі мүмкін.

SAR мәндері негізінде топырақтың сортадану ықтималдығы анықталады: SAR  $\leq 10$  төмен; 10-18 орташа; 18-26 жоғары;  $> 26$  өте жоғары. [162, 163].

11-кестеде мониторингтік көлдердің суару сапасы Стеблердің суару коэффициенті (К) және натрий адсорбциялық коэффициенті (SAR) арқылы көрсетілді.

Кесте 11 – Бақылау көлдерінің суару сапасы

№	Көл атауы	Х.Стеблер коэффициенті		Натрийдің сіңу коэффициенті SAR	
		Ка	су сапасы	мәндері	классификациясы
1	Алакөл	1,9	қанағаттанарлықсыз	130	өте жоғары
2	Балқаштың батысы	8,2	қанағаттанарлықсыз	43,07	өте жоғары
	Балқаштың шығысы	2,3	қанағаттанарлықсыз	85,8	өте жоғары
3	Марқакөл	993	жақсы	1,97	аз
4	Кіші Шабакты	1,2	қанағаттанарлықсыз	26,4	өте жоғары
5	Үлкен Шабакты	11,6	қанағаттанарлық	24,1	жоғары
6	Бурабай	90,4	жақсы	6,04	аз
7	Шалқар (БҚО)	0,75	нашар	92,2	өте жоғары
8	Шалқар (Ақтөбе обл)	12,7	қанағаттанарлық	34,3	өте жоғары
9	Қоқай	3,9	қанағаттанарлықсыз	39,9	өте жоғары
10	Билікөл	24,4	жақсы	16,5	орташа

Х. Стеблер критерийі бойынша судың суару сапасы Алакөл, Балқаштың шығыс және батыс бөлігі, Кіші Шабакты, Қоқай көлдерінде қанағаттанарлықсыз және Шалқар (БҚО) көлінде нашар болып сипатталады. Суару сапасы Марқакөл, Бурабай және Билікөл көлдерінде жақсы, Үлкен Шабакты көлінде қанағаттанарлық сипатқа ие (11-кесте).

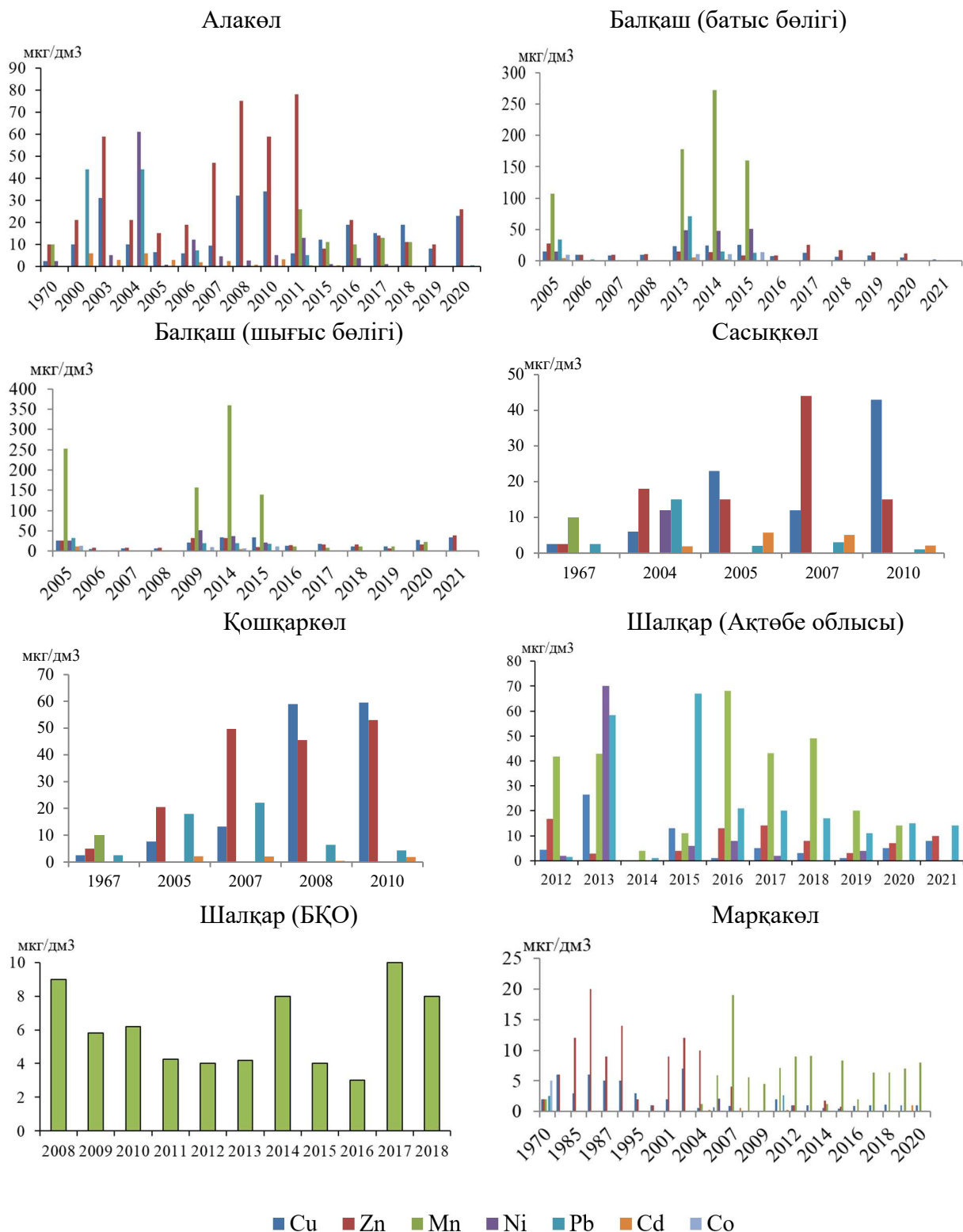
Топырақтың тұздану ықтималдығының деңгейі өте жоғары көрсеткішімен Алакөл, Балқаштың шығыс және батыс бөлігі, Кіші Шабакты, Қоқай көлдері және Шалқар (БҚО) көлінде бағаланады. Марқакөл, Бурабай көлдерінде тұздану немесе сортаңдану ықтималдығы – аз болса, Билікөлде – орташа көрсеткішке ие (11-кесте).

12-кестеде ауыр металдардың балық шаруашылығына арналған шекті мүмкіндік концентрациядан асу мәндері келтірілді.

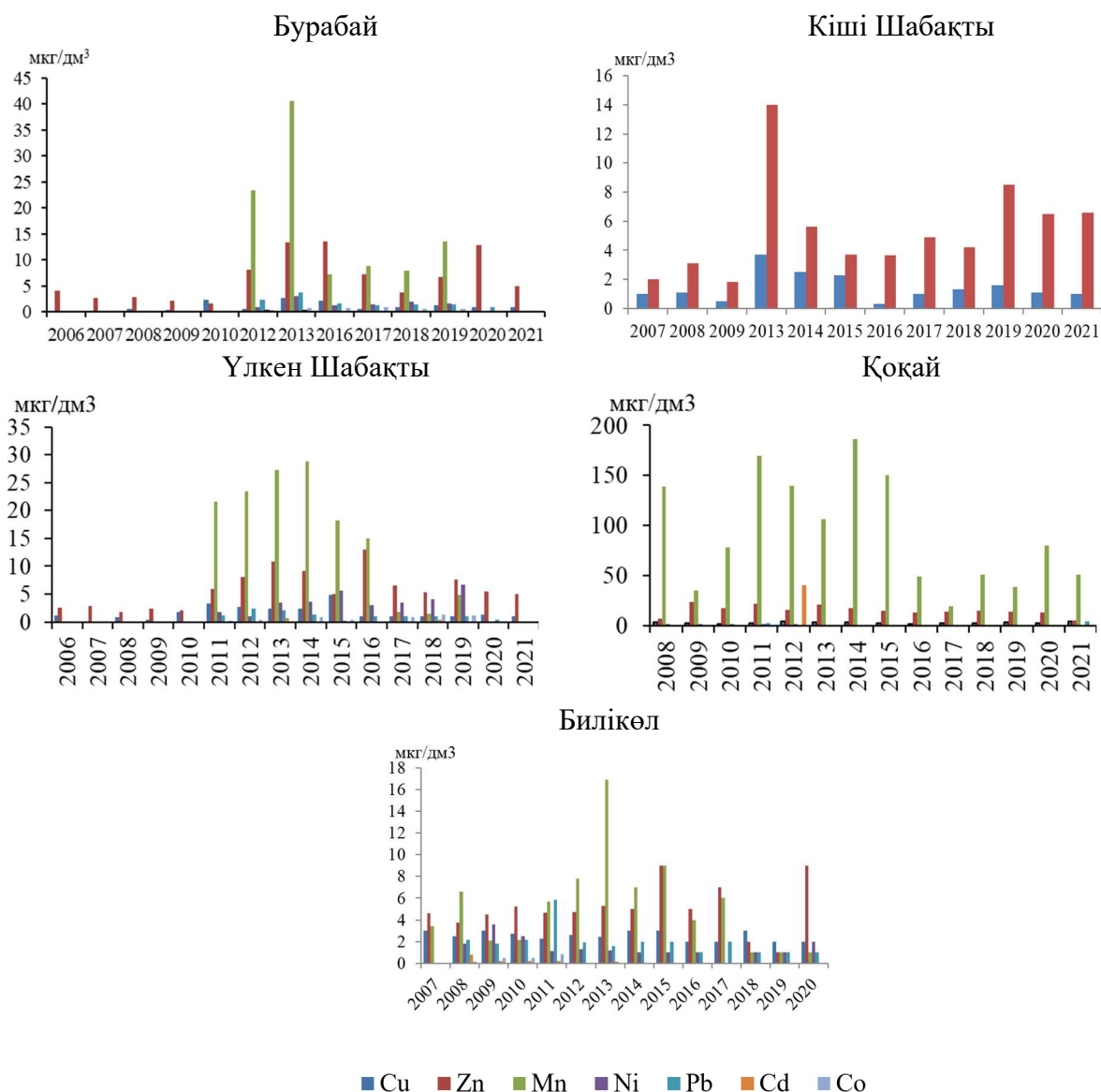
Кесте 12 – Ауыр металдардың балық шаруашылығына арналған шекті мүмкіндік концентрациясы

Көрсеткіш атауы	Норматив (ШМК <sub>бш</sub> ), мкг/дм <sup>3</sup>
Кадмий (Cd)	5
Кобальт (Co)	10
Қорғасын (Pb)	6
Марганец (Mn)	10
Мыс (Cu)	1
Никель (Ni)	10
Цинк(Zn)	10

Судағы ауыр металдардың көрсеткіштері келесі суретте келтірілді (32-сурет).



Сурет 32 – Судағы ауыр металдардың мөлшері (мкг/дм³). Бет 1



Сурет 32 – Судағы ауыр металдардың мөлшері (мкг/дм<sup>3</sup>). Бет 2

Алакөл көлі: Мыс балық шаруашылығы мақсатындағы шекті мүмкіндік концентрациядан (ары қарай – ШМК<sub>бш</sub>) барлық жылдары 2,5-34 мкг/дм<sup>3</sup> аралығында асады. Цинк бақылау қатарындағы 2 жылды есептегенде барлық қатарда асады (максималды мәні – 78 мкг/дм<sup>3</sup>). Марганец (10-25 мкг/дм<sup>3</sup>) барлық бақылау жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан асады. Никель бақылаудағы 3 жылда ғана ШМК<sub>бш</sub> асады, сәйкесінше мәндері: 12, 13, 61 мкг/дм<sup>3</sup>. Қорғасын тек жекелеген жылдары ғана ШМК<sub>бш</sub> асады (максималды мәні – 5,8 мкг/дм<sup>3</sup>). Кобальт шекті мүмкіндік концентрациядан аспады.

Балқаштың батыс бөлігі: Мыс, марганец, никель бақылау қатарындағы барлық жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан асты (максималды мәндері – 25, 273, 50,3 мкг/дм<sup>3</sup>). Цинк пен кобальт жекелеген жылдары асты және максималды мәндері – 27,1, 13,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Қорғасын қатардағы бір жылдан



басқа барлық жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан асты (максимумы – 70,4). Кадмий ғана ШМК<sub>бш</sub> барлық бақылау қатарында аспады.

Балқаштың шығыс бөлігі: Мыс барлық жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан 5,3-34,3 мкг/дм<sup>3</sup> аралығында асты. Жекелеген жылдары ШМК<sub>бш</sub>-дан цинк, марганец, никель, қорғасын, кадмий, кобальт асты және максимальді мәндері – 38, 360, 52, 32,3, 12,1, 13 мкг/дм<sup>3</sup> құрады.

Марқакөл: Мыс пен цинк қана жекелеген жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан асты (максимальді мәндері – 7, 20 мкг/дм<sup>3</sup>).

Кіші Шабакты көлінде жекелеген жылдары ғана мыс пен цинк қана шекті мүмкіндік концентрациядан асты.

Үлкен Шабакты: мыс барлық бақылау қатарындағы жылдары ШМК<sub>бш</sub> асты, максимумы 4,9 мкг/дм<sup>3</sup> тең. Цинк қатардағы екі жылда ғана шекті мүмкіндік концентрациядан асса, марганец жекелеген жылдары асты (максимальді мәні – 28,9 мкг/дм<sup>3</sup>). Никель, қорғасын, кадмий, кобальт шекті мүмкіндік концентрациядан аспады.

Бурабай: жекелеген жылдары мыс, цинк, марганец ШМК<sub>бш</sub> асты (максимальді мәндері – 2,71, 13,6, 40,5 мкг/дм<sup>3</sup>). Никель, қорғасын, кадмий, кобальт шекті мүмкіндік концентрациядан аспады.

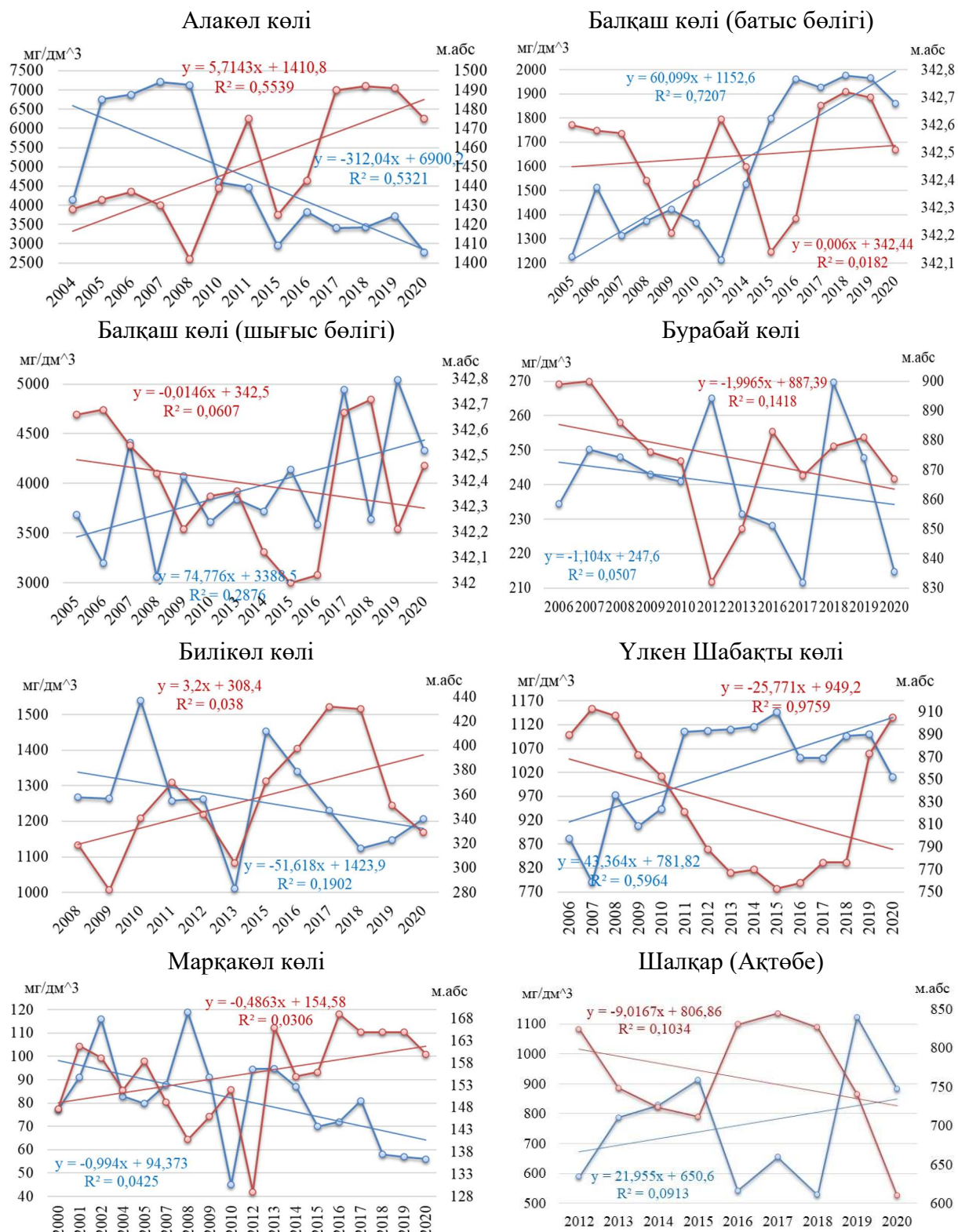
Шалқар (БҚО) көлінде бақылауда тек марганец элементі ғана бар және шекті мүмкіндік концентрациядан 2019 жылы – 10 мкг/дм<sup>3</sup> асты.

Шалқар (Ақтөбе облысы): мыс барлық, марганец көп жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан асты. Никель ШМК<sub>бш</sub>-дан 70,2 мкг/дм<sup>3</sup> 2013 жылы ғана асты. Қорғасын бақылау қатарындағы екі жылды есептемегенде барлық жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан асты, максимумы – 58,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Кадмий және кобальттың бақылау мәндері жоқ.

Қоқай: Мыс және марганец барлық жылдары ШМК<sub>бш</sub>-дан асты (максималды мәндері – 4,06 мкг/дм<sup>3</sup>, 186 мкг/дм<sup>3</sup>). Цинк 2008 жылдан басқа барлық жылдары шекті мүмкіндік концентрациядан асты (максималды мәні – 23 мкг/дм<sup>3</sup>). Никель және қорғасын ШМК<sub>бш</sub>-дан аспады. Кадмий тек 2012 жылы шекті мүмкіндік концентрациядан 40 мкг/дм<sup>3</sup> асты.

Билікөл: мыс барлық бақылау жылдары ШМК<sub>бш</sub>-дан 2-3 мкг/дм<sup>3</sup> аралығында асты. Марганец тек 2013 жылы 16,9 мкг/дм<sup>3</sup> құрап асты. Басқа ауыр металдар шекті мүмкіндік концентрациядан аспады (32-сурет).

«Қазгидромет» РМК Экологиялық мониторинг департаментінен алынған мәліметтер негізінде көл суларындағы жалпы минералдану концентрациясының мәндерін көрсететін графиктер құрастырылып, су деңгейінің жалпы минералдануға әсері бағаланды (33-сурет).



Сурет 33 – Қазақстанның көл суларындағы 2000 жылдан 2020 жылға дейінгі әртүрлі кезендердегі жалпы минералдану концентрациясының мәндері (мг/дм<sup>3</sup>, көк сызықтар) және су деңгейінің (м.абс, қызыл сызықтар) уақыттық қатары, сызықтық тренд және сызықтық тренд теңдеуі

33-суретте жалпы минералданудың (мг/дм<sup>3</sup>) және су деңгейінің (м.абс) орташа жылдық концентрациясының нәтижелері көрсетілді. Балқаш көлінің батыс бөлігінің минералдануы әр жылдары 1566 мг/л дейін жетсе, шығыс бөлігінің суының тұздылығы 3978,4 мг/л тең. С.М.Романованың зерттеу жұмысында Іле өзені сағасынан Балқаш көлінің шығыс шығанақтарына дейінгі бағытта минералданудың жоғарылауы туралы айтылады. Сондай-ақ, 1929-1969 жж., 1970-1987 жж. және 1994-2002 жж. су тұздылығының ББ/ШБ қатынасының мәні берілген. Демек, ББ/ШБ (минерализациясы) 1929-1969 жж. орташа алғанда 0,29, содан кейін 1970-1987 жылдар аралығында 0,41-ге дейін өсті. 1994-2002 жж. бұл қатынастың 0,37-ден 0,31-ге дейін төмендеуі анықталды. Бұл су деңгейінің көтерілуіне және су көлемінің ұлғаюына байланысты [162].

Судағы жалпы минералданудың концентрациясы қарастырылатын көлдердің деңгейіне байланысты болуы мүмкін. Көлдегі минералдану мен су деңгейінің арасында Алакөлде ( $r = -0,61$ ), Шалқар (Ақтөбе облысы) көлі ( $r = -0,71$ ) және Үлкен Шабакты көлінде ( $r = -0,76$ ) тығыз корреляциялық байланыс бар. Барлық қарастырылатын көлдерде екі параметр арасында кері пропорционалдық қатынас анықталды. Есептеулерде корреляция коэффициентінің маңыздылығы Пирсон тесті арқылы тексерілді.

Көлдің тұздылығының (минералдануының) жоғарылауы көбінесе судағы организмдердің биомассасы мен алуан түрлілігінің төмендеуіне әкеледі. Тіпті судың тұздылығының азғантай жоғарылауы да өзіндік әсерін тигізеді. Тұздылықтың ауылшаруашылығында және ауыз су үшін суды пайдалануда маңызы зор.

## 5 Атмосфералық жауын-шашынның химиялық құрамының көл суларының минералдануына қосқан үлесін бағалау

Беткей суларының ластануында жауын-шашынның химиялық құрамының рөлі қарастырылып отырған аймақтағы ауылшаруашылығына және адам қызметінің басқа да салаларына қолайсыз әсерімен анықталады. Беткей суларының ластануы адам шаруашылығы мен қажеттілігіне байланысты өнеркәсіп орындарының жұмысының артуымен және т.б. себеп салдарынан 20 ғасырмен салыстырғанда қазіргі таңда айтарлықтай көлемде өсіп келеді. Сондықтан, беткей суларының ластану шамасын бағалауда жауын-шашынның химиялық құрамының өткен уақыттағы, қазіргі таңдағы және болашақтағы сипатын білу бағалауда, болжауда және іс-шаралар қолдануда маңызды орын алады. Беткей суларының ластануында жауын-шашынның химиялық құрамының рөлін бағалау метеорология және гидрология салаларының өзекті мәселесі болып табылады.

Қарқынды түрде ластаушы заттар атмосферадан жауын-шашынмен шайылуы барысында жойылады. Шайылып өту процессін шартты түрде екі кезеңге бөліп қарастырады. Бірінші кезеңде шайылатын ластаушы зат ядро конденсациясы болып, бұлт тамшысы құрылымында болады немесе түсетін жауын тамшысына айналмай тұрған даму кезеңіндегі бұлт тамшысында орын алады. Бұл кезең бұлтшілік шайылумен айқындалады. Екінші кезеңде ластаушы зат түсіп келе жатқан тамшысымен бірге төселме беткейге жанасқанға дейінгі аралықты қамтиды.

Суда тұздар ион түрінде кездеседі. Табиғи суларда гидрокарбонат  $\text{HCO}_3^-$ , хлорид  $\text{Cl}^-$  және сульфат  $\text{SO}_4^{2-}$  аниондары және кальций  $\text{Ca}^{2+}$ , магний  $\text{Mg}^{2+}$ , натрий  $\text{Na}^+$  және калий  $\text{K}^+$  катиондары басым болады да, оларды негізгі иондар деп атайды. Хлорид ионы суға – тұзды, сульфат, кальций және магний ионы – ащы, гидрокарбонат ионы – дәмсіз сипат береді. Бұл иондар тұщы суларда 90-95 %, жоғары минерализацияланған суларда еріген барлық заттың 99 %-нан жоғары болады. Негізгі иондардың табиғи күйіндегі судағы концентрациясы 1 мг/л аспайды. Осы себептенде теңіз және жер асты суларының негізгі компонент иондарына  $\text{Br}^-$ ,  $\text{B}^{3+}$ ,  $\text{Sr}^{3+}$  жатқызады. Беткей суларының химиялық құрамы климаттық және басқа жағдайлардың әсерінен өзгеререді де, өзіндік сипаттамаларға ие болады.

Жауын-шашындағы ион концентрациясының суға қаншалықты мөлшерде түсетін арақатынасы С.П. Китаев әдісі арқылы анықталды және (11) формулада көрсетілді [163].

$$\rho = \frac{K C_{\text{ж-ш}}}{C_{\text{б.суы}}} \times 100 \% \quad (11)$$

мұндағы:  $C_{\text{ж-ш}}$ ,  $C_{\text{б.суы}}$  – атмосфералық жауын-шашын және беткей суларындағы химиялық заттардың концентрациясы;  $k$  – жауын-шашын мен булану мөлшеріне байланысты атмосфералық жауын-шашындағы заттар

концентрациясының өзгеру коэффициенті, булану шамасы болмаған жағдайда автордың нұсқауы бойынша коэффициентті 1-ге тең деп алуға болады. Жұмыста заттар концентрациясының өзгеруіне байланысты коэффициентті есептеуде нақты буланудың екі түрлі мәліметтер базасы қолданылды. Оның бірі ERA 5-Land Еуропалық орта қашықтықтағы ауа райын болжау орталығының реализінің соңғы нұсқасы. Реанализдің артықшылығы ұсынылған деректердің толықтығы мен біркелкілігі, сондай-ақ жерүсті бақылаулары үшін қол жетімділігі қиын аумақтарды қамту болып табылады. Екіншісі – Амстердам құрлықтан жаһандық булану моделінің мәліметтері негізінде есептелді.

**ERA 5-Land** бойынша булануды есептеуде, жер бетінен буланған судың жинақталған мөлшері, транспирация (өсімдіктерден булану), ауадағы бу ескерілді. Бұл айнымалы болжамның басынан, болжам қадамының соңына дейін жинақталады. Еуропалық орта қашықтықтағы ауа райын болжау орталығының кешенді болжау жүйесі туралы келісімге сәйкес, төмен ағыстар оң болып табылады. Сондықтан, теріс мәндер булануды, ал оң мәндер конденсацияны көрсетеді [164]. Есептеу барысында Қазақстан территориясында булануды сипаттайтын теріс мәндер шықты.

ERA5-Land – ERA5-ке қарағанда дәлдігі жоғары жердегі айнымалылар эволюциясының бірнеше онжылдық бойы дәйекті көрінісін қамтамасыз ететін ғаламдық реанализдік деректер жиынтығы. Нақтырақ айтсақ, ERA5-Land ұзақ мерзімді, неғұрлым жоғары дәлдіктегі деректер жиынтығына қол жеткізу үшін жер үсті деңгейінде су-энергетикалық циклдердің жетілдірілген сипаттамасын қамтамасыз етуге бағытталған. Жақсартылған жер беті гидрологиясының жоғары дәлдіктегі схемасына, тиісінше орографияға және топырақ құрамына функционалдық тәуелді жер үсті ағындылары мен дренаждары жатады. ERA5-Land бірнеше ондаған жылдар бойы жер үсті деңгейінде су циклі мен энергиясының дәйекті көрінісін қамтамасыз етеді. Онда 1 сағаттық уақыттық дәлдіктігі бар 1950 жылдан бастап егжей-тегжейлі мәліметтер бар. Деректер 0,1x0,1 градус ендік-бойлық торға қайта есептелді.

**Ғаламдық жердегі буланудың Амстердамдық моделі (GLEAM)** – жердегі буланудың әр түрлі компоненттерін жеке бағалайтын алгоритмдер жиынтығы: транспирация, жалаң топырақтан булану, шығынды ұстап қалу, ашық судан булану, сублимация. Бұдан басқа, **GLEAM** топырақтың беткі және тамыр ылғалдылығынан булану жағдайларын қамтамасыз етеді.

Әдістің мәні климаттық және экологиялық айнымалыларды, спутниктік бақылауларда қамтылған булану туралы ақпаратты барынша қалпына келтіру болып табылады [165, 166, 167].

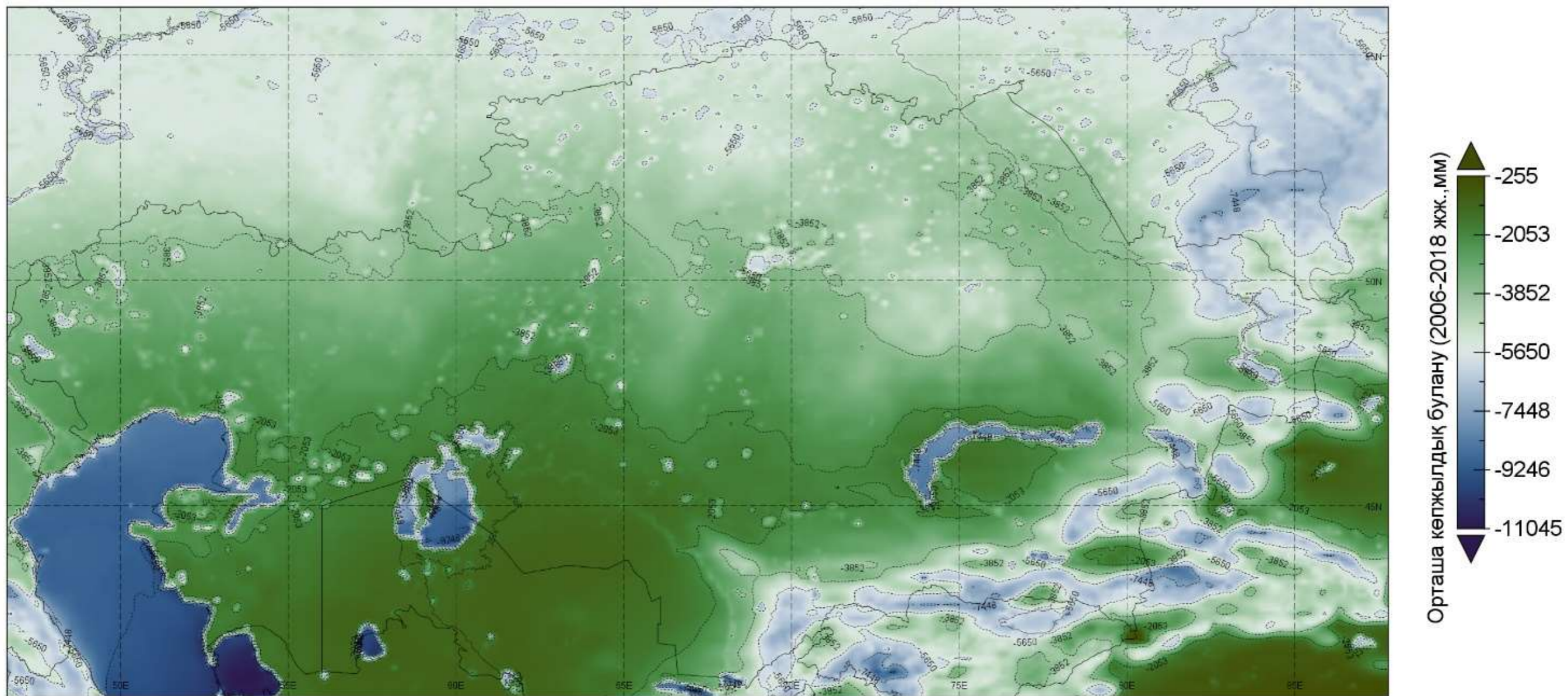
**Сипаттамасы.** Пристли мен Тейлордың GLEAM-дағы теңдеуі беткі таза сәулелену мен беткі ауа температурасын бақылау негізінде потенциалды булануды есептейді. Жалаң топырақтан потенциалды (мүмкін болатын) булануды бағалау микротолқынды диапазондағы өсімдіктердің оптикалық тереңдігін бақылау және топырақтың ылғалдылығын бағалау негізінде көбейтілген булану стресс коэффициентін пайдалана отырып жүргізеді және нақты булануға айналады. Нақты булану ағынды судың көп қабатты балансын

пайдалана отырып есептеледі. Кездейсоқ әсер ету қателерін жоюға тырысу үшін топырақтың беткі ылғалын бақылау топырақ профиліне де енгізіледі. Есепке алу кезіндегі шығындар GLEAM-да Гаш аналитикалық моделін пайдалана отырып жеке есептеледі. Модельдің негізгі мүмкіндіктері келесідей:

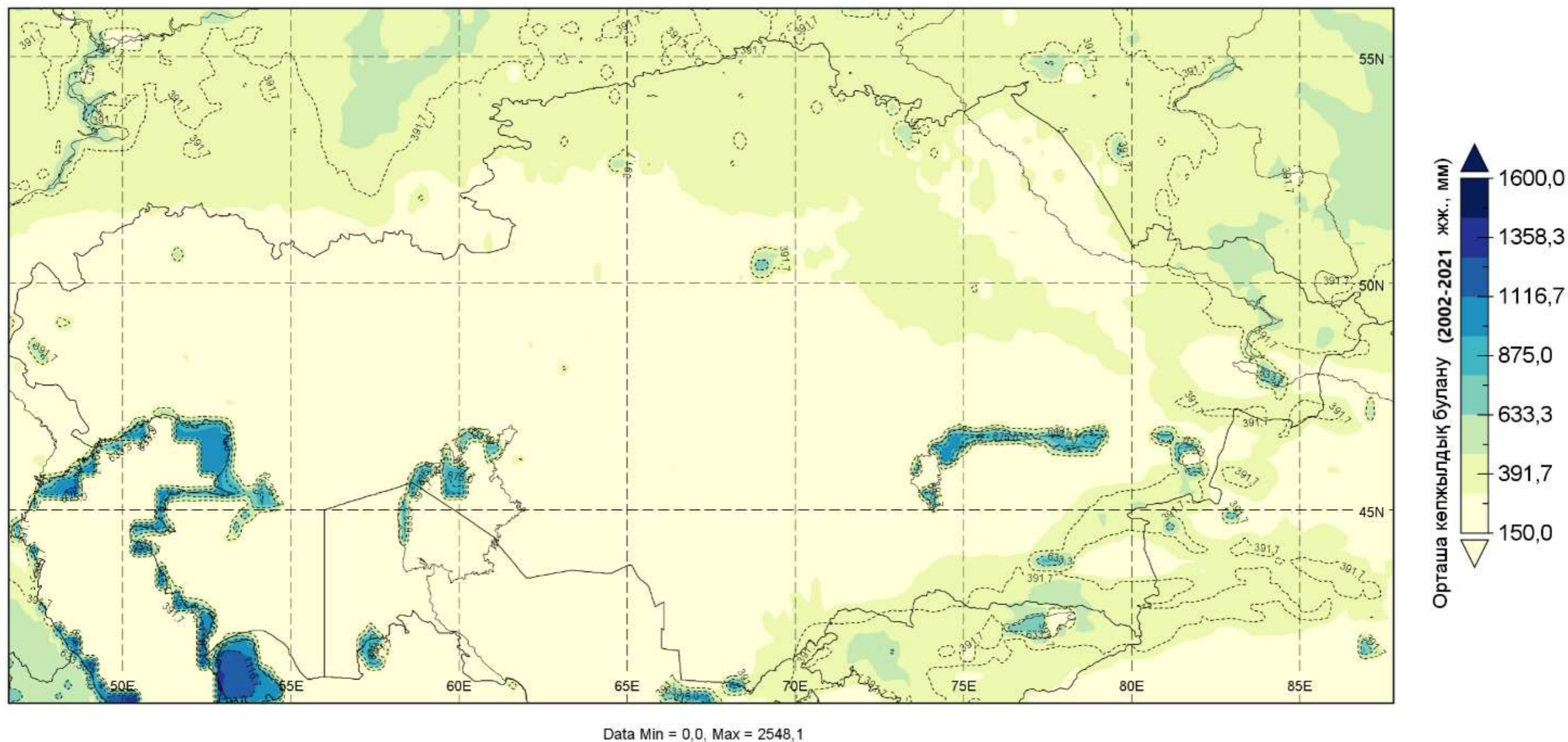
- 1) Топырақ ылғалының булануын ескеру;
- 2) Орманды қамтудың егжей-тегжейлі параметрі;
- 3) Бұлтты жағдайда артықшылық беретін микротолқынды бақылауларды кеңінен қолдану.

Келесі суретте ERA5-Land ( $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ ) реанализ мәліметі бойынша Қазақстан территориясына есептелген орташа көпжылдық булану картасы келтірілді (34-сурет).

ERA5 – Land ( $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ ) реанализ мәліметі бойынша алынған булану мәндерінің дәйектілігі жөнінде материалдарды келесі [168] сілтемелер арқылы танысуға болады. Ресей территориясына бұл модел деректері жоғары мәндерді көрсеткені мәлім. Амстердам құрлықтан жаһандық булану моделі бойынша Қазақстан территориясына есептелген орташа көпжылдық булану келесі суретте келтірілді (35-сурет)



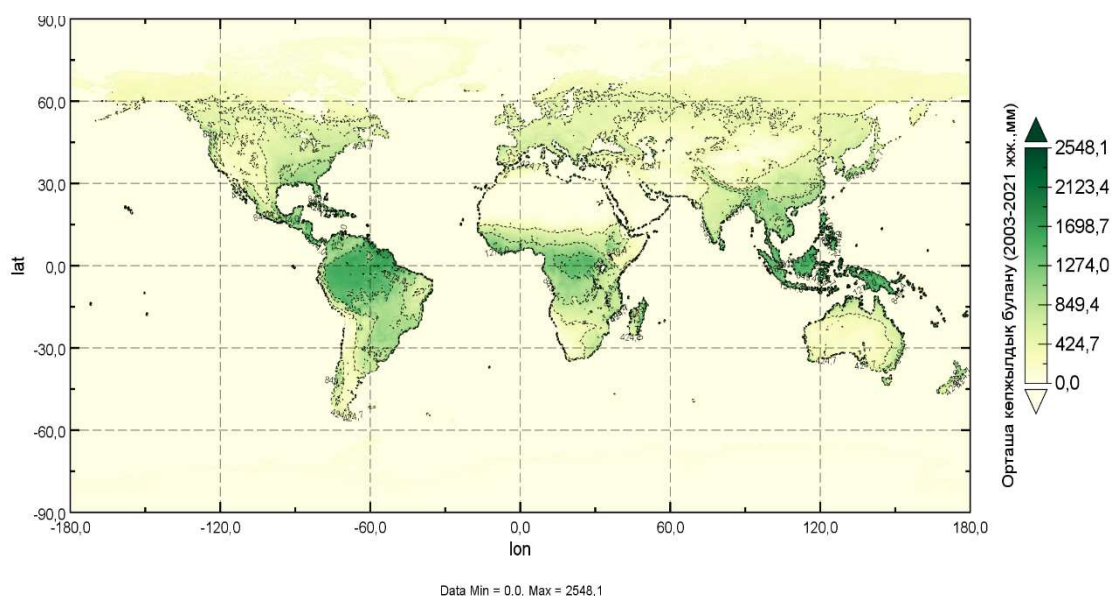
Сурет 34 – ERA5-Land (0,1°x0,1°) реанализ мәліметі бойынша Қазақстан территориясына есептелінген орташа көпжылдық булану



Сурет 35 – Амстердам құрлықтан жаһандық булану моделі бойынша Қазақстан территориясына 2002-2021 жж. үшін есептелген орташа көпжылдық булану



Амстердам құрлықтан жаһандық булану моделінің дәйектілігі жоғарыда көрсетілген сілтемелерде және осы [169, 170] ауқымды жұмыстарда келтірілді. Соныменқатар, модел көрсететін мәліметтердің дәлдігін бағалауда өз тарапымыздан жер шарына 2003-2021 жж. кезеңіне булану мөлшері есептелінді. Бұл тұрғыдан қарағанда буланудың кеңістіктік таралу заңдылығы ойға қонымды. Атап айтқанда, нақты булану шамасы Сахара шөлінде, Австралияның шөлейттерінде және Намиб шөлінде 0-ге тең, яғни шөлден буланатын ылғалдың болмауы салдарынан модел дұрыс таралу заңдылығын көрсетеді. Жауын-шашын көп түсетін экватор аумағында нақты буланудың шамасы жоғары мәндерге ие (36-сурет).



Сурет 36 – Амстердам құрлықтан жаһандық булану моделі бойынша жер шарына 2003-2021 жж. есептелген орташа көпжылдық булану

Кесте 13 – Жауын-шашын мен булануға байланысты заттар концентрациясының өзгеру коэффициентін 1-ге тең деп алғандағы, жауын-шашынның химиялық құрамының көл суларының құрамына тигізетін үлесі

№	Көл	Координата		Кезең жж.	Ион концентрациясы, мг/дм <sup>3</sup>								Ауыр металдар концентрациясы, мкг/дм <sup>3</sup>		
		ш.б.	с.е.		Аниондар				Катиондар				Pb	Cu	Cd
					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			
Балқаш-Алакөл су шаруашылық бассейні															
1	Алакөл	81,4	46,0	2002-2021	0,9	0,7	83,6	2,2	*	0,5	0,9	15,7	35,9	70,2	45,8
2	Балқаш	74,5	46,3	2005-2021	1,6	1,2	*	4,6	84,5	1,1	1,4	19,8	12,6	67,2	20,2
3	Қошқаркөл	81,2	46,3	2005-2010	5,3	2,9	*	3,2	*	1,6	6,3	6,0	15,4	*	92,3
4	Сасықкөл	80,6	46,4	2005-2010	14,5	11,3	//	//	76,0	3,4	8,7	12,6	*	*	18,8
Есіл су шаруашылық бассейні															
5	Бурабай	70,2	53,0	2006-2018	15,2	16,6	*	2,9	*	15,3	6,2	5,1	65,0	*	*
6	Кіші Шабакты	70,7	53,4	2006-2018	0,5	0,1	*	0,6	*	0,2	0,1	3,1	77,8	*	*
7	Үлкен Шабакты	70,2	53,1	2006-2018	2,5	1,7	*	1,1	*	1,7	0,9	4,4	*	*	*
Ертіс су шаруашылық бассейні															
8	Марқакөл	85,0	49,0	2002-2020	90,3	*	*	9,1	*	25,2	28,6	17,3	*	*	*
Жайық-Каспий су шаруашылық бассейні															
9	Шалқар (Ақтөбе)	59,4	47,5	2012-2021	8,9	4,3	*	3,4	79,5	3,0	6,9	10,6	3,8	64,0	//
10	Шалқар (БҚО)	51,4	50,3	2003-2021	6,1	0,2	26,0	6,1	*	0,5	1,9	2,9	//	//	//

Кесте-13 жалғасы

№	Көл	Координата		Кезең жж.	Ион концентрациясы, мг/дм <sup>3</sup>								Ауыр металдар концентрациясы, мкг/дм <sup>3</sup>		
		ш.б.	с.е.		Аниондар				Катиондар				Pb	Cu	Cd
					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			
Шу-Талас су шаруашылық бассейні															
11	Билікөл	70,4	43,0	2007-2020	1,1	6,6	*	3,4	*	2,1	1,6	4,8	44,7	*	*
12	Қоқай	69,2	50,3	2008-2018	2,0	1,2	*	4,6	*	1,3	1,3	5,3	*	*	3,2

Ескертпелер

1 \* – жауын-шашындағы химиялық заттардың концентрациясы көл суларының мәндеріне жақын емес, бұл жағдайда Китаев әдісі қолданылмайды;

2 // – есептеу барысында мәліметтер жоқ.

Кесте 14 – Жауын-шашынның химиялық құрамының көл суларының құрамына тигізетін үлесі заттар концентрациясының жауын-шашын мен булануға байланысты өзгеру коэффициентін **GLEAM v3.6b** моделімен есепке алғандағы мәндері

№	Көл	Координата		Кезең жж.	Ион концентрациясы, мг/дм <sup>3</sup>								Ауыр металдар концентрациясы, мкг/дм <sup>3</sup>		
		ш.б.	с.е.		Аниондар				Катиондар				Pb	Cu	Cd
					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			
Балқаш-Алакөл су шаруашылық бассейні															
1	Алакөл	81,4	46,0	2002-2021	0,5	0,4	48,5	0,7	*	0,3	0,5	9,1	20,8	40,7	26,6
2	Балқаш	74,5	46,3	2005-2021	0,3	0,2	*	1,3	16,9	0,2	0,3	4,0	2,5	13,4	4,0
3	Қошқаркөл	81,2	46,3	2005-2010	3,2	1,7	*	1,9	*	0,9	3,8	3,6	9,2	*	55,4
4	Сасықкөл	80,6	46,4	2005-2010	8,7	6,8	//	//	45,6	2,1	5,2	7,6	*	*	11,3

Кесте-14 жалғасы

№	Көл	Координата		Кезең жж.	Ион концентрациясы, мг/дм <sup>3</sup>								Ауыр металдар концентрациясы, мкг/дм <sup>3</sup>		
		ш.б.	с.е.		Аниондар				Катиондар				Pb	Cu	Cd
					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			
Есіл су шаруашылық бассейні															
5	Бурабай	70,2	53,0	2006-2018	15,2	16,6	*	2,9	*	15,3	6,2	5,1	65,0	*	*
6	Кіші Шабакты	70,7	53,4	2006-2018	0,5	0,1	*	0,6	*	0,2	0,1	3,1	77,8	*	*
7	Үлкен Шабакты	70,2	53,1	2006-2018	2,5	1,7	*	1,1	*	1,7	0,9	4,4	*	*	*
Ертіс су шаруашылық бассейні															
8	Марқакөл	85,0	49,0	2002-2020	90,3	*	*	9,1	*	25,2	28,6	17,3	*	*	*
Жайық-Каспий су шаруашылық бассейні															
9	Шалқар (Ақтөбе)	59,4	47,5	2012-2021	8,9	4,3	*	3,4	79,5	3,0	6,9	10,6	3,8	64,0	//
10	Шалқар (БҚО)	51,4	50,3	2003-2021	6,1	0,2	26,0	6,1	*	0,5	1,9	2,9	//	//	//
Шу-Талас су шаруашылық бассейні															
11	Билікөл	70,4	43,0	2007-2020	1,1	6,6	*	3,4	*	2,1	1,6	4,8	44,7	*	*
12	Қоқай	69,2	50,3	2008-2018	2,0	1,2	*	4,6	*	1,3	1,3	5,3	*	*	3,2

Ескертпелер

1 \* – жауын-шашындағы химиялық заттардың концентрациясы көл суларының мәндеріне жақын емес, бұл жағдайда Китаев әдісі қолданылмайды;

2 // – есептеу барысында мәліметтер жоқ.

Кесте 15 – Жауын-шашынның химиялық құрамының көл суларының құрамына тигізетін үлесі заттар концентрациясының жауын-шашын мен булануға байланысты өзгеру коэффициентін **ERA5-Land** моделімен есепке алғандағы мәндері

№	Көл	Координата		Кезең жж.	Ион концентрациясы, мг/дм <sup>3</sup>								Ауыр металдар концентрациясы, мкг/дм <sup>3</sup>		
		ш.б.	с.е.		Аниондар				Катиондар				Pb	Cu	Cd
					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			
Балқаш-Алакөл су шаруашылық бассейні															
1	Алакөл	81,4	46,0	2002-2021	0,04	0,03	8,7	0,1	*	0,01	0,1	0,7	2,5	6,8	2,4
2	Балқаш	74,5	46,3	2005-2021	0,2	0,1	*	0,4	27,3	0,1	0,2	1,9	1,2	13,4	//
3	Қошқаркөл	81,2	46,3	2005-2010	0,5	0,3	*	0,3	*	0,2	0,6	0,6	1,5	*	9,2
4	Сасықкөл	80,6	46,4	2005-2010	1,4	1,1	//	//	7,6	0,3	0,9	1,3	*	*	1,9
Есіл су шаруашылық бассейні															
5	Бурабай	70,2	53,0	2006-2018	2,7	3,0	*	0,5	*	2,8	1,1	0,9	11,7	*	*
6	Кіші Шабакты	70,7	53,4	2006-2018	0,1	0,02	*	0,1	*	0,04	0,03	0,5	13,2	*	*
7	Үлкен Шабакты	70,2	53,1	2006-2018	0,5	0,3	*	0,2	*	0,3	0,2	0,8	*	*	*
Ертіс су шаруашылық бассейні															
8	Марқакөл	85,0	49,0	2002-2020	25,3	28,4	*	2,5	*	7,1	8,0	4,8	*	*	*
Жайық-Каспий су шаруашылық бассейні															
9	Шалқар (Ақтөбе)	59,4	47,5	2012-2021	0,8	0,4	*	0,3	7,2	0,3	0,6	1,0	0,3	5,8	//
10	Шалқар (БҚО)	51,4	50,3	2003-2021	0,6	0,02	2,6	0,6	*	0,05	0,2	0,3	//	//	//
Шу-Талас су шаруашылық бассейні															
11	Билікөл	70,4	43,0	2007-2020	0,2	1,1	*	0,5	*	0,3	0,3	0,8	7,2	*	*
12	Қоқай	69,2	50,3	2008-2018	0,2	0,1	*	0,5	*	0,1	0,1	0,5	*	*	0,3

Ескертпелер

1 \* – жауын-шашындағы химиялық заттардың концентрациясы көл суларының мәндеріне жақын емес, бұл жағдайда Китаев әдісі қолданылмайды;

2 // – есептеу барысында мәліметтер жоқ.

Кесте 13-ден көретініміздей жауын-шашындағы ион концентрациясы мөлшерінің ( $\text{мг/дм}^3$ ) суға тигізген үлесі берілді.

Сульфат ионының концентрациясы табиғи суда  $0,2-100 \text{ мг/дм}^3$  аралығында болады. Сульфат ионының ең аз концентрациясы жауын-шашында орташа алғанда  $2 \text{ мг/дм}^3$  мөлшерде байқалады. Атмосфералық жауын-шашында сульфат ионы аз мөлшерде болғанымен, беткей суларға сульфат ионын тасымалдаушы негізгі көз болып табылады. Жауын-шашындағы сульфат ионы суға жауын-шашын мен булану мөлшеріне байланысты жауын-шашындағы заттардың концентрациясының өзгеру коэффициентін 1-ге тең деп алғанда  $0,5...90,3 \%$  диапазоны аралығында әсер етті (13-кесте). **GLEAM v3.6b** моделімен есепке алғандағы мәндер бойынша, жауын-шашынмен түсетін элементтер тек Алакөл, Балқаш, Қошқаркөл, Сасықкөл көлдерінде азайды (14-кесте). Жауын-шашынның көл суларына тигізетін үлесі **ERA5-Land** моделімен есепке алғанда сульфат бойынша  $0,04...25,3 \%$  аралығында болды (15-кесте). Сульфаттың жауын-шашынмен тигізетін максималды үлесі Марқакөл көлінде бақыланды.

Хлорид ионы жоғарыда аталып өткендей судағы табиғи құраушы негізгі ион болып табылады. Судағы концентрациясы  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ -дан, арктикалық қарда ерітінді түрде  $150 \text{ мг/дм}^3$  аралығында өзгереді. Атмосфералық жауын-шашындағы орташа концентрациясы  $1 \text{ мг/дм}^3$  аспайды. Хлоридтер жақсы ериді және суда булану, су қатуы кезінде ғана аздаған мөлшерде ғана азаяды. Иондық алмасуға, адсорбцияға және биологиялық факторларға тәуелді болмағандықтан, хлоридтер ерітіндісі судан табиғи процесстермен шығуы өте қиын болады. Жауын-шашындағы хлорид концентрациясының суға пайыздық түрде  $0,2-16,6 \%$  аралығында үлесін тигізді (13-кесте). **ERA5-Land** моделімен есепке алғанда  $0,02-28,4 \%$  болса (15-кесте), **GLEAM v3.6b** бойынша  $0,2-6,8 \%$  аралығында Алакөл, Балқаш, Қошқаркөл, Сасықкөл көлдерінде орын алды. Жауын-шашынмен бірге келіп түсетін минималды үлес Балқаш көлінде, ал максималды үлесі Сасықкөл көлінде анықталды (14-кесте).

Нитраттар ( $\text{NO}_3^-$ ) азот қышқылын металдар, оксидтер мен гидроксидтер, тұздарға қосу арқылы алынады. Барлық нитраттар суда жақсы ериді. Азот  $\text{NO}_3^-$  нитрат түрінде суға жауын-шашын арқылы түседі. Нитрат ионы ( $\text{NO}_3^-$ ) суға  $26,0...83,6 \%$  шамасында түсті. Максималды концентрациясы жауын-шашында нитрат концентрациясы жоғары болғандықтан Алакөл көл суына жоғары үлесін тигізді.

Табиғи судағы гидрокарбонаттар ( $\text{HCO}_3^-$ ), әдетте, кальций және магний тұздары болып табылады. Ағынды жер үсті су көздерінде гидрокарбонат пен карбонат иондарының концентрациясы  $30-400 \text{ мг/дм}^3$  құраса, ағынсыз беткі көздерде  $1-500 \text{ мг/дм}^3$ . Жауын-шашынның құрамында мұндай иондар  $30-100 \text{ мг/дм}^3$ , ал артезиан ұңғымаларында концентрациясы  $150-900 \text{ мг/дм}^3$  болады. Бір литр теңіз суында  $100-200$  миллиграмм гидрокарбонат бар. Жауын-шашынмен түскен максималды концентрация коэффициентті 1-ге тең деп алғанда да, **GLEAM v3.6b** бойынша да Марқакөлде –  $9,1 \%$ , **ERA5-Land** моделімен есепке алғанда –  $2,5 \%$  болды (13, 14, 15-кесте).

Аммоний ионы – полиатомды катион немесе аммиактың иодталған түрі. Аммоний аниондармен қосылып аммоний тұздары мен қосылыстарын тудырады. Аммонийдің тұздары түссіз, суда жақсы еритін кристалды құрылымды болып келеді. Табиғи суларда аммоний иондарының  $\text{NH}_4^+$  концентрациясы 0,01-ден 0,2 мг/дм<sup>3</sup>-ке дейін болады. Ауыз судағы аммоний ионының ШМК 2,0 мг/дм<sup>3</sup> құрайды. Көл суларына жауын-шашынмен  $\text{NH}_4^+$  – 76...84,5 %, **GLEAM v3.6b** моделімен есепке алғанда 16,9...79,5 % (15-кесте), **ERA5-Land** бойынша 7,2...27,3 % аралығында түсті (14-кесте).

Барлық табиғи суларда натрий және калий ионы ( $\text{Na}^+\text{K}^+$ ) белгілі бір мөлшерде болады. Натрий ионы суда 1-20 мг/л, ал калий ионы 10 мг/л болады. Натрий және калий ионы ( $\text{Na}^+\text{K}^+$ ) көл суларына 0,2...25,2 % аралығында үлесін қосты (13, 14-кесте). **ERA5-Land** бойынша 0,01-7,1 % шамасында үлесін тигізді (15-кесте).

Магний ионы ( $\text{Mg}^{2+}$ ) геохимиялық құрамы тұрғысынан кальцийге жақын болады. Магний карбонатының еруі көмірқышқыл газының болуына тікелей байланысты. Магний концентрациясы суда 1-40 мг/л аралығында болады. Кальций ионы ( $\text{Ca}^{2+}$ ) табиғи суларда көп кездесетін катиондардың бірі. Беткей сулары атмосфералық көмірқышқыл газымен тепе-теңдікте болғанда концентрациясы 20-30 мг/л құрайды. Беткей суларындағы кальций ионы концентрациясы 40-50 мг/л дейін гидрокарбонат, көмірқышқыл газы, кальций карбонатының болуы есебінен жоғарылайды. Жауын-шашынмен ( $\text{Mg}^{2+}$ ) көл суларына 0,1...28,6 % диапазонында үлесін қосса,  $\text{Ca}^{2+}$  – 3,1...19,8 % аралығында түсті (13-кесте). **ERA5-Land** моделі бойынша есепке алынған коэффициент бойынша  $\text{Mg}^{2+}$  – 0,03...8,0 %,  $\text{Ca}^{2+}$  – 3,1...19,8 % құрады.

Ауыр металдарға атомдық массасы 50 атом бірлігінен асатын немесе алтыдан аса тығыздықтағы қырық элемент жатады. Экологиялық қауіпті ауыр металдарға қорғасын, сынап, кадмий жатады. Ауыр металдар тобы көбіне микроэлементтер түсінігімен сәйкес келеді. Ауыр металдар табиғи суларға өнеркәсіптің пайдаланған суларымен ғана емес, сондай-ақ үйінділерден сүзіле отырып, әсіресе қалдық сақтағыштардан жаңбыр суларымен түседі. Су ортасына түскен ауыр метал ортаның басқа компоненттерімен қосылысқа түседі. Олар оксигидрат, иондық жұптар, органикалық және органикалық емес қосылыстар.

Қорғасынның жауын-шашынмен суға түскен максималды мөлшері булану коэффициентін 1-ге тең деп алғанда да, **GLEAM v3.6b** моделімен есепке алғанда да Кіші Шабакты көлінде 77,8 % құрады. **ERA5-Land** моделі бойынша есепке алынған коэффициент бойынша 13,2 % болды.

Мыстың жауын-шашынмен түскен максималды концентрациясы Алакөл көлінде 70,2 % ( $\kappa=1$ ) және 40,7 % (**GLEAM v3.6b**) құраса, Балқаш көлінде 13,4 % болды (**ERA5-Land**).

Кадмийдің максималды концентрациясы Қошқаркөлде 92,3 %, 55,4 % және 9,2 % құрады (13, 14, 15-кесте).

## 5.1 Атмосфералық жауын-шашын минерализациясының Қазақстан территориясы бойынша бақыланған өзгерісі

Табиғаттағы су айналымы – бұл гидросферада, атмосферада және литосферада планетаның су ресурстарының тұрақты қозғалысының табиғи процесі. Бұл қозғалыс кезінде су сұйық немесе мұз күйінен бу күйіне айналып отырып, агрегаттық күйін өзгертеді. Салқындаған кезде ол қайтадан сұйықтыққа айналады және жаңбыр, қар немесе бұршақ түрінде мұхиттардың немесе материктердің бетіне түседі. Бұл процесс кезінде су жер бетіндегі тіршіліктің сақталуына ықпал ететін көптеген минералды және органикалық қосылыстарды алып жүреді.

Табиғаттағы су айналымы ғаламдық сипатқа ие. Бұл процесте дүниежүзілік мұхит, атмосфера және барлық континенттер қатысады. Мұхит бетінен булану кезінде ылғал атмосфераға көтеріліп, ауа массаларының әсерінен қозғалады. Содан кейін жаңбыр, қар немесе бұршақ түрінде жерге түседі. Жер бетіне түскеннен кейін су өзендер арналарына құйылады да, ол арқылы қайтадан мұхитқа оралады.

Табиғатта су айналымы қалай болатынын түсіну оңай болуы үшін оны диаграмма түрінде көрсетуге болады (37-сурет). Жеңілдетілген түрде су айналымының диаграммасы келесідей болады:

1. жер бетіндегі және мұхиттардағы ылғалдың булануы (күн энергиясының себебінен);
2. атмосферадағы ылғалдың концентрациясы;
3. жауын-шашын жаңбыр, қар немесе бұршақ түрінде болады.



Сурет 37 – Табиғаттағы су айналымы

Табиғаттағы дүниежүзілік су айналымы оның масштабына және оған қатысатын аумақтарға байланысты бес түрге бөлінеді.

1. Үлкен айналым.
2. Кіші айналым.
3. Құрлықшілік айналымы.



4. Геологиялық айналым.
5. Жаһандық су айналымы.

Кіші айналымда мұхит бетінен буланған су сол мұхит үстіне жаңбыр түрінде жауады. Мұндай жағдайда жаңбыр бұлттары өте ұзақ қашықтыққа тасымалдануы мүмкін. Алайда, су айналымы әліде болса кіші болып саналады.

Ылғалды буланған бұлттар құрлыққа жетіп, жауын-шашын түрінде түскенде үлкен айналым болады. Бұл жағдайда мұхиттық ылғал шынымен үлкен су айналымын жасайды. Мұхит бетінен жоғары көтеріліп, жаңбыр түрінде құрлыққа түседі және топырақ пен өзен арналары арқылы өтіп, мұхитқа қайта оралады. Осылайша, айналым теңіз бен құрлық арасында пайда болады.

Су айналымының құрлықішілік схемасы белгілі бір материктің бетінен ылғалдың булануын және оның сол материктің үстінде сұйық немесе қатты жауын-шашын түрінде түсуін қамтамасыз етеді. Су айналымы атмосфераға буланбай да болуы мүмкін. Тектоникалық жарықтар болған жерлерде, литосфералық тақталардың түйіскен жерлерінде су алмасу процесі үнемі жүреді. Мұндай су алмасу геологиялық деп аталады, өйткені ол дүниежүзілік мұхит бетіндегі ылғалдың булануынсыз жердегі су айналымын қамтамасыз етеді.

Жыл сайын жер қойнауынан оның бетіне шамамен  $0,25 \text{ м}^3$  су қосылады, бірақ бұл планетаның жалпы су балансына әсер етпейді. Су буының бір бөлігі күн радиациясының әсерінен атмосфераның жоғарғы қабаттарына түсіп, сутегі мен оттегіге ыдырайды және ғарышқа кетеді. Жаһандық айналымға байланысты өзендерде, көлдерде, теңіздерде үздіксіз су алмасуы, яғни судың үздіксіз жаңаруы жүреді.

Табиғаттағы су айналымы мұхит бетінен тұзды судың булануы есебінен тұщы су қорының жүйелі түрде толықтырылуын қамтамасыз етеді. Булану кезінде бу күйіндегі су атмосфераға көтеріледі, ал оның құрамындағы тұз мұхитта қалады.

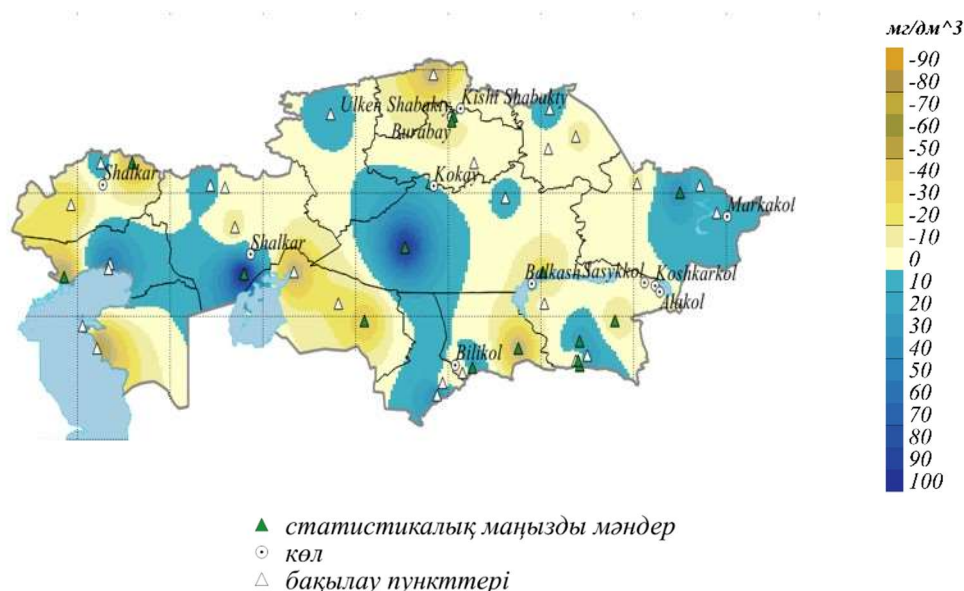
Сонымен, су және оның табиғаттағы айналымы жер бетінде өмір сүретін барлық алуан түрлі тіршілік иелерінің тіршілік әрекетін қамтамасыз етеді. Тірі ағзаның гүлденуі үшін оған қолайлы жағдайлар қажет. Табиғаттағы су айналымы сияқты құбылыссыз судың тұзды және тұщы болып бөлінуі мүмкін емес еді. Оның арқасында дүниежүзілік мұхиттың булануы есебінен тұщы су көздері толығып отыр. Сонымен қатар, су айналымы қоректік заттардың таралуын қамтамасыз етеді және теңіздер мен өзендердің барлық тіршілік иелерінің өмірін қамтамасыз етеді [171]. Қазіргі таңда әлемнің әртүрлі мемлекеттерінде жекелеген өзендердегі су минерализациясы шаруашылық әрекеттерге байланысты табиғи жағдайдағы минерализацияға қарағанда 2-3 есеге өсті. Сондай-ақ, көлдер мен теңіздерде де минерализация мөлшерінің артқаны байқалды. Азор теңізінің тұздылығы соңғы жылдарда 10-13 %-ға артты. В.И. Коренов Орта Азия және Ресейдің еуропалық территориясында  $\text{Na}^+$  мен  $\text{K}^+$  иондарының концентрациясының өсуі антропогендік іс-әрекеттің нәтижесі деп тұжырымдады [172]. Ал, Украинадағы беткей суларының химиялық элементтерінің балансын зерттеу барысында Донбастың кейбір өзендерінде иондар концентрациясының өсуі әртүрлі шамада болды. Хлор, натрий, калий

иондары концентрациялары өте жоғары болса, магний, күкірт сульфаты, кальций концентрациялары шамалы түрде өсті [173].

Жер асты сулары беткей суларымен салыстырғанда ластанудан біршама қорғалғанына қарамастан, нитраттың біршама мөлшері шоғырлануда. Антропогендік азоттың жер асты суларында кездесуі ауылшаруашылық тыңайтқыштар, шірінді қалдықтарының келіп түсуіне байланысты [174, 175].

Жұмыста атмосфералық жауын-шашынның орташа жылдық ион соммасының 2001-2018 жж. кезеңіндегі уақыттық қатары қолданылды. Трендтің маңыздылығы Фишер тесті (F-тест) арқылы жүзеге асырылды. Фишердің критерийіне сәйкес ( $\alpha=0,05$ ), қатардың ұзақтығы 18 жыл болса, тренд  $\geq 4.41$  мәндерінде маңызды болып саналады.

Қазгидромет ЭМД-де алынған орташа жылдық мәліметтер негізінде атмосфералық жауын-шашынның иондық құрамының өзгерісін (тренд) көрсететін карта Қазақстан территориясы бойынша тұрғызылды (38-суретті қараңыз).



Сурет 38 – Қазақстан территориясы бойынша атмосфералық жауын-шашынның 2001-2018 жж. кезеңіндегі орташа жылдық ион соммасының өзгерісі картасы

Жауын-шашынның орташа жылдық ион соммасының статистикалық маңызды өсу тренді Шалқар көлі (Ақтөбе облысы) маңындағы Аяққұм метеорологиялық станциясында 99,9 мг/дм<sup>3</sup>/10 жыл сайын бақыланса, Балқаш көлінің батыс бөлігінде маңызды төмендеу тренді 26,8 ...30 мг/дм<sup>3</sup>/10 жыл анықталды. Үлкен Шабакты, Кіші Шабакты және Бурабай көлдерінде статистикалық маңызды минералдану мәндерінің төмендеуі 3,8...24,4 мг/дм<sup>3</sup>/10 жыл аралығында болды.

Көптеген өнеркәсіптер, ауыл шаруашылығы, ауыз сумен жабдықтау кәсіпорындары судың сапасына, атап айтқанда минералдануға белгілі бір талаптар қояды, өйткені тұздың көп мөлшері судағы өсімдіктер мен жануарлар организмдеріне, өнімнің сапасына кері әсерін тигізеді. Зерттеулердің нәтижелері

қарастырылған су объектілері аумағында минерализация мөлшерінің өсуімен қатар, төмендегені де анықталды. Көлдерде жан-жақты кешенді ғылыми зерттеулер мен қоршаған ортаны қорғаудың тиісті шараларын жүргізген дұрыс болады.

## Қорытынды

- 1941-2020 жылдар аралығындағы Қазақстанның су бассейндері аумағындағы орташа жылдық ауа температурасының жоғарылауы  $0,21\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жыл (Нұра-Сарысу бассейні) мен  $0,42\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылға дейін (Жайық-Каспий бассейні) бақыланды;
- Қыста статистикалық маңызды өсу тек Жайық-Каспий бассейнінде байқалды -  $0,48\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жыл;
- Көктемде Қазақстанның барлық су қоймаларының аумағында  $0,60\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылдан  $0,66\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылға дейін ең қарқынды жылыну байқалады. Барлық көктемгі тенденциялар статистикалық тұрғыдан маңызды. Трендтің жалпы дисперсияға үлесі 20-33 % құрайды;
- Жазда Шу-Талас, Балқаш-Алакөл, Жайық-Каспий бассейндерінде  $0,16\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылдан  $0,45\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ -ға дейін статистикалық маңызды оң үрдістер байқалды;
- Күзде ауа температурасының оң динамикасы барлық су қоймаларында байқалады, статистикалық маңызды өсу қарқыны  $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылдан  $0,41\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылға дейін (Есіл, Жайық-Каспий бассейндері);
- Есіл және Нұра-Сарысу бассейндерінде жауын-шашынның жылдық мөлшері 3,6 және 3 %/10 жылға артты және статистикалық маңызды болды;
- Балқаш-Алакөл және Есіл бассейндерінде қыста 5,5...6,9 %/10 жылға өсу тенденциясы байқалады;
- Көктемгі кезеңде бассейнаралық қимада: Жайық-Каспий, Есіл бассейндерінде жауын-шашын мөлшерінің статистикалық сенімді өсу үрдісі байқалады-7,9...8,9 %/10 жыл;
- Жазғы кезеңде жауын-шашын мөлшерінің статистикалық маңызды оң үрдісі Нұра-Сарысу бассейнінде 7,3 %/10 жылды құрады;
- Атмосфералық жауын-шашынның азаюының статистикалық маңызды үрдісі күзде тек Жайық-Каспий бассейнінде байқалды – 4,9 %/10 жыл (трендтің жалпы дисперсияға үлесі 6 % құрайды);
- Радиациялық  $2,6\text{ Вт}/\text{м}^2$  әсермен жауын-шашын 2050-2074 жж. 2025-2049 жылдар кезеңіне қатысты салыстырғанда, сәуір және мамыр айларында жауын-шашын мөлшерінің 40-50 %-ға статистикалық маңызды өсімі Шалқар (Ақтөбе облысы) көлі маңында болжанды. Қыста қаңтарда ғана жауын-шашынның 10-20 %-ға айтарлықтай төмендеуін Балқаш, Алакөл, Сасықкөл көлдерінде байқауға болады. Жазда аумақтың басым бөлігінде жауын-шашын қалыпты шектерде болады деп күтілуде. Күзде атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің азаюының статистикалық маңызды мөлшері 30-50 % аралығында Шалқар (Ақтөбе облысы) көлінде байқалады;
- 2050-2074 жж. кезеңінде радиациялық әсер етудің  $4,5\text{ Вт}/\text{м}^2$  сценарийі бойынша жауын-шашын сәуір айында Есіл, Балқаш-Алакөл су шаруашылық бассейні көлдері аймақтарында артады. Тамыз айында Балқаш-Алакөл бассейнінде орналасқан көлдер аумағында жауын-шашын мөлшері 40-50 %

азаюы ықтимал. Республиканың басым бөлігінде қыс айларында жауын-шашын норма шамасында болады деп күтілуде;

- Зерттеу барысында жауын-шашындағы ион концентрациясында Балқаштан Аул-4-ке тасымалданудың орын алғаны анықталды. Сондай-ақ, Қазгидромет РМК жыл сайынғы бюллетенінде атмосфералық жауын-шашынның ластануының ең жоғары деңгейі бірнеше жыл қатарынан МС Аул 4-те байқалды;

- Қазақстан республикасының мемлекеттік стандартына сәйкес су кермектігі бойынша орталықтанған сумен жабдықтауға келесі көл сулары ғана жарамды: Бурабай, Қошқаркөл, Марқакөл, Сасықкөл, Шалқар (Ақтөбе облысы) көлдері;

- Минералдану дәрежесі бойынша ауыз су ретінде Марқакөл, Бурабай, Қошқаркөл, Шалқар (Ақтөбе) көлдері суларын қолдануға болады;

- Мыс барлық көлдер және бақылау қатарындағы жылдары ШМК<sub>бш</sub> асты;

- Х. Стеблер критерийі бойынша суаруға Марқакөл, Бурабай және Билікөл, Үлкен Шабақты көл сулары жарамды;

- Топырақтың тұздану ықтималдығының деңгейі (яғни, натрийдың сіңу коэффициенті) өте жоғары көрсеткішімен Алакөл, Балқаштың шығыс және батыс бөлігі, Кіші Шабақты, Қоқай көлдері және Шалқар (БҚО) көлінде бағаланады;

- Марқакөл, Бурабай көлдерінде тұздану немесе сортаңдану ықтималдығы – аз болса, Билікөлде – орташа көрсеткішке ие;

- Жұмыста жауын-шашынның химиялық құрамының көл суларына тигізетін үлесі бар екені анықталды;

- Булану коэффициентін есепке алғанда **GLEAM v3.6b** модельмен есепке алғанда жауын-шашынмен түсетін заттардың концентрациясы Балқашта 5 есеге, ал Алакөлде 1,7 есеге төмендегені анықталды. Жауын-шашын мен булануға қатысты коэффициентті **ERA5-Land** модельмен есепке алғанда барлық көлдер бойынша жауын-шашынмен түсетін химиялық ингредиенттер 3,6...11,1 есе төмендеді. Бұл көлдерге жауын-шашынмен түскен концентрациялардың бір бөлігінің жауын-шашын мен булану шамасына байланысты азайғанымен түсіндіріледі.

- Диссертациялық жұмыс бойынша басылымға шығарылған мақалалармен төмендегі сілтемелер [176-185] арқылы танысуға болады.

## Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 Израэль Ю. А., Назаров И. М., Рябошапка А. Г. Подходы к нормированию атмосферных загрязнений при дальнем и трансграничном переносе // В кн.: Комплексный глобальный мониторинг загрязнения природной среды. Труды Международного симпозиума. –Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 297 с.
- 2 Jung Moon Yoo, Yu Ri Lee, Dongchul Kim, Myeong Jae Jeong, William R. Stockwell, Prasun K. Kundu, Soo Min Oh, Dong Bin Shin, Suk Jo Lee. New indices for wet scavenging of air pollutants (O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, and PM<sub>10</sub>) by summertime rain //Atmospheric Environment. -2014. -[Vol. 82](#), P. 226-237. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.022>
- 3 Martin A. Estimated washout coefficients for sulphur dioxide, nitric oxide, nitrogen dioxide and ozone //Atmospheric Environment (1967). -1984. -Vol.18, Issue 9. -P. 1955-1961.
- 4 Huo M., Sun Q., Bai Y. et al. Chemical character of precipitation and related particles and trace gases in the North and South of China // J.Atmos.Chem. - 2010. -Vol. 67, -P. 29–43. <https://doi.org/10.1007/s10874-011-9201-6>
- 5 Jain S.L., Arya B.C., Kumar A., Ghude S.D., Kulkarni P.S. Observational study of surface ozone at New Delhi, India //Int. J. Remote Sens. -2005. -Vol.26, -P. 3515-3524. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160500076616>
- 6 Plaude N.O., Stulov E.A. , Parshutkina I.P., Pavlyukov Y.B., Monakhova N. A. Precipitation effects on aerosol concentration in the atmospheric surface layer //Russ. Meteorol.Hydrol. -2012. -Vol 37, -P. 324-331.
- 7 Kan S.F., Tanner P.A. Inter-relationships and seasonal variations of inorganic components of PM10 in a Western Pacific coastal city //Water.Air.Soil.Pollut. -2005. - Vol.165. -P. 113-130.
- 8 Prancsha T. S., Kamra A. K. Scavenging of aerosol particles by large water drops: 3. Washout coefficients, half-lives, and rainfall depths //Journal of Geophysical Research: Atmospheres. -1997. -Vol. 102. P. 23947–23953.
- 9 Bae S. Y., Jung C. H., Kim Y. P. Relative contributions of individual phoretic effect in the below-cloud scavenging process //Journal of Aerosol Science. -2009. - Vol.40. P.621-632.
- 10 Mircea M., Stefan S., Fuzzi S. Precipitation scavenging coefficient: influence of measured aerosol and raindrop size distributions //Atmospheric Environment. -2000. -Vol. 34. P. 5169–5174.
- 11 Zhang L., Michelangeli D. V., Taylor P. A. Numerical studies of aerosol scavenging by low-level, warm stratiform clouds and precipitation //Atmospheric Environment. -2004. -Vol.38. P. 4653–4665.
- 12 Li K. F., Zhang H. D., Xie Y. H. Analysis on precipitation scavenging on PM10 and PM2.5 in central and south of Beijing-Tianjin-Hebei region //Journal of Arid Land Resources and Environment, China. -2019. -Vol.33, №3. P.69-74.
- 13 Gou X. H., Yan X. Y., Liu Y. L. et al., Variation characteristics of atmospheric particulate matter concentration in yinchuan area and its relationship with

meteorological conditions //Journal of Meteorology and Environment, China. -2016. -Vol.32, №6. P. 58–68.

14 Hu M., Liu S., Wu Z. J. et al., Effects of high temperature, high relative humidity and rain process on particle size distributions //Environmental Science, China. -2006. -Vol. 27, №11. P. 2293–2298.

15 Kang H. Q., Zhu B., Fan S. X. Size distributions and wet scavenging properties of winter aerosol particles in north suburb of Nanjing //Climatic and Environmental Research. -2009. -Vol. 14, №5. P. 523–530.

16 Deng L. Q., Qian J., Liao R. X. et al., Pollution characteristics of atmospheric particulates in chengdu from August to September in 2009 and their relationship with meteorological conditions //China Environmental Science. -2012. -Vol. 32, №8. P. 1433–1438.

17 Xu J. M., Gao W., Qu Y. H. Observation of the wet scavenge effect of rainfall on PM<sub>2.5</sub> in Shanghai //Acta.Scientiae.Circumstantiae. -2017. -Vol. 37, №9. P. 3271–3279.

18 Du Q. B., Wu X. Y., Zheng S. F. et al., Effects of meteorological conditions on PM<sub>2.5</sub> pollution in Shantou and the PM<sub>2.5</sub> prediction //Journal of Meteorology and Environment. -2019. Vol. 35, №5. P. 70–77.

19 Grazia M. M., Stefano V., Gianluigi V. et al., Characteristics of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> particulate matter in the ambient air of Milan //Atmospheric Environment. -2001. -Vol. 35, №27. P. 4639–4650.

20 Duan F., He K., Ma Y. et al., Concentration and chemical characteristics of PM<sub>2.5</sub> in Beijing, China: 2001-2002 //Science of The Total Environment. -2006. -Vol. 355, №.1–3. P. 264–275.

21 Li L., Wang W., Feng J. et al., Composition, source, mass closure of PM<sub>2.5</sub> aerosols for four forests in eastern China //Journal of Environmental Sciences. -2010. -Vol. 22, №.3. P.405–412.

22 Zhao X. J., Zhao P. S., Xu J. et al., Analysis of a winter regional haze event and its formation mechanism in the North China Plain //Atmospheric Chemistry and Physics Discussions. -2013. -Vol. 13, №1. P. 903–933.

23 Bowe B., Xie Y., Yan Y. et al., Burden of cause-specific mortality associated with PM<sub>2.5</sub> air pollution in the United States //JAMA Network Open. -2019. -Vol. 2, №. 11.

24 Yin P., Guo J., Wang L. et al., Higher risk of cardiovascular disease associated with smaller size-fractioned particulate matter //Environmental Science & Technology Letters. -2020. -Vol. 7, №2. P. 95–101.

25 Lohmann U., Feichter J. Can the direct and semi-direct aerosol effect compete with the indirect effect on a global scale? //Geophysical Research Letters. -2001. -Vol. 28, №1. P. 159–161.

26 Twomey S. The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds //Journal of the Atmospheric Sciences. -1977. -Vol. 34, №.7. P. 1149–1154.

27 Chen T., Guo J., Li Z. et al., A CloudSat perspective on the cloud climatology and its association with aerosol perturbations in the vertical over eastern China //Journal of the Atmospheric Sciences. -2016. -Vol. 73, №9. P. 3599–3616.

- 28 Guo J., Deng M., Lee S. S. et al., Delaying precipitation and lightning by air pollution over the Pearl River Delta. Part I: observational analyses //Journal of Geophysical Research: Atmospheres. -2016. -Vol. 121, №11. P. 6472–6488.
- 29 Guo J., Su T., Chen D. et al., Declining summertime local-scale precipitation frequency over China and the United States, 1981–2012: the disparate roles of aerosols //Geophysical Research Letters. -2019. -Vol. 46, №22. P. 13281-13289.
- 30 Zhang Y., Jia X. W., Yang X. et al., Air pollution in typical Chinese cities and its relationship with meteorological parameters //Journal of Meteorology and Environment, China. -2017. -Vol.33, №2. P. 70–79.
- 31 Chen L., Ma J. H., Zhen X. R. et al., The change characteristics of air pollution in Shanghai and its meteorological factors //Journal of Meteorology and Environment, China. -2017. -Vol. 33, №6. P. 59–67.
- 32 Zhao Y., Chen Y. Z., Yang X., Chai F. H., Zhang, W. Q. Long-term trend and characteristics of PM<sub>2.5</sub> in the central urban area of Beijing //Ecology and Environmental Sciences, China. -2016. -Vol. 25, №9. P. 1493–1498.
- 33 Li H. X., Shi X. M. Spatial and temporal distribution characteristics and meteorological causes of PM<sub>2.5</sub> in xi'an city //Ecology and Environmental Sciences, China. -2016. -Vol. 25, №2. P. 266–271.
- 34 Kroeze C., Gabbert S., Hofstra N., Koelmans A.A., Li A., Löhr A., Ludwig F., Strokal M., Verburg C., Vermeulen L., et al. Global modelling of surface water quality: A multi-pollutant approach. //Curr. Opin. Environ. Sustain. -2016. -Vol.23. P. 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.014>
- 35 Global Water Status. [(accessed on 10 July 2018)]; Available online: <http://www.hnsslxh.cn/hnwr/f/view-eb90bc2539f141d681499e2299adb9f3-bca15aa45538471187ccb7533d1b8617.html>.
- 36 Charalampous N., Kindou A., Vlastos D., Tsarpali V., Antonopoulou M., Konstantinou I., Dailianis S. A multidisciplinary assessment of river surface water quality in areas heavily influenced by human activities //Arch. Environ. Contam. Toxicol. -2015. -Vol. 69, P. 208–222.
- 37 Michalak A.M. Study role of climate change in extreme threats to water quality //Nature. -2016.-Vol. 535, P. 349–350.
- 38 Shanley K. Climate change and water quality: Keeping a finger on the pulse //Am. J. Public Health. -2017. -Vol. 107.
- 39 Song X.M., Zhang J.Y., Zhan C.S., Liu C.Z. Review of impacts of climate change and human activities on water cycle //J. Hydraul. Eng. -2013. -Vol 7. P. 779–790.
- 40 Hao X.P., Xia J., Wang R. Influence of climate change on surface water environment //Hydrology. -2010. -Vol 30. P. 67–72.
- 41 Huang C.P., Chiang P.C. On climate change and sustainable water environment: Impact and strategic adaptation //J. Nanchang Univ. -2009. -Vol. 31. P. 1–15.



- 42 Hammond D., Pryce A.R. Climate Change Impacts and Water Temperature. - Bristol, UK: Environment Agency, 2007. - 101 p.
- 43 Delpla I., Jung A.V., Baures E., Clement M., Thomas O. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production //Environ.Int. -2009. -Vol 35. P. 1225–1233.
- 44 Whitehead P.G., Wilby R.L., Battarbee R.W., Kernan M., Wade A.J. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality //Hydrol. Sci. J. -2009. -Vol. 54. -P.101–123.
- 45 Mujere N., Moyce W. Climate change impacts on surface water quality. Environmental sustainability and climate change adaptation strategies. – Hershey, 2017. P. 322–340.
- 46 Fukushima T., Kaminishi H., Matsushig K., Harasawa H. Influence of meteorological conditions on the water quality of a shallow Eutrophic Lake //J.Jpn. Soc.Water.Envirn. -1998. -Vol. 21. -P. 180–187
- 47 Xia X.H., Wu Q., Mou X.L. Advances in impacts of climate change on surface water quality //Adv. Water. Sci. -2012. -Vol. 23. -P. 124–133.
- 48 Curriero F., Patz J., Rose J., Lele S. Analysis of the association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994 //Epidemiology. -2001. -Vol. 12. -P. 1194-1199.
- 49 Puczko K., Jekatierynczuk-Rudczyk E. Extreme Hydro-Meteorological Events Influence to Water Quality of Small Rivers in Urban Area: A Case Study in Northeast Poland //Sci.Rep. -2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67190-4>
- 50 Bryndal T. Local flash floods in Central Europe: A case study of Poland //Norw. J. Geogr. -2015. -Vol. 69. -P. 288–298.
- 51 Dahm C. N., Baker M. A., Moore D. I., Thibault J. R. Coupled biogeochemical and hydrological responses of streams and rivers to drought //Freshw. Biol. -2003. -Vol. 48. -P. 1219–1231.
- 52 Pietruszyński Ł., Cieśliński R. The impact of hydrometeorological events on the state of the urban river quality //Ecol. Chem. Eng. -2019. -Vol. 26. --P. 521–533.
- 53 Georgakakos, A., P. Fleming, M. Dettinger, C. Peters-Lidard, Terese (T.C.) Richmond, K. Reckhow, K. White, and D. Yates, 2014: Ch. 3: Water Resources. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment, J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, -P. 69-112. doi:10.7930/J0G44N6T.
- 54 CCSP, 2008: The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources, and biodiversity in the United States. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. P. Backlund, A. Janetos, D. Schimel, J. Hatfield, K. Boote, P. Fay, L. Hahn, C. Izaurralde, B.A. Kimball, T. Mader, J. Morgan, D. Ort, W. Polley, A. Thomson, D. Wolfe, M.G. Ryan, S.R. Archer, R. Birdsey, C. Dahm, L. Heath, J. Hicke, D. Hollinger, T. Huxman, G. Okin, R. Oren, J. Randerson, W. Schlesinger, D. Lettenmaier, D. Major, L. Poff, S. Running, L. Hansen, D. Inouye, B.P. Kelly, L. Meyerson, B. Peterson, R. Shaw. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC., USA, -P. 362.

- 55 Öztürk M., Özözen M., Minareci G., Minareci O.E. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar dam lake in Turkey //Iran. J. Environ. Health. Sci. -2009. -Vol. 6. -P. 73–80.
- 56 Koulousaris M., Aloupi M., Angelidis M.O. Total metal concentration in atmospheric precipitation from the Northern Aegean Sea //Water.Air.Soil.Pollut. -2009. -Vol. 201. -P. 389–403.
- 57 Howarth R. W., Marino R. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades //Limnol. Oceanogr. -2006. -Vol. 51. -P. 364-376.
- 58 Rabalais N.N., Díaz R.J., Levin L. A., Turner R.E., Gilbert D., Zhang J. Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia //Biogeosciences. -2010. -Vol. 7. -P. 585–619.
- 59 Paerl H. W., Huisman J. Climate change: A catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms //Environ. Microbiol. Rep. -2009. -Vol. 1. -P. 27-37.
- 60 Шварцев С.Л. Основы гидрогеологии. Гидрогеологическая деятельность и история воды в земных недрах. -Новосибирск: Наука, 1982. -236 с
- 61 Торопов Г. В., Бешенцев В. А. Особенности формирования химического состава природных вод на территории Уренгойского нефтегазодобывающего региона (на примере Уренгойского НГКМ) //Вестник Тюменского государственного университета. -2013. №4
- 62 Коренева В. И. Натрий и калий в речных водах: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук. -Новочеркасск, 1977. – 24 с.
- 63 Пиннекер Е. В. Проблемы региональной гидрогеологии. -М.: Наука, 1977. -196 с.
- 64 Никаноров А. М., Федоров Ю. А. Стабильные изотопы и перспективы их применения для изучения и контроля природных вод. //Обзорная информация. -Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД. -1985. -вып. 2. -46 с.
- 65 Никаноров А. М., Федоров Ю. А. Стабильные изотопы при выявлении путей и источников поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды. – Водные ресурсы, 1987, № 4. – 164 с.
- 66 Львович М. И. Вода и жизнь. Водные ресурсы, их преобразование и охрана. – Москва Мысль, 1986. – 254 с.
- 67 Никаноров А. М., Посохов Е. В. Гидрохимия. –Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 232 с.
- 68 Никаноров А.М. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 351 с.
- 69 Цыцарин Г.В. Введение в гидрохимию. – М.: МГУ, 1988. – 104 с.
- 70 Никаноров А.М., Жулидов А.В., Емец В.М. Тяжелые металлы в организмах ветлендов России. -С-Пб.: Гидрометиздат, 1993. – 295 с.
- 71 Разработка Атласа озер Казахстана: отчет о НИР (заключительный)/ТОО «Институт географии»: рук. А. Медеу. – Алматы, 2018. –273 с.

- 72 Жумангалиева З. М. Озерный фонд Казахстана: дис. канд. геогр. наук:25.00.27. /Российский гос. гидрометео. ун-т. – СПб, 2014. –159 с.
- 73 Шевцов М. Н. Водно-экологические проблемы и использование водных ресурсов. –Хабаровск: Издательство Тихоокеан. государственного университета, 2015. -197 с.
- 74 Алекин О.А. Основы гидрохимии. –Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 442 с.
- 75 Nikanorov A.M., Brazhnikova L.V. Water Chemical Composition Of Rivers, Lakes And Wetlands //Encyclopedia of Life Support Systems. -2009. -Vol 2. - P. 42–80. <http://www.eolss.net/sample-chapters/c07/e2-03-04-02.pdf>
- 76 Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда. – М.: Химия,1991.–142 с.
- 77 ГОСТ 17.15.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. - Введ. 1986-01-07. -М.: Госстандарт СССР, 1985. -316 с.
- 78 Дроздова В.М. Характеристика минерализации и химического состава атмосферных осадков, собранных в разных пунктах СССР. // Труды ГГО, 1962. – Вып.134. – С.38-47.
- 79 Meszasos E., Whelpdale D. M. Manual for BAPMoN Station operators//WMO/TDN 66, October 1985.
- 80 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Ч. 1.Вып. 3. Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 299 с.
- 81 Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1971. - 453 с.
- 82 РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом. -Введ. 1986-01-07. -М.: Госстандарт СССР, 1985. -316 с.
- 83 РД 52.24.486-2009. Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах. МВИ фотометрическим методом с реактивом Несслера. -Введ. 2009-01-09. -Росгидромет ГУ ГХИ, 2009. -26 с.
- 84 РД 52.24.381-2006. Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса
- 85 СТ РК ИСО 7890-3-2006 «Качество воды. Определенне нитрата. Часть 3. Спектрометрический метод с использованием сульфосалицилвоп кислоты»
- 86 ГОСТ 26449.1-85 Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод.
- 87 РД 52.24.516-2006 Массовая концентрация меди и цинка в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом из одной пробы
- 88 СТ РК ИСО 17294-2-2006 (ISO 17294-2:2003, Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) Часть 2: Определение 62 элементов
- 89 [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=9868](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9868)

- 90 Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2010 год. –Астана, 2011. - 23 с.
- 91 МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, -163 с.
- 92 WMO. Water resources and climatic change: sensitivity of water resources systems to climate change and variability. - Geneva: WMO, 1987 –P. 45
- 93 <https://www.ipcc.ch/>
- 94 МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р. К. Пачаури и Л. А. Мейер (ред.)]. Женева, Швейцария, –с. 163.
- 95 IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- 96 USGCRP (2014). Georgakakos, A., P. Fleming, M. Dettinger, C. Peters-Lidard, Terese (TC) Richmond, K. Reckhow, K. White, и D. Yates. Глава 3: Водные ресурсы. Воздействие изменения климата в Соединенных Штатах: Третья национальная оценка климата , Дж. М. Мелильо, Тереза (ТС) Ричмонд, и Г. У. Йохе, ред., Американская программа исследований глобальных изменений, –С. 69-112.
- 97 CCSP (2008). The Effects of Climate Change on Agriculture, Land Resources, Water Resources, and Biodiversity in the United States. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- 98 [https://cfpub.epa.gov/watertrain/moduleFrame.cfm?parent\\_object\\_id=2407](https://cfpub.epa.gov/watertrain/moduleFrame.cfm?parent_object_id=2407)
- 99 Delpla I., Jung A.V., Baures E., Clement M., Thomas O. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production //Environ.Int. -2009. -Vol 35. P. 1225–1233.
- 100 Marchuk G.I. Numerical methods in weather forecasting. - Gidrometeoizdat, USSR, 1967. -P. 301–353.
- 101 Jung T., Miller M.J., Palmer T.N. et al. High-resolution global climate simulations with the ECMWF model in Project Athena: Experimental design, model climate, and seasonal forecast skill //J. Climate. -2012. -Vol. 25. -P. 3155–3172.
- 102 Kendon E.J., Roberts N.M., Roberts M.J. Realism of rainfall in a very high-resolution regional climate mode //J. Climate. -2012. -Vol. 25. -P. 5791–5806.

- 103 WMO Lead Centre for Deterministic Forecast Verification. Available online: <http://apps.ecmwf.int/wmolcdnv/>
- 104 Gerard L., Piriou J.M., Brožkova R., Geleyn J.F., Banciu D. Cloud and Precipitation Parameterization in a Me-so-Gamma-Scale Operational Weather Prediction Model //Mon. Wea. Rev. -2009. -Vol.137. -P. 3960-3977.
- 105 Khvorostyanov V., Sassen K. Cirrus cloud simulation using explicit microphysics and radiation. Part II: Microphysics, vapor and ice mass budgets, and optical and radiative properties //J. Atmos. Sci. -1998. -Vol. 55. -P. 1822–1845
- 106 Lopez Ph. Implementation and validation of a new prognostic largescale cloud and precipitation scheme for climate and data assimilation purposes //Quart. J. Roy. Meteor. Soc. -2002. -Vol.128. -P. 229–258.
- 107 Seamless prediction of the earth system: from minutes to months. Available online: [http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice\\_display&id=17276](http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=17276).
- 108 Swart, N. C., Cole, J. N. S., Kharin, V. V., Lazare, M., Scinocca, J. F., Gillett, N. P., Anstey, J., Arora, V., Christian, J. R., Hanna, S., Jiao, Y., Lee, W. G., Majaess, F., Saenko, O. A., Seiler, C., Seinen, C., Shao, A., Sigmond, M., Solheim, L., von Salzen, K., Yang, D., and Winter, B.: The Canadian Earth System Model version 5 (CanESM5.0.3) //Geosci. Model Dev. -Vol. 12. -P. 4823–4873. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-4823-2019>, 2019.
- 109 Воробьев В. И. Струйные течения в высоких и умеренных широтах. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 234 с.
- 110 Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. –184 с.
- 111 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. -Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.
- 112 Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан 2017-2021 гг.
- 113 Власова Т.В. Физическая география частей света. – М: Учпедиздат, 1961. – 588 с.
- 114 Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балкаш. -Л.: Гидрометеиздат, 1970. Т.13, вып.2 – 643 с.
- 115 Природные ресурсы Или-Балкашского региона //Сб. научных трудов / под ред. А.П. Горбунова - Алматы: Наука КазССР, 1990. -227 с.
- 116 Гидрологическая изученность. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - Т. 13, Вып.2. –210 с.
- 117 Lake Balkhash (англ.). — Информация о водоёме на сайте базы данных по озерам мира Международного комитета по проблемам озер (International Lake Environment Committee World Lake Database, ILEC WLDB): [wldb.ilec.or.jp](http://wldb.ilec.or.jp) (англ.)

- 118 Казахская ССР: краткая энциклопедия / Гл. ред. Р. Н. Нурғалиев.-Алма-Ата: 1991. - Т. 2: Природа. Естественные ресурсы. Население. Экономика. Народное благосостояние. -С. 101—102.
- 119 Горюнова А.И. Степные озера Северного Казахстана. Адаптации гидробионтов в условиях периодически высыхающих водоемов / А. И. Горюнова, Е. К. Данько // LAPLAMBERT AcademicPublishing. – 2015. – 291с.
- 120 Амиргалиев, Н. А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер / Н. А. Амиргалиев, С. Р. Тимирханов, Ш. А. Альпейсов. – Алматы: Бастау, 2007. – 368 с.
- 121 Амиргалиев, Н. А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер / Н. А. Амиргалиев, С. Р. Тимирханов, Ш. А. Альпейсов. – Алматы: Бастау, 2007. – 368 с.
- 122 Большая советская энциклопедия: [В 30 т.]/ Гл. ред. А. М. Прохоров. Издание 3-е. - М.: Сов. энцикл., 1969-1978.
- 123 Озеро Сасыкколь // Физическая география Восточного Казахстана: Учеб. пособие. - Усть-Каменогорск, 2002. – 80 с.
- 124 Жуманғалиева З. М. Озерный фонд Казахстана. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. - Санкт-Петербург, 2014. – 98 с.
- 125 Дружинин Г. В. Основные закономерности строения берегов озер Северного Казахстана. - Ленинград: Наука, 1980. – 136 с.
- 126 Обзор Тургайской области за 1912 год. – 220 с.
- 127 Словарь названий гидрографических объектов России и других стран - членов СНГ / под ред. Г. И. Донидзе. - М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 1999. –438 с.
- 128 Березовиков Н.Н. Гнездовая фауна птиц Маркакольского заповедника // Русский орнитологический журнал. -2005.-Т. 14, № 285.
- 129 Отчет о научно-исследовательской работе по научно-техническому проекту Разработка атласа озер Казахстана. -Алматы, 2018. – 276 с.
- 130 Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Акмолинская область Казахской ССР / под общей редакцией В. А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – Вып. 1. – 790 с.
- 131 Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Кустанайская область Казахской ССР / под общей редакцией В. А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Вып. 2. – 711 с.
- 132 Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Кокшетавская область Казахской ССР / под общей редакцией В. А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Вып. 3. – 563 с.
- 133 Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Павлодарская область Казахской ССР / под общей редакцией В. А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Вып. 4. – 577 с.
- 134 Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Северо-Казахстанская область Казахской ССР / под общей редакцией В. А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – Вып. 5. – 419 с

- 135 Тарасов М. Н. Гидрохимия озера Балкаш / М. Н. Тарасов. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. – 227 с.
- 136 Курдин Р. Д. Гидрохимический режим Алакольских озер / Р. Д. Курдин, Л. С. Шильниковская // Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата, 1965. – 209-222 с.
- 137 Снегирева Н. Е. Химия поверхностных вод Сасык-Алакольского бассейна / Н. Е. Снегирева // автореф. дис. канд. хим. наук. – Алма-Ата, 1970. – 23 с.
- 138 Н. А. Амиргалиев, А. Г. Диканская, В. Я. Диканский // Тезисы докладов конференции «Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана». – Фрунзе: Изд-во «Илим», 1968. – С.12-13.
- 139 Н. А. Амиргалиев // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – 1972. – Вып. 7. – С. 127-131.
- 140 Амиргалиев Н. А. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод Карагандинской области / Н. А. Амиргалиев, Т. Я. Лопарева // Вестник АН КазССР. – Алма-Ата, 1968. – №12. – С. 56-61.
- 141 Мун А. И. Распределение микроэлементов в водоемах Казахстана / А. И. Мун, А. Б. Бектуров / – Алма-Ата, 1971. – 261 с.
- 142 Филонец, П. П. Озера Северного, Западного и Восточного Казахстана (Справочник) / П. П. Филонец, Т. Р. Омаров. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 137 с
- 143 Елибаев, Н. Гидрохимия водоемов низовья реки Сырдарья: автореф. дис.канд. географ. наук / Н. Елибаев. – Ростов-на-Дону, 1980. – 19 с.
- 144 Амиргалиев, Н. А. Химическая характеристика воды Камышлыбашских озер / Н. А. Амиргалиев, Б. А. Беремжанов, Н. Елибаев // Химия и химическая технология. – Алма-Ата, 1977. – Вып. 21. – С. 267-270.
- 145 Амиргалиев, Н. А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидрохимия и проблемы водной токсикологии / Н. А. Амиргалиев. – Алматы: «Бастау», 2007. – 224 с.
- 146 Локтионова Е.Г., Яковлева Л.В. Экология и промышленность России. – Астрахань, 2011.– С. 34-35.
- 147 Winkler, L.W. Die Bestimmung des in Wasser Gelösten Sauerstoffes // Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellschaft. -1888. -Vol. 21, Issue 2. -P. 2843–2855.
- 148 Adeney, W.E., Becker, H.G. The determination of the rate of solution of atmospheric nitrogen and oxygen by water // Phil. Mag. -1919. -Vol. 38, № 228. -P. 317–337.
- 149 Кузнецов С.И., Карзинкин Г.С. Новые методы в лимнологии // Тр. Лимнологической станции в Косине, 1932. Вып. 13–14. -С. 47–67
- 150 Streeter, H.W., Phelps, E.B. A Study of the pollution and natural purification of the Ohio River. III. Factors concerned in the phenomena of oxidation and reaeration // Public Health Bulletin. -1925. № 146. -P. 1-75.
- 151 Локтионова Е.Г., Яковлева Л.В. Экология и промышленность России. – Астрахань, 2011.– С. 34-35.

- 152 Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под редакцией А.Д. Семенова. - Л.: Гидрометеиздат, 1977.– 535 с.
- 153 Doudoroff P., Shumway D.L. Dissolved oxygen requirements of freshwater fishes // FAO Fish.tech.Pap. -1970. - 303 p.
- 154 Downing K. M., Merkens J. C. The influence of temperature on the survival of several species of fish in low tensions of dissolved oxygen //Annals of applied biology. -1957. -P. 261-267. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1957.tb00465.x>
- 155 Johnny Lee. Development of a model to determine mass transfer coefficient and oxygen solubility in bioreactors // Heliyon. -2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00248>
- 156 Michael K. Miyittah, Samuel Kofi Tulashie, Francis W. Tsyawo, Justice K. Sarfo, Archibald A. Darko. Assessment of surface water quality status of the Aby Lagoon System in the Western Region of Ghana // Heliyon. -2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04466>
- 157 Уразгалиева Р.К. Режим растворенного кислорода в нижнем устье реки Жайык // Вестник Атырауского университета имени Халела Досмухамедова. -2020. -Vol. 57. -С. 119-125.
- 158 Российский фонд фундаментальных исследований [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/> (дата обращения 17.11.2020 г.).
- 159 Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 296 с.
- 160 Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
- 161 <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V1500010774>
- 162 Романова С.М. Бессточные водоемы Казахстана, Том 1. Гидрохимический режим Республика Казахстан. -Алматы, 2008. – 440 с.
- 163 Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.
- 164 Muñoz-Sabater J., Dutra E., Agustí-Panareda A., Albergel C., Arduini G., Balsamo G., Boussetta S., Choulga M., Harrigan S., Hersbach H., Martens B., Miralles D. G., Piles M., Rodríguez-Fernández N. J., Zsoter E., Buontempo C., Thépaut J. N. ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications // Earth Syst. Sci. Data. -2021. -Vol. 13. -P. 4349–4383. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>, 2021.
- 165 Miralles, D. G., Holmes, T. R. H., De Jeu, R. A. M., Gash, J. H., Meesters, A. G. C. A., and Dolman, A. J. Global land-surface evaporation estimated from satellite-based observations // Hydrol. Earth Syst. Sci. -2011. -Vol. 15. -P. 453–469, <https://doi.org/10.5194/hess-15-453-2011>
- 166 Miralles, D.G., de Jeu, R.A.M., Gash, J.H., Holmes, T.R.H., Dolman, A.J. Magnitude and variability of land evaporation and its components at the global scale // Hydrol. Earth Syst. Sci. -2011. -Vol. 15. -P. 967–981.



- 167 Miralles, D.G., Gash, J.H., Holmes, T.R.H., de Jeu, R.A.M., Dolman, A.J. Global canopy interception from satellite observations //Journal of Geophysical Research. -2010. -Vol. 115.
- 168 <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5-Land%3A+data+documentation>
- 169 Martens, B., Miralles, D. G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R. A. M., Fernández-Prieto, D., Beck, H. E., Dorigo, W. A., and Verhoest, N. E. C. GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture //Geosci. Model Dev. -2017. -Vol. 10. -P. 1903–1925, <https://doi.org/10.5194/gmd-10-1903-2017>.
- 170 Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., Fernández-Prieto, D., Verhoest, N.E.C. Improving terrestrial evaporation estimates over continental Australia through assimilation of SMOS soil moisture //International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation. -2016. -Vol. 48. -P. 146–162.
- 171 <https://awesomeworld.ru/nezhivaya-priroda/krugovorot-vody-v-prirode.html>
- 172 Коренева В. И. Натрий и калий в речных водах. – СССР: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук. -Новочеркасск, 1977. - 24 с.
- 173 Пиннекер Е. В. Проблемы региональной гидрогеологии. –М.: Наука, 1977. –196 с.
- 174 Никаноров А. М., Федоров Ю. А. Стабильные изотопы и перспективы их применения для изучения и контроля природных вод. //Обзорная информация ВНИИГМИ-МЦД.- 1985.- Вып. 2. - 46 с.
- 175 Никаноров А. М., Федоров Ю. А. Стабильные изотопы при выявлении путей и источников поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды. – Водные ресурсы, 1987, № 4, -164 с.
- 176 Azamat Madibekov, Laura Ismukhanova, Christian Opp, Zarina Saidaliyeva, Askhat Zhadi, Botakoz Sultanbekova and Meruert Kurmanova Spatial Distribution of Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Ni in the Soils of Ili River Delta and State Natural Reserve “Ili-Balkhash” // Appl. Sci. 2023, 13, 5996. <https://doi.org/10.3390/app13105996>, Свидетельство о принятии рукописи: applsci-2380110
- 177 Azamat Madibekov, Meruert Kurmanova Observed and projected precipitation changes in the zones of monitoring lakes of Kazakhstan //Arab J Geosci 15, 1412 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10669-3>
- 178 Мадибеков А.С., Құрманова М. С. Атмосфералық жауын-шашын минерализациясының Қазақстан территориясы бойынша бақыланған өзгерісі. Вестн. КарГУ им. Е.А. Букетова. Сер. Биология. География. Медицина № 1(105)/2022, -С.172-177
- 179 Мадибеков А.С., Құрманова М. С. Қазақстанның ірі көлдері аумағындағы атмосфералық жауын-шашын режимі туралы. //”Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ЭЛЕМИ». -Алматы, Казахстан, 6-8 апреля 2021 года, -С. 50
- 180 Мадибеков А.С., Құрманова М. С. Анализ динамики общей минерализации в озерных водах Казахстана //Конференция

“Гидрометеорология, изменение климата и мониторинг окружающей среды: актуальные проблемы и пути их решения”. -Узбекистан, -С. 88-92

181 Мадибеков А.С., Құрманова М. С. Изменение количества атмосферных осадков в Балкаш-Алакольском бассейне // Вопросы географии и геоэкологии» Института географии, №1 2020 г., -С.36-42

182 Мадибеков А.С., Құрманова М. С. Наблюдаемые изменения температуры воздуха на территории Нура-Сарысуского бассейна //Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 1150-летию Абу Насра аль-Фараби “АЛЬ-ФАРАБИ В СОВРЕМЕННОМ КАЗАХСТАНСКОМ КОНТЕКСТЕ”, 24.04.2020, -С.203-207

183 Madibekov A.S., Nyssanbayeva A.S., Kurmanova M.S. Role of the chemical composition of an atmospheric precipitation in pollution of a surface water //Журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук», -Алматы, 2018, -С. 120-127

184 Курманова М. С. Об оценке влияния некоторых центров действия атмосферы на температурный режим Павлодарской, Восточно-Казахстанской и Алматинской областей в холодный период года //Гидрометеорология и экология №1 2020 г., -С. 124-134

185 Мадибеков А.С., Құрманова М. С. Іле - Балқаш бассейніндегі атмосфералық жауын-шашынның химизмінің салыстырмалы сипаттамасы //«Вестник КазНУ. Серия географическая» Казахский национальный университет им. аль-Фараби, -Алматы, 2018, -С. 36-41

## ҚОСЫМША А

Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізілімге мәліметтерді енгізу туралы куәлік

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ  
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ  
**КУӘЛІК**  
2023 жылғы «24» мамыр № 36116

Автордың (лардың) жөні, аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):  
МАДИБЕКОВ АЗАМАТ САНСЫЗБАЕВИЧ, Құрманова Меруерт Серікқызы

Авторлық құқық объектісі: география, топография мен басқа ғылымдарға қатысты карталар

Объектінің атауы: Қазақстан территориясына арналған метеорологиялық карталар

Объектіні жасаған күні: 23.05.2023





Құжат тиімділігін <http://www.kazpatent.kz/rz> сайтының  
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады. <https://copyright.kazpatent.kz>  
Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](https://copyright.kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды Е. Оспанов

## ҚОСЫМША Б

### Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
**О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ**  
№ 36116 от «24» мая 2023 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ов):  
**МАДИБЕКОВ АЗАМАТ САНСЫЗБАЕВИЧ, Құрманова Меруерт Серікқызы**

Вид объекта авторского права: **Карты, относящиеся к географии, топографии и к другим наукам**

Название объекта: **Қазақстан территориясына арналған метеорологиялық карталар**

Дата создания объекта: **23.05.2023**





Құжат түпнұсқалығын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының  
"Авторлық құдық" бөлімінде тексеруге болады. <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП Е. Оспанов