

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-64-82.13>

GTAMP 37.27.19

ӨЖ 556

М. М. Молдахметов¹, Л. К. Махмудова², А. К. Мусина³, Ә. С. Абдуллаева*⁴

¹Доцент, г. ғ. к., агробиологиялық ғылыми-зерттеу орталығының директоры (Ш. Мұртаза атындағы Халықаралық тараз инновациялық институты, Тараз, Қазақстан; mmoldahmetov64@mail.ru)

²Қауымдастырылған профессор, г. ғ. к., су ресурстары зертханасының жетекші ғылыми қызметкері (География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан; mlk2002@mail.ru)

³Г. ғ. к., аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; ainur.musina@kaznu.edu.kz)

⁴Жаратылыстану ғылымдарының магистрі, оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; assel.abdullayeva@kaznu.edu.kz)

ЖАЗЫҚТЫҚ ҚАЗАҚСТАН ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНДЫСЫНЫҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ТЕРБЕЛІСІНДЕГІ ТҰРАҚСЫЗДЫҚТЫ ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Мақалада Тобыл өзені алабы бойынша метеорологиялық және гидрологиялық мәліметтер талданды. Зерттеу нәтижесінде Тобыл алабы бойынша температура мәндерінің өзгерісінде айқын тренд байқалды. Ал жауын-шашын мәндерінің тек салқын кезеңдегі тербелісі статистикалық тұрғыдан мәнді өзгеріске ие екендігі анықталды. Тобыл өзені алабының жазғы күзгі және қысқы ең аз ағындысын бағалау өткен ғасырдың 80 жж. бастап ағынды режимінде бағыттық өзгерістер байқалғандығын көрсетті. Сондай-ақ, Тобыл өзені алабындағы маусымдық ағындының түрлі атмосфералық айналым формаларының синоптикалық жағдайларымен байланысы анықталды. Атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен байланысы айналымның Е формасы дәуіріне ең аз ағындысының орташа мәні қалыпты шамадан төмен суы аз жылдар кезеңі сәйкес келетіндігін, С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамадан жоғары мәндері сәйкес келетіндігін, ал айналымның Е формасы басым болған Е+С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамаға жуық сулылығы орташа жылдары сәйкес келетіндігін және дәл осындай сипат Е+W дәуірінде де байқалатындығын көрсетті.

Түйін сөздер: гидрологиялық процестер, ағындының тұрақсыздығы, ағындының циклдық тербелісі, гидроклиматтық сипаттамалар, атмосфералық айналым.

Кіріспе. Бүгінгі таңда жазықтық Қазақстан өзендерінің ағынды режимі табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен туындайтын тұрақсыздықтың пайда болуымен сипатталады. Бұл құбылыстың пайда болуы жазықтық өзендерін шаруашылықта пайдалану деңгейінің төмендеуіне және экономиканың түрлі салаларын, су шаруашылығының түрлі нысандарын сумен қамтамасыз ету кезінде қосымша қауіптерге әкелуі мүмкін.

Климат пен өзен ағындысының көп жылдық динамикасындағы тұрақсыздық гидрологиялық сипаттамалардың өзгеруіне, бұл өз кезегінде жобаланатын бөгендер мен тоғандардың параметрлерінің өзгеруіне алып келеді. Осы тұрғыдан алғанда су ресурстарын басқару міндеттерін шешуде өзен ағындысы тұрақсыздығын есепке алу гидрологиялық есептеулер мен өзен ағындысын реттеу теориясының бірқатар маңызды тармақтарына әсер етеді. Бұл өзен ағындысы параметрлерін есептеу әдістерін жаңа ғылыми деңгейде жетілдіруді қажет етеді. Өкінішке қарай, гидрологиялық есептеулер проблемасы бүгінгі таңда өте күрделене түсті. Шынында да, климатта бағыттық өзгеріс байқалса және ол тұрақты түрде өзгертін болса, онда көпжылдық бақылау қатарының алдыңғы бөлігі бүгінгі күннің шындығын көрсете алмайды және оны қолдану осы сипаттаманың ықтимал мәндерінің, оның үлестірім заңдылығының бұрмалануына алып келеді.

«Ағынды сипаттамалары тұрақты ма, әлде тұрақсыз ба?» деген сұрақ өзгермелі әлемде туындайтын тәуекелді басқарудың салдары туралы көптеген пікірталас тудырды. Қарапайым деңгейде тұрақты ағынды процесі дегеніміз – ағынды үлестірімінің статистикалық қасиеттері уақыт өте келе өзгермейтін процесс. Демек, тұрақты уақыттық қатардың орташа мәні, дисперсиясы немесе формасы ешқандай ығысуды көрсетпеген болар еді. Сирек қайталанатын гидроклиматтық жағдайлар үшін бұл жауын-шашын, өзен ағындысы үлестірімі, ауа температурасы, жел сипаттамалары өзгергіштіктің белгілі бір тұрақтылық аймағы шегінде ғана ауытқуы керек дегенді

білдіреді. Ағындының тұрақтылығы жөніндегі тұжырым ұзақ уақыт бойы ықтимал максималды жауын-шашын немесе 100 жылда бір қайталанатын су тасқыны сияқты белгілі бір жиіліктегі оқиғалардың шамасын анықтау арқылы апаттық құбылыстарды статистикалық талдауға және инженерлік құрылыстарды жобалауға негіз болды [1].

Гидроклиматтық параметрлер шамаларының бағыттық, кезеңдік өзгерістері, жиілігінің, ұзақтығының, көлемінің, кеңістік бойынша таралу ауқымының өзгеруі әлемнің түрлі нүктелерінде жаппай анықталды және климат пен ағындының тұрақтылығы жөніндегі тұжырымды «келмеске» жіберді. Тұрақсыздыққа ықпал ететін табиғи және антропогендік факторларды бір-бірінен ажырату өте күрделі мәселе. Климаттық факторларға антропогендік факторлардың үстемеленуі, оларды өлшеу немесе есепке алу кезінде жіберілетін қателіктердің айтарлықтай үлкен болуы мәселені одан әрі ушықтырады. Оның үстіне климаттық және антропогендік факторлар өзара тығыз байланыста болуы мүмкін, таза табиғи фактор деп есептеуге болатын факторлардың өзі климаттың антропогендік өзгерісіне ұшырауы бек мүмкін.

Тұрақсыздықтың кенеттен көрініс беруіне әсер ететін факторлар, мысалы бөгендер салу, су нысандарынан үлкен көлемде су алу, басқа алап өзендерін бұру, немесе каналдар арқылы көршілес алаптардан су жеткізу арқылы сумен қамтуды ұлғайту уақыттық қатарларда айқын білінуі мүмкін. Ал ағындыға біртіндеп әсер ететін бағыттық өзгерістерді, сонымен қатар ауытқуға алып келетін климаттық, өсімдік жамылғысының өзгерістерін, басқа да ілеспе факторлардың ағындыға әсерін айқындау, түсіндіру қиынға соғады.

Өзендер ағындысының циклдық тербелісі – бұл ғаламдық және ғарыштық геофизикалық күштердің Жердің атмосферасына, ионосферасына, гидросферасына және литосферасына мерзімді және циклдік әсерінің жиынтық әсерінен туындаған күрделі детерминирленген процесс. Қазіргі уақытта олардың шығу тегі туралы үш көзқарас бар.

1. Ағындының циклдік тербелісі геофизикалық және гелиофизикалық процестердің тербелістеріндегі циклдылықпен және инерциялықпен түсіндіріледі; кейбір ғалымдар оны атмосфера-гидросфера жүйесінің автотербелістерімен байланыстырады; ағындының көпжылдық тербелісінде циклділік сипаты айқын білінеді.

2. Ағынды тербелісі – бірнеше кездейсоқ процестің жиынтық әсерінен туындайтын кездейсоқ процесс.

3. Ағынды тербелісінде айқын білінетін циклдылықтан басқа, суы аз жылдар мен суы мол жылдарға топтасу тенденциясы бар.

Гидрологиялық процестер көп факторлы және көп циклды процестерге жатады. Сондықтан ағындының көпжылдық тербелісін зерттеу кезінде олардың ұзақтығы мен аумақтық таралуы бойынша табиғи циклдық өзгерістер үлкен қызығушылық тудырады. Циклдық тербеліс фазаларының кеңістік бойынша таралуын зерттеу, яғни суы мол жылдар мен суы аз жылдардың топтасуын зерттеу ерекше маңызды. Тербелмелі процесті бір ғана гармониканың көмегімен сипаттау өрескел жуық үлгіні береді.

Уақыттық қатардағы гармониктердің саны бақылау қатарындағы жылдар санының тура жартысына тең. Теория жүзінде оларды қосу арқылы жуықтап бастапқы қатарды үлгілеуге болады. Бірақ, іс жүзінде мұны орындау өте қиын, сондықтан уақыттық қатарды көбінесе бірнеше негізгі тербелістердің қосындысы ретінде береді. Трендтік құраушыны айқындау өте күрделі міндет.

Табиғи процестердің ырғағын және оның себептерін анықтау гидрометеорология ғылымының ең маңызды міндеттерінің бірі. Өзендер ағындысының ырғағы табиғи процестердің кеңістік және уақыт бойынша көпжылдық тербелісінің негізгі көрсеткіштері болып табылады. Табиғи құбылыстардың даму сипатын ғарыштық ырғақтар айқындайды. Шығу тегі мен ұзындығы әртүрлі ғарыштық ырғақтар Жер шарында жүретін барлық процестерді реттейді. Ғылымда периодтылық пен циклдылық термині жиі қолданылады. Периодтылық деп тең шамалы уақыт аралығын айтамыз, ал циклдылық деп – белгілі бір процестердің уақыт бойынша қатаң емес қайталандылығын айтамыз.

Кез келген уақыттық қатарды кездейсоқ, циклдылық (гармоника) және сызықтық (тренд) құраушыларының жиіні ретінде қарастыруға болады. Кездейсоқ құраушыны іс жүзінде есепке алу мүмкін емес. Гармоника – қатаң математикалық функция синусоидамен сипатталатын процесс. Өзен ағындысы тербелісінің толық циклі екі суы аз фазадан және екі суы мол фазадан тұрады және

360° құрайды. Сонымен 0°-90° дейін және 270°-360° дейінгі фазалық бұрыштар өзен сулылығының көтерілуіне сәйкес келсе, 90°-тан 270°-қа дейін төмендеуіне сәйкес келеді.

Уақыттық қатардың тренд компонентін анықтау Е. А. Леоновтың, В. Е. Леоновтың, К. Е. Винниковтың, А. В. Христофоровтың, Р. И. Гальпериннің және т.б. [2-6] жұмыстарында кеңінен қарастырылған.

Жазықтық Қазақстан өңірінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін қолда бар су ресурстарының көлемін, олардың кеңістік және уақыт бойынша таралу заңдылықтарын білу, ағынды режимінің тұрақтылығын анықтау өте маңызды практикалық міндеттердің бірі.

Апаттық гидрологиялық құбылыстарды басқару мақсатында ағындының уақыттық қатарын стационар емес деп қарастыру жөнінде шешім қабылдау су ресурстары саласындағы ғалымдар мен практиктердің алдында тұрған үлкен міндет. Қысқа мерзімді бағыттық өзгерістер ағынды қатарларында жиі кездеседі, олар уақытқа және жиілікке тәуелді. Алайда, мұндай бағыттық өзгерістер міндетті түрде ағынды қатарының тұрақсыздығын білдірмейді [7].

Уақыттық ағынды қатарларында кездесетін көпжылдық ығысулар бар болғаны анағұрлым ұзақ таңдамаларда кездесетін уақытша ауытқулар, талдау үшін алынған бағыттық өзгерістердің бастапқы немесе соңғы датасы болуы мүмкін. Демек, мұндай ағынды қатарын тұрақсыздыққа талдаудан өткізудің қажеті жоқ. Қысқа уақыттық қатарларға тұрақсыздық модельдерін дұрыс қолданбау белгісіздікті арттырудың жағымсыз әсеріне әкелуі мүмкін. Ағынды қатарының құрылымы және оны айқындайтын физикалық факторлардың күйі де айқын болмаған жағдайда, апаттық құбылыстарды болжау және оларды басқару үшін ағынды қатарын тұрақты деп қабылдаған анағұрлым тиімді.

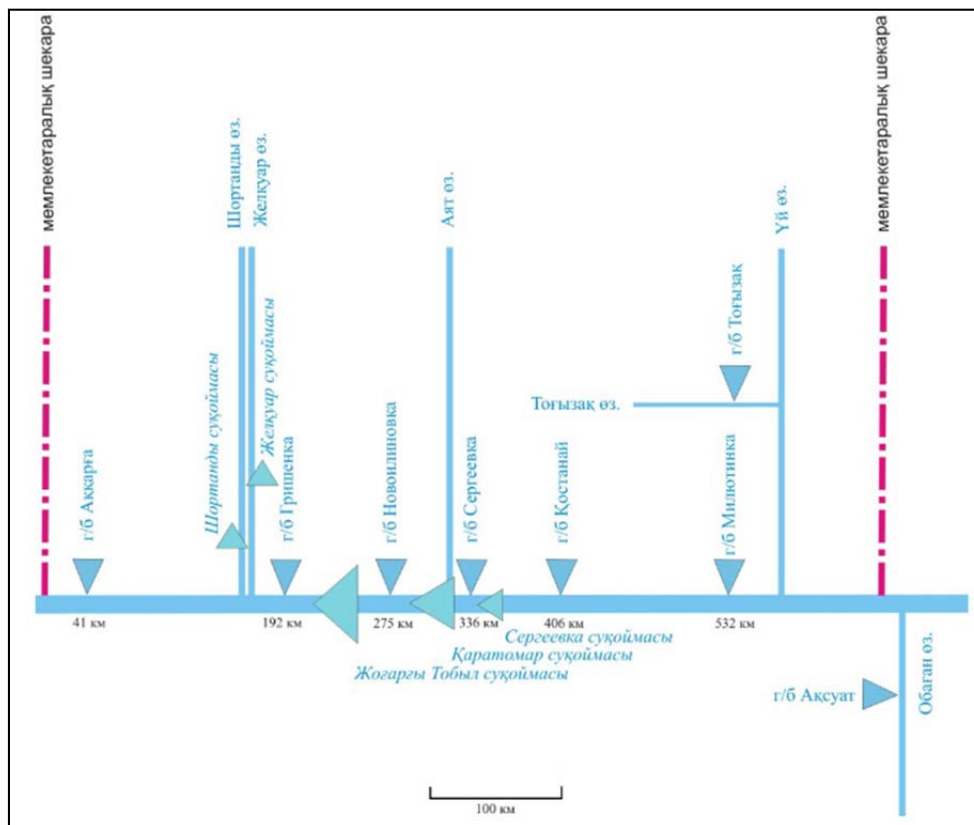
Бұл зерттеудің негізгі мақсаты Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағынды сипаттамаларының ХХ-ХХІ ғ. кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін талдау. Осыған орай зерттеу барысында ең аз ағынды бойынша гидрометеорологиялық ақпаратты жинау және өңдеу, гидрологиялық ағынды қатарларын статистикалық талдау, сулылығы әртүрлі жылдар бойынша Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысының қалыптасу жағдайын саралау жүзеге асырылды.

Ұзақ мерзімді гидротехникалық имараттарды жобалау кезінде ғасырлық және ғасыршілік циклдарда трендтің пайда болу ықтималдығын ескеру қажет. Соңғы онжылдықтарда су ресурстарының жеткіліксіз болуының әсерінен гидрологиялық нысандарға түсетін антропогендік жүктеменің күрт өсуі байқалған Тобыл өзені алабы үшін өте өзекті.

Тобыл алабы өзендерінің ағындысына адамның шаруашылық іс-әрекетінің тигізетін әсерін бағалау бойынша зерттеу жұмыстары И. А. Шикломановтың, В. Е. Водогребскийдің, Р. И. Гальпериннің, М. М. Молдахметов, Л. К. Махмудованың, А. К. Мусинаның [8-12] еңбектерінде кездеседі.

Зерттеу ауданы. Тобыл өзені Ресей Федерациясының бірнеше облысының аумағын және Қостанай облысын басып өтетін трансшекаралық өзен (1-сурет). Тобыл өзені өзінің ірі салалары – Үй, Тоғызақ, Аят, Желқуар, Шортанды және осы өзендердің бойында тұрғызылған су қоймалары каскадымен бірігіп өңірді сумен қамтамасыз етеді. Тобыл өзені бастауын Орынбор облысынан алады, әрі қарай оған Челябинск облысында Сынтасты және Берсуат өзендерінің бірігуінен қалыптасатын Желқуар өзені құяды. Келесі ірі салалары Аят және Үй өзені. Олардың жоғарғы ағысы Челябинск облысына, ал төменгі ағысы Қазақстанға тиесілі. Үй өзені Тобылға сол жағалаудан құяды, алабының басым бөлігі Челябинск облысында орналасқан. Обаған өзені Қостанай облысының аумағымен ағады да, Тобылға оның сағасынан 902 км қашықтықта орналасқан Звериноголовское бекетінің тұсында құяды. Тобыл өзені ағындысының негізгі бөлігі Ресейде қалыптасады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Тобыл өзені алабындағы ең аз ағынды сипаттамаларының ХХ-ХХІ ғ. кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін талдау кезінде «Қазгидромет» РМК стационарлық желісіне қарасты осы алап шегінде орналасқан гидрологиялық бекеттер бойынша бақылау жұмыстары жүргізілгеннен бастап 2021 жылға дейінгі мәліметтер алынды [13-19]. Сонымен қатар, климат өзгерістерінің ағынды сипаттамаларына әсерін бағалау мақсатында Тобыл өзені алабындағы 5 метеостанция бойынша бақылау жұмыстары жүргізілгеннен бастап 2000 жылға дейінгі ауа температурасы мен жауын-шашын мәліметтері «Қазгидромет» РМК қорынан және 2000-2021 жж. аралығындағы мәліметтер «Қазгидромет» РМК метеорологиялық мәліметтер базасынан (https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/) жинақталды.



1-сурет – Тобыл өзені бойындағы гидрологиялық бекеттер мен суқоймалардың орналасу сұлбасы

Ағындының көпжылдық тербелісін зерттеу теориялық тұрғыдан да, практикалық тұрғыдан да маңызды, өз алдына қызықты мәселе. Олар белгілі бір климаттық өзгерістермен анықталады, ал олардың сипатын анықтау, біріншіден қандай да бір деңгейде олардың табиғатын ашуға, екінші жағынан көпжылдық ағынды тербелісінің детерменделген құраушысының даму барысын болжауға мүмкіндік береді.

Ағындының көпжылдық ауытқуы гидрологиялық сипаттамалардың қалыпты шамасы мен үлестірім параметрлерін бағалау үшін репрезентативті кезеңді таңдау мақсатында талданады. Климаттың бағыттық өзгерісі жағдайында бұл мәселе ерекше маңызға ие болады, себебі бұл сипаттамаларды көпжылдық кезең үшін есептеу ғана емес, сонымен қатар оларды қазіргі өзгерген жағдайлар үшін бағалау, жақын болашаққа болжам жасау ерекше мәнге ие болады.

Есептік кезеңді шектеу қажет, ал оны таңдау үшін көпжылдық ағынды жүргісін егжей-тегжейлі зерттеу керек.

А. С. Шкляев пен Г. С. Калининнің пікірінше [20] «Тобыл алабында есептік кезең міндетті түрде өзен ағындысы ауытқуының толық айналымын қамтуы тиіс – бұл анық...» және ағындының қалыптасу жағдайлары бойынша үлкен айырмашылықтары бар С және Е дәуірлерін қамтитын кезеңдерді біріктіруі тиіс. Алайда, ұзақтығы 30-35 жыл уақыттық қатарлар әрқашан зерттеу мақсаттарын қанағаттандыра бермейді. Г. И. Швец (1978) [21], В. Клемеш (1995) [22] зерттеулері көрсеткендей су ресурстарын бағалау кезінде (демек, өзен ағындысы өрістерінің кеңістіктік-уақыттық құрылымын зерттеу кезінде) нәтижелердің сенімділігі қолданылатын қолда бар гидрологиялық қатардың ұзақтығына тәуелді.

Гидроклиматтық сипаттамаларды есептеуді кем дегенде екі нұсқада жүргізген жөн: соңғы онжылдықтар бойынша (бүгінгі жағдай), көпжылдық кезең бойынша (тренд белгісі өзгерген жағдайда); сондай-ақ жақын болашаққа гидроклиматтық сипаттамалардың ықтимал мәндерін бағалау қажет.

Ағынды тұрақты емес. Оның екі себебі бар: климаттық өзгерістер және өзеннің су жинау алабында, арналарда жүргізілген адамның шаруашылық іс-әрекеті. Климаттық өзгерістер – температура көрсеткіштерінен жақсы байқалады. Температура өзгерістерінің неден болғанына

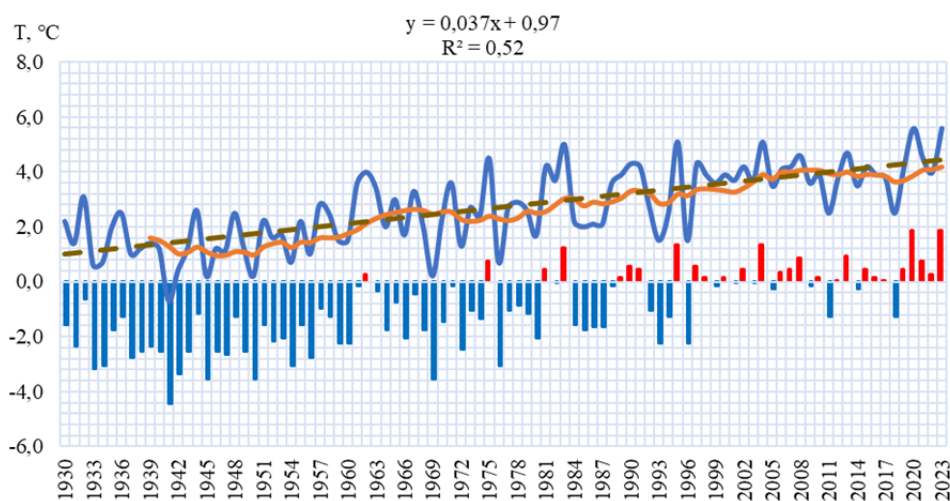
карамастан, климаттың жылынуы айқын. Зерттеу алабы бойынша Жетіқара, Қостанай, Қарасу, Құсмұрын және Диевский МС бойынша аспапты бақылаулар жүргізілгеннен бастап 2023 жылға дейінгі ауа температуралары мәндерінің уақыттық қатарлары талданды. Талдау нәтижелері аталған метеостанциялар бойынша орташа жылдық ауа температурасы мәндері бойынша тренд сызығының детерминация коэффициенті 0,31-0,52 аралығын құрады. 10 жылдық жылжымалы орташа ауа температурасы бойынша тұрғызылған сызықтық тренд айнымалысының дисперсиясындағы үлесі 0,84-0,95 көрсетті. Сонымен қатар, 1930-2023 жж. аралығындағы ауа температуралары мәндерінің уақыттық қатарлары салқын және жылы кезеңдер үшін талданды. Ауа температурасы мәндерінің 10-жылдық жылжымалы орташалары жылы кезеңдер үшін аппроксимацияның сенімділік шамасы 0,83-0,91 аралығын, салқын кезеңдер үшін 0,55-0,84 аралығын қамтыды, яғни жылдың жылы мезгілінде ауа температурасының бағытты өзгерістері статистикалық тұрғыдан мәнді. Ауа температурасының көпжылдық мәндері талдау барысында екі кезеңге бөлінді, сыну нүктесі ретінде барлық метеостанциялар бойынша 1985 жыл алынды. Салыстыру нәтижелері 1986-2023 жж. аралығындағы ауа температурасының орташа мәндері бақылау басталғаннан 1985 ж. дейінгі мәндерге қарағанда 0,1-3,0 °С жоғары екендігін көрсетті, жылдың салқын мезгіліндегі айырмашылық 2,0-3,0 °С құраса, жылы мезгілдегі ауа температурасының өзгерістері 0,1-08 °С.

2- және 3-суреттерде Қостанай метеостанциясының 1991-2020 жж. бойынша базалық кезеңдегі орташадан ауа температурасының ауытқуының абсолютті мәндері мен салқын және жылы кезеңдер бойынша тұрғызылған графиктері берілген.

Тренд сызығы 1930-2020 жж. аралығы бойынша 10 жылдық жылжымалы орташа ауа температурасы бойынша тұрғызылды. Трендтің статистикалық мәні бар. Сызықтық трендтің айнымалының дисперсиясындағы үлесін көрсететін детерминация коэффициенті 0,93 тең. Ауа температурасының жылдың суық кезеңі бойынша жылыну жылдамдығы 0,52°С/10 жылды құраса, жылы кезең бойынша жылыну жылдамдығы 0,30°С/10 жылды көрсетіп отыр.

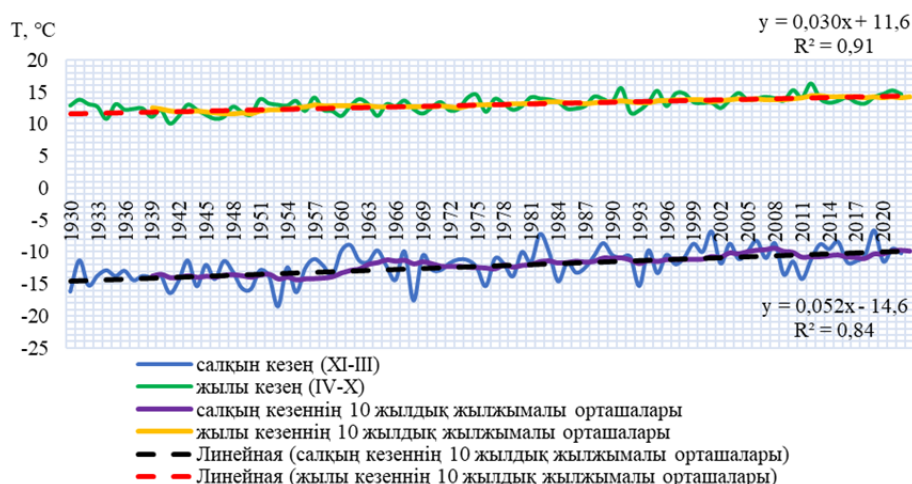
Ауа температурасының айтарлықтай жоғарылауы, ауаның абсолюттік ылғалдылығын едәуір жоғарылатады, нәтижесінде жалпы массалық жауын-шашын мөлшері біршама артады. Континенттерде ылғалдылық режимі анағұрлым біртекті бола бастайды [23].

Зерттеу ауданындағы жауын-шашын мөлшерінің уақыттық өзгерісін бағалау үшін Тобыл өзені алабына әсер ететін Жетіқара, Қостанай, Құсмұрын және Қарасу метеостанциялары бойынша жауын-шашын мөлшерінің жиынтық мәндері аспапты бақылаулар жүргізілгеннен бастап 2023 жылға дейінгі аралықта талданды (4-сурет). Атмосфералық жауын-шашынның аталған метеостанциялар бойынша жиынтық мәндері тренд сызықтарының детерминация коэффициенті статистикалық тұрғыдан мәнді емес (0,03-0,09). Жауын-шашынның жиынтық мәндерінің 10 жылдық жылжымалы орташалары бойынша тұрғызылған сызықтық тренд айнымалысының дисперсия-



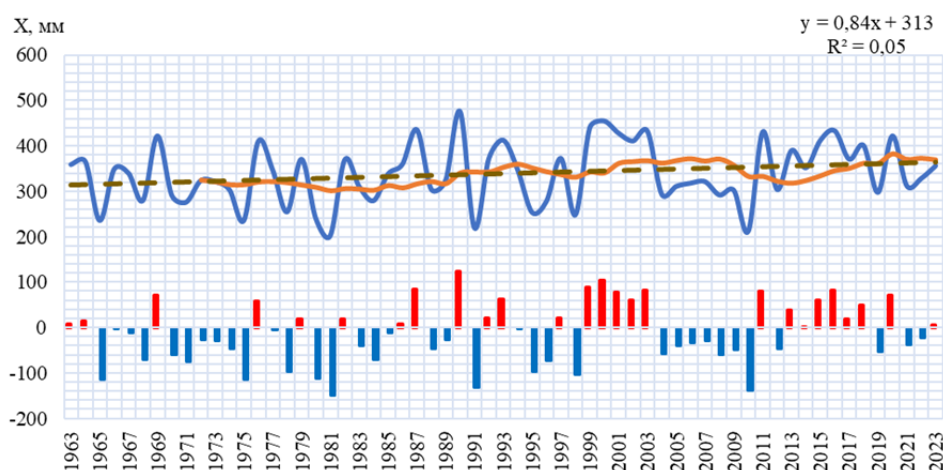
2-сурет – Қостанай МС бойынша 1930-2023 жж. аралығындағы орташа жылдық ауа температурасы мәндерінің қалыпты шамадан ауытқуының уақыттық қатары.

Ауытқулар 1991-2020 жж. ДМУ базалық кезеңіне қатысты есептелген. 1930-2023 жылдар бойынша сызықтық тренд қоңыр түспен берілген. Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан ($R^2 = 0,93$) алынған



3-сурет – Қостанай МС бойынша 1930-2023 жж. аралығындағы салқын және жылы кезендердегі ауа температурасы мәндерінің уақыттық қатары және 10-жылдық жылжымалы орташалары.

Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан алынған



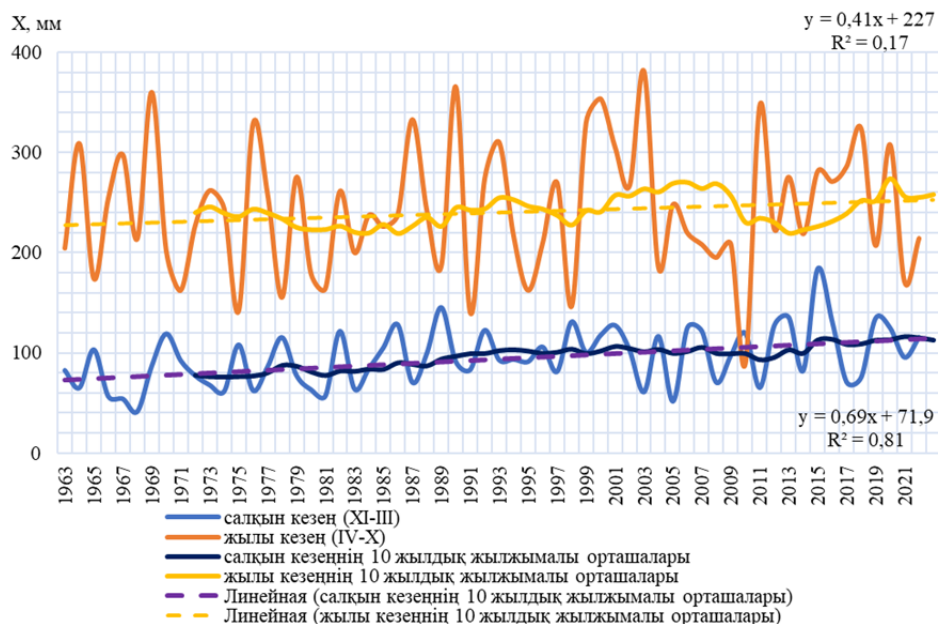
4-сурет – Қостанай МС бойынша 1963-2023 жж. аралығындағы атмосфералық жауын-шашынның жиынтық мәндерінің қалыпты шамадан ауытқуының уақыттық қатары.

Ауытқулар 1991-2020 жж. ДМҮ базалық кезеңіне қатысты есептелген. 1963-2023 жылдар бойынша сызықтық тренд қоңыр түспен берілген. Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан ($R^2 = 0,50$) алынған

сындағы үлесі 0,46-0,64 аралығын құрады. Жауын-шашынның жиынтық мәндері салқын (XI-III) және жылы (IV-X) кезендер үшін айқындалды (5-сурет). Аспаптық бақылаулар басталғаннан 1985 жылға дейінгі жауын-шашынның жиынтық мәндерін 1986-2023 жж. аралығын құрайтын кезеңдегі мәнмен салыстыру салқын кезеңдегі өзгеріс 23-29 %, ал жылы кезеңдегі өзгеріс 3,4-7,3% екендігін көрсетті. Ал, Қарасу МС бойынша жылы маусым үшін жауын-шашынның жиынтық мәні соңғы кезеңде 0,5 % төмендеген. Сондай-ақ, жылы және салқын маусымдар үшін тұрғызылған 10 жылдық жылжымалы орташалардың сызықтық тренд дисперсия мәні салқын кезендер үшін статистикалық мәнді (0,59-0,83).

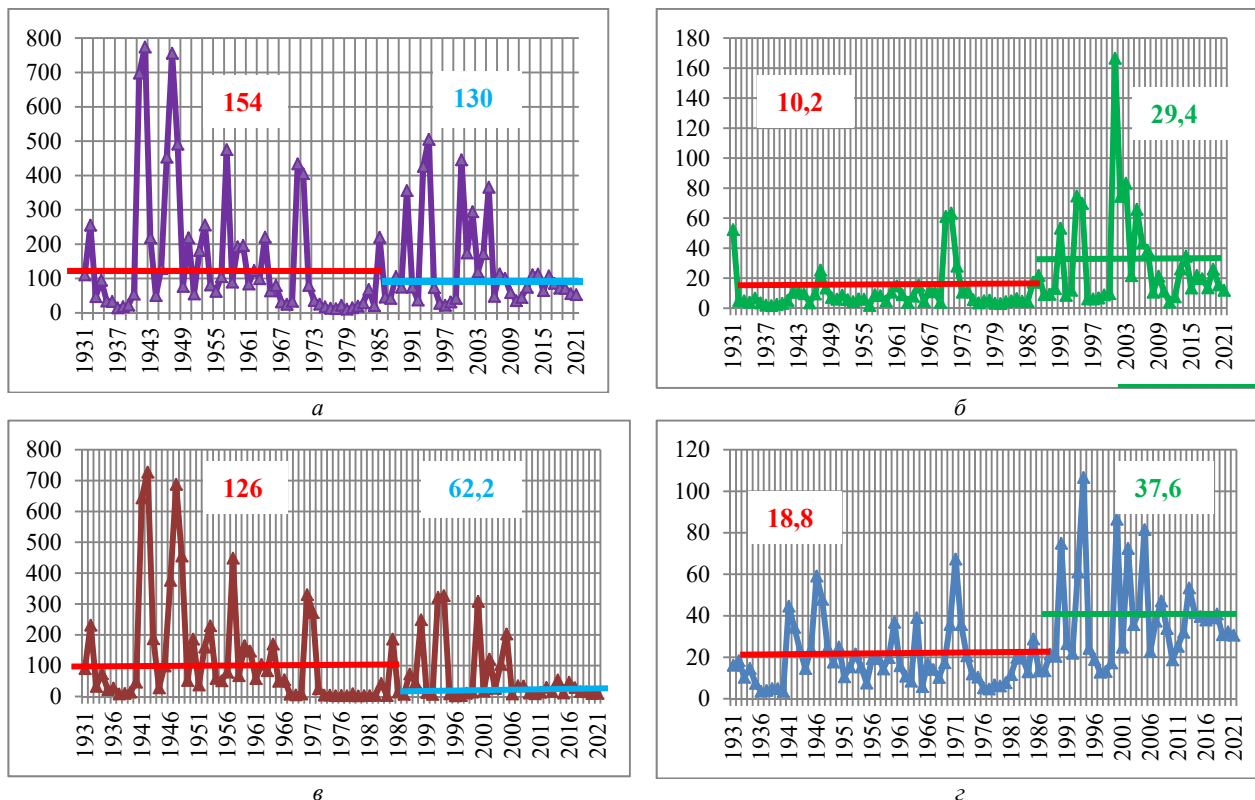
Сонымен, ғаламдық температураның көтерілгені айқын, бұл Тобыл өзені алабында да байқалады, бірақ оның көтерілуі Жер шарының кез-келген нүктесінде температура өсті дегенді білдірмейді, жекелеген аудандарда оған қарама-қарсы үдерістер болуы мүмкін; ғаламдық температураның көтерілуін тек антропогендік фактормен байланысты деп анық тұжырым жасауға болмайды, демек температураның көтерілуі одан әрі сөзсіз жалғасады деген ой күмәнді.

Мақалада Тобыл өзенінің жазғы-күзгі ең аз орташа айлық су өтімдері қатары трендке сыналды. Бұл мақсатта екі әдіс қоланылды: «қарапайым жылжымалы орташа» сүзгісі бар сүзу әдісі және параметрлік емес «сериялық критерий» әдісі.



5-сурет – Қостанай МС бойынша 1963-2023 жж. аралығындағы салқын және жылы кезеңдердегі атмосфералық жауын-шашынның жиынтық мәндерінің уақыттық қатары және 10-жылдық жылжымалы орташалары. Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан алынған

Нәтижелер және оларды талқылау. Тобыл өзені ағындысының тұрақтылығын анықтау мақсатында өзеннің ұзына бойында орналасқан Тоғыззақ өз. – Тоғыззақ а., Тобыл өз. – Гришенка а. және Тобыл өз. – Қостанай қ. гидрологиялық бекеттерінің жылдық және маусымдық ағындысына генетикалық талдау жүргізілді.

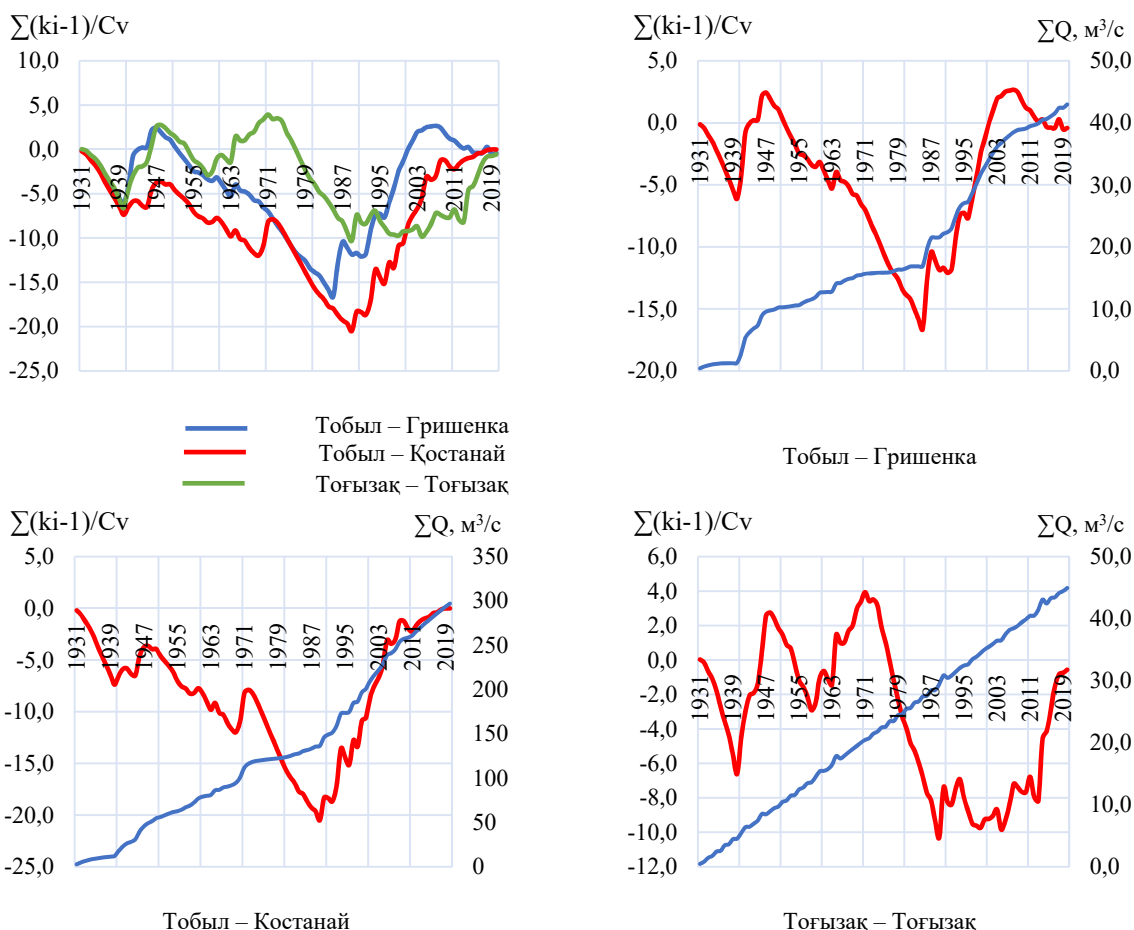


6-сурет – Тобыл өзені – Қостанай қаласы бекетінің 1931-2020 жж. аралығы бойынша көпжылдық маусымдық ағынды тербелісі: а – жыл; б – қыс; в – көктем; г – жаз– күз

6-суретте Тобыл өзенінің жылдық және маусымдық ағындысының көпжылдық өзгерісінің хронологиялық графиктері келтірілген.

Бұл мәліметтерді талдау 1980 жылдардың ортасынан бастап қысқы және жазғы-күзгі ағындының күрт ұлғайғанын, ал көктемгі және жылдық ағындының азайғанын көрсетеді. Жылдық ағынды 1,2 есе азайса, көктемгі ағынды 2,0 есе азайған, ал қысқы ағынды керісінше 2,88 есе ұлғайса, жазғы-күзгі ағынды 1931-1985 жж. аралығымен салыстырғанда 2,0 есе ұлғайғанын көрсетті.

Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысының айырымдық интеграл қисығы мен жиынтық интеграл қисығын талдау ең аз ағынды қатарын сыну нүктесі 1985 жыл квазибіртекті екі жиынтыққа бөліп қарастыруға болатынын көрсетті (7-сурет).



7-сурет – Тобыл өзенінің Қостанай және Гришенка бекеттері мен Тоғыззақ өзенінің Тоғыззақ бекеті бойынша жазғы-күзгі ең аз ағындысының жиынтық және айырымдық интеграл қисықтары

Ұзындығы әртүрлі көпжылдық бақылау қатарларын пайдалана отырып, ағындының статистикалық параметрлері бағаланды (1-кесте). Бақылау кезеңінің ұзақтығына байланысты олардың өзгеру дәрежесі зерттелді. Сулылығы бойынша ерекшеленетін бірнеше кезең анықталды. Сулылығы бойынша ерекшеленетін екі кезең: ұзақ сулылығы төмен кезең – 1931-1970 жж. және суы мол кезең – 1971-2020 жж. және тиісінше 1931-1985 жж. және 1986-2020 жж. Бұл кезеңдердің статистикалық параметрлері әртүрлі. Анықталған айырмашылықтар өзен ағындысының қалыпта-суына климаттық параметрлермен қатар антропогендік факторлардың да әсер ететіндігімен түсіндіріледі.

Есептік кезең ретінде 1931-1985 жылдар аралығы таңдалды. Біріншіден, бұл кезең зерттелетін аумақ өзендерінің су тербелістерінің толық айналымын қамтиды. Екіншіден, ол Күн белсенділігі графигінің өсіп келе жатқан (80 жылдық) «тармағында» орналасқан және ағындының қалыптасу жағдайлары бойынша үлкен айырмашылықтары бар С және Е дәуірлерін қамтитын кезеңдерді біріктіреді.

1-кесте – Тобыл өзені тұстамаларындағы жазғы-күзгі ең аз ағынды қатарының статистикалық сипаттамалары

Кезең	Орташа айлық ең аз ағынды, м ³ /с	Орташа квадраттық ауытқу, м ³ /с	Вариация коэффициенті	Асимметрия коэффициенті	Автокорреляция коэффициенті
Тобыл өзені – Гришенка тұстамасы					
1931-2020	0,48	0,57	1,18	1,81	0,49
1931-1970	0,39	0,51	1,33	2,38	0,44
1971-2020	0,56	0,61	1,08	1,49	0,50
1931-1985	0,31	0,46	1,47	2,85	0,35
1986-2020	0,74	0,63	0,84	1,15	0,54
1931-1989	0,37	0,58	1,55	2,57	0,41
1990-2020	0,69	0,50	0,72	0,81	0,55
Тобыл өзені – Қостанай қаласы тұстамасы					
1931-2020	3,30	2,83	0,86	1,44	0,30
1931-1970	2,53	1,87	0,74	1,32	0,47
1971-2020	3,92	3,29	0,84	1,09	0,21
1931-1985	2,37	2,11	0,89	1,95	0,50
1986-2020	4,76	3,20	0,67	0,90	0,10
1931-1989	2,31	2,05	0,89	2,02	0,41
1990-2020	5,18	3,16	0,61	0,81	0,16
Тоғызак өзені – Тоғызак тұстамасы					
1931-2020	0,44	0,33	0,75	1,28	0,29
1931-1970	0,47	0,33	0,70	1,08	0,38
1971-2020	0,41	0,33	0,80	1,45	0,21
1931-1985	0,40	0,31	0,78	1,30	0,50
1986-2020	0,50	0,35	0,70	1,22	0,02
1931-1989	0,38	0,31	0,80	1,36	0,40
1990-2020	0,54	0,35	0,64	1,20	0,08

Мұндай жағдайларда Тобыл өзені ағындысына жүргізілген қолда бар бақылау қатарларын бір қатарға біріктіру дұрыс деп саналмайды. Мұндай негізде алынған статистикалық параметрлер тұрақтылығымен ерекшеленбейді. Бұл жағдайда сенімді статистикалық бағалауды табу үшін басқа тәсілдерді қолдану қажет. Мұндайда дұрыс шешім қабылдаудың ең қолайлы тәсілі гидрологиялық процестердің квазистационарлық тұжырымдамасын, яғни айтарлықтай шектеулі уақыт аралығында ғана ағынды тұрақты болатын тұжырымдаманы қолдануға көшу болуы мүмкін.

Тобыл алабы өзендерінің жазғы-күзгі сабалық кезеңінің ең аз орташа айлық су өтімдері қатарын параметрлік Фишер, Стюдент және параметрлік емес Вилкоксон критерийлері арқылы біртектілікке тексеру уақыттық қатарды 1931-1985 жж. және 1986-2020 жж. кезеңдерімен шартты түрде екі біртекті таңдамаға бөлгеннен кейін жүзеге асырылды (2-кесте).

Тобыл өзенінің Гришенка бекеті бойынша бірінші 1931-1985 жж. кезеңі бойынша ең аз ағынды қатарын Стюдент және Вилкоксон критерийлері бойынша біртекті. Фишер критерийін қолдана отырып, Тобыл өзенінің Гришенка тұстамасы бойынша ең аз ағындының уақыттық қатарларының дисперсияларының біртектілігін критерийдің 0,5 % маңыздылығы деңгейінде бағалау бөлінген кезеңдердегі ағынды дисперсия бойынша біртекті емес екендігін көрсетті. Бұл тексерудегі таңдамалы дисперсиялардың біртектілігі гипотезасы қабылданбайды, өйткені Фишердің сәйкес қатарларымен анықталған $F_{есеп.} = 9,24$ статистикасының шамасы қарастырылып отырған $F_{сын.} = 3,09$ шарттары үшін оның сындық мәнімен салыстырғанда үлкен. Ал екінші кезең бойынша ағынды қатары барлық критерийлер бойынша біртекті емес. Тобыл өзенінің Қостанай қаласы бекеті бойынша жазғы-күзгі сабалық кезеңінің ең аз ағынды қатары бірінші кезең бойынша барлық критерийлер бойынша біртекті, ал екінші кезең бойынша дисперсия бойынша ғана біртекті емес.

2-кесте – Тобыл алабы өзендерінің жазғы-күзгі ең аз орташа айлық су өтімдерінің уақыттық қатарларын біртектілікке тексеру

Өзен - бекет	Бақылау кезеңі	Орташа мәні	Дисперсия	Фишер	Стьюдент	Вилкоксон		
Тобыл - Гришенка	1931-1985	0,31	0,46	4,73/2,21	1,71/2,01	472	262	494
				Біртекті емес	Біртекті	Біртекті		
	1986-2020	0,74	0,63	9,24/3,09	3,59/2,05	243	93,6	212
				Біртекті емес	Біртекті емес	Біртекті емес		
Тобыл - Костанай	1931-1985	2,37	2,11	1,53/2,21	0,32/2,01	318	262	494
				Біртекті	Біртекті	Біртекті		
	1986-2020	4,76	3,20	3,32/3,09	0,59/2,05	144	93,6	212
				Біртекті емес	Біртекті	Біртекті		
Тоғызак - Тоғызак	1931-1985	0,40	0,31	1,06/2,21	0,15/2,01	374	262	494
				Біртекті	Біртекті	Біртекті		
	1986-2020	0,50	0,35	1,27/3,09	1,62/2,05	208	93,6	212
				Біртекті	Біртекті	Біртекті		

5, 6 бағанда бөлшектің алымында критерийдің есептелген мәні, ал бөлімінде оның сындық мәні келтірілген.

Тоғызак өзенінің жазғы-күзгі кезеңдегі ең аз ағынды қатары орташа шамасы бойынша да, дисперсия бойынша да екі кезеңде де біртекті. Параметрлік емес Вилкоксон критерийі бойынша да қатардың біртектілігі гипотезасы жоққа шығарылмайды. Осыған байланысты Тобыл өзенінің маусымдық ағындысының есептік сипаттамаларын анықтау ықтималдық үлестірімінің құрамдас қисығы бойынша жүзеге асырылады. Тоғызак өзенінің маусымдық ең аз ағынды қатарының есептік параметрлерін анықтау нормативтік құжаттарда берілген біртекті ағынды қатарларына қатысты берілген нұсқауларға сәйкес жүргізіледі.

Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысының гасыршілік тербелісін талдау. Табиғи процестердің ырғағын және оның себептерін айқындау гидрометеорология ғылымының ең маңызды міндеттерінің бірі. Өзен ағындысының ырғағы табиғи процестердің кеңістік және уақыт бойынша көпжылдық тербелісінің негізгі көрсеткіші болып табылады.

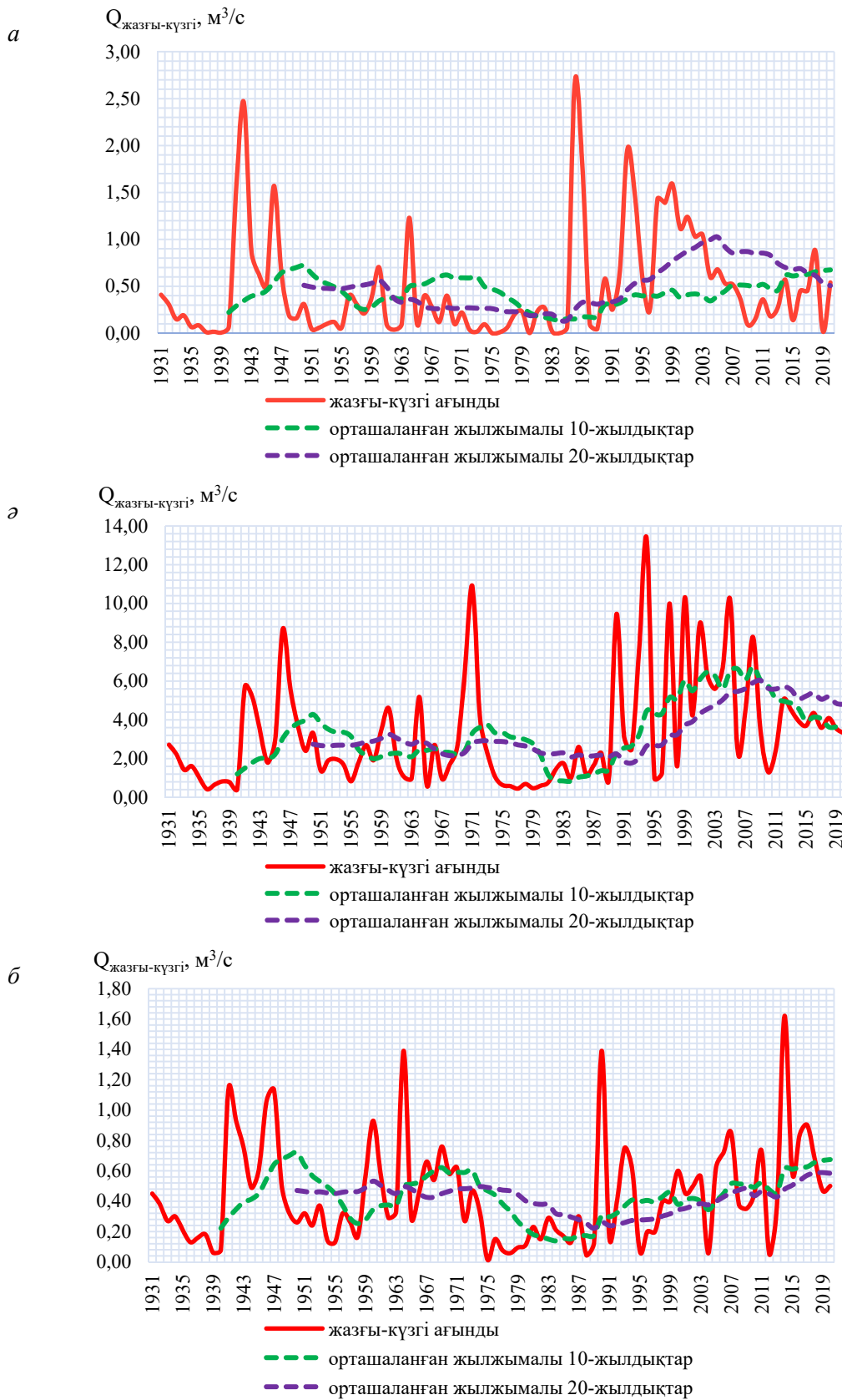
Ағындының көпжылдық тербелісі климаттың белгілі бір өзгерістерімен айқындалады: біріншіден, белгілі бір деңгейде оның табиғатын ашады, екіншіден, қандай да бір деңгейде көпжылдық ағынды тербелісінің детирменделген құраушысының жүргісін болжауға мүмкіндік береді.

Ағындының көпжылдық тербелісі сондай-ақ гидрологиялық сипаттамалардың қалыпты шамасын және басқа да параметрлерін бағалау үшін репрезентативтік кезеңді таңдау мақсатында да талданады. Климаттың бағыттық өзгерісі жағдайында бұл мәселе ерекше маңызға ие, өйткені бұл сипаттамаларды көпжылдық кезең бойынша есептеп қана қоймай, қазіргі уақыт (өзгеріске ұшыраған) жағдайы үшін бағалау керек, мүмкін таяу келешекке болжам жасауға да болар.

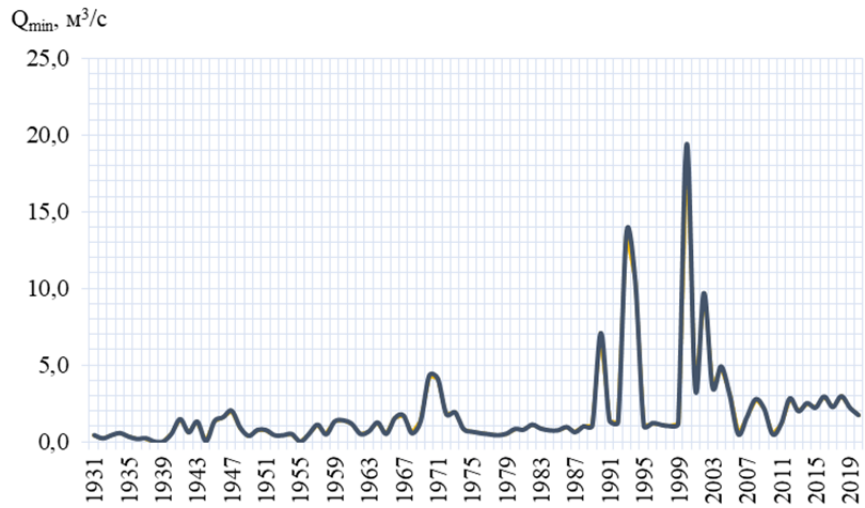
Өкінішке қарай, гидрологиялық есептеулер проблемасы өте күрделеніп кетті. Климат бір бағытта тұрақты түрде өзгерген болса, онда көпжылдық бақылау қатарының ертеректегі бөлігі бүгінгі күннің ақиқатын сипаттай алмайды, ал оны пайдалану осы сипаттаманың ықтималдық шамаларының, үлестірім заңының бұзылуына алып келеді. Есептік кезеңді шектеу қажет, ал оны таңдау үшін көпжылдық ағынды тербелісін ыждағатты талдау керек. Тобыл өзені алабы бойынша қалпына келтірілген жылдарды қоса алғанда, бірнеше тұстама бойынша ұзын қатарлы деректер талданды. Реттелмеген (немесе шамалы реттелген) ағынсулар мен қатар реттелген өзен бойынша да мәліметтер қаралды.

Салыстырмалы түрде аз реттелген өзен ретінде Тоғызак өзені алынды, негізгі бөгендерден жоғары орналасқан Тобыл өзені – Гришенка бекеті, сондай-ақ 1960-1970 жылдары салынған бөгендерден төмен орналасқан Тобыл өзені Қосанай қаласы бекетінің деректері қаралды (8-сурет).

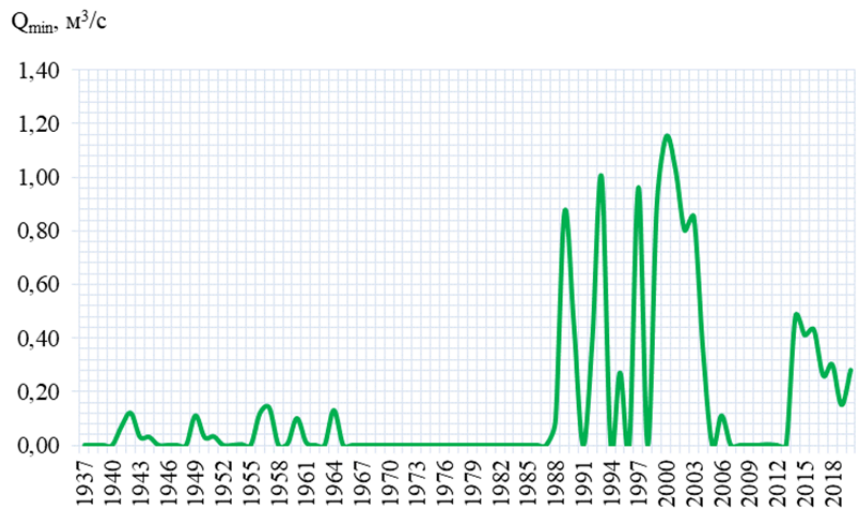
Алдыңғы екі бекет бойынша ең аз ағындының көпжылдық жүргісі өте күрделі, қандай-да бір жалпы заңдылықты бөліп көрсету қиын. Бірақ өткен ғасырдың 80 жылдарының ортасынан бастап ағындының күрт өсуі айқын. Ең аз ағындының өскені Тобыл өзені Гришенка ауылы бекеті



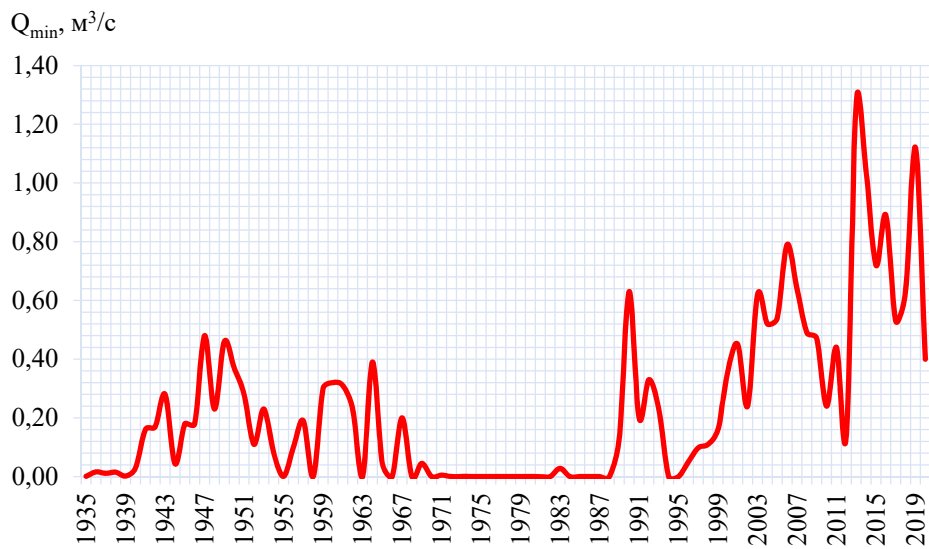
8-сурет – Тобыл өз. – Гришенка а. (а), Тобыл өз. – Қостанай қ. (б), Тоғызақ өз. – Тоғызақ а. (в) тұстамалары бойынша жазғы-күзгі ағынды мен оның орташаланған жылжымалы 10 және 20 жылдықтар бойынша уақыттық қатарлары



a



a



b

9-сурет – Тобыл өз. – Қостанай қ. (a), Тобыл өз. – Гришенка а. (a), Тоғызқаз өз. – Тоғызқаз а. (b) тұстамалары бойынша қысқы ең аз ағындының көпжылдық жүргісі

бойынша тұрғызылған интегралдық қисықта айқын көрінеді (7-сурет), бір қызығы дәл осындай картина ағындысы барынша реттелген Тобыл өзені Қостанай қаласы бекетінің ең аз ағындысының көпжылдық тербелісіне де тән (8-сурет).

Сонымен, Тобыл өзен алабы бойынша мынаны айтуға болады: ең аз ағынды қатарында бағыттық өзгерістер жоқ, бірақ 80-ші жылдардан бастап оның күрт өсуі байқалады. Тобыл өзенінің жазғы-күзгі ең аз ағынды қатарында ағындының өсу үрдісі анағұрлым айқын.

Қысқы ең аз ағындының нақты бекеттер бойынша көпжылдық жүргісі 9-суретте берілген. Суреттен көріп отырғанымыздай қысқы ағынды бөгендердің әсерінен өзгеріске ұшыраған және оның көтерілуі қалыпты жағдай. Тоғызақ өзені мен Тобыл өзені Гришенка ауылы тұстамасында ең аз ағындының айырмашылығы өте үлкен үш кезеңді көруге болады, оның үстіне ортаңғы кезеңде ең аз ағынды шамасы нөлге жуық: Тоғызақ өзені – Тоғызақ бекеті – 1936-1968 жж. – $0,16 \text{ м}^3/\text{с}$; 1969-1990 жж. – $0,009 \text{ м}^3/\text{с}$; 1991-2021 жж. – $0,45 \text{ м}^3/\text{с}$; Тобыл өзені – Гришенка ауылы бекеті – 1938-1961 жж. – $0,032 \text{ м}^3/\text{с}$, 1962-1999 жж. – $0,086 \text{ м}^3/\text{с}$, 2000-2021 жж. – $0,34 \text{ м}^3/\text{с}$. Талдау нәтижесі Тобыл өзені Қостанай қаласы бекетінде қысқы ең аз ағындының айқын өзгерісін көрсетті, және ол 1990 жылдан бастап күрт көтерілген, 1931-1989 жж. – $0,90 \text{ м}^3/\text{с}$, ал 1990-2021 жж. – $3,75 \text{ м}^3/\text{с}$. Сонымен, қысқы сабалық ең аз ағындының көтерілуі соңғы үш онжылдықтың есебінен 4,16 есе өскен.

Маусымдық ағындының түрлі атмосфералық айналым формаларының синоптикалық жағдайларымен байланысы. Қарастырылып отырған өзен алабының гидрометеорологиялық режимін анықтайтын басты факторлардың бірі атмосфералық айналым сипаты. Сондықтан атмосфералық айналым мен өзендердің су режимінің сандық сипаттамаларының арасындағы байланысты зерттеудің қажеттілігі туындайды.

Тропосфера мен төменгі стратосферадағы басым негізгі ауа массасының тасымалдарына сүйене отырып, Вангенгейм-Гирс бойынша атмосфералық айналымның мүмкін нұсқалары үш негізгі түрге бөлінеді: Батыс (W), шығыс (E) және меридиональды (C). Айналым түрі ауа массаларының негізгі тасымалы бағытында белгіленеді.

Батыс айналым типі Атлант мұхитынан шығысқа қарай циклондардың аймақтық ығысуы байқалатын батыс тасымалының күшеюімен сипатталады. Айналымның шығыс типі құрлықтық ауада дамиды антициклондардың шығыстан немесе солтүстік-шығыстан басып кіруі немесе құрлықта қуатты тұрақты антициклондардың дамуы арқылы батыс тасымалының бұзылуымен сипатталады. Айналымның меридиональды типі құрлықтық арктикалық ауаның Скандинавияның солтүстігіне басып кіруі арқылы батыс тасымалының бұзылуымен және Скандинавия арқылы Еуропаның орталық бөлігінде жоғары қысымды меридиональды жолақтың пайда болуымен сипатталады [24].

Кейбір ғалымдар [24, 25] атмосфераның ірі масштабты айналымында осы немесе басқа да бір макропроцестің басым дамиды кезеңдері бар деп санайды. Бұл кезеңдерді атмосфералық айналым дәуірлері деп атайды. Атап айтсақ, W+C – 1891-1899 жж., W – 1900-1928 жж., E – 1928-1939 жж., C – 1940-1948 жж., E+C – 1949-1974 жж. Бұл дәуірлер W, E, C атмосфералық айналым формаларының жыл бойына қайталануын, Солтүстік жарты шардағы ауа қысымы мен температурасының қалыпты шамадан ауытқуларының таралуының жылдық фонын есепке алу негізінде бөлінді.

Бірқатар жұмыстарда [26] жер беті температурасының өзгеруін атмосфералық айналым формаларының жыл сайынғы өзгеріштігімен салыстыру жүргізілді. Ауа температурасы көтерілгенде W және E формаларының басым болуы, ал төмендегенде C және E формаларының басым болуы арасындағы байланыс анықталды.

Солтүстік жарты шардағы ірімасштабты атмосфералық айналымның негізгі индекстірінің бірі Солтүстік Атлант (NAO). Солтүстік Атлант тербелісі атмосфералық жауын-шашынға әсер ететін фактор болып табылады. Солтүстік Атлант тербелісі индексі мен W батыс формасының және жауын-шашын мөлшерінің арасындағы өзара байланыс анықталды. W формасы мен NAO индексінің қайталанғыштығының өсуі Батыс Сібірдің оңтүстігінде жауын-шашын мөлшерінің артуына ықпал ететіндігі көрсетілген.

Н. Н. Безуглова және т.б. еңбегінде [27] 1973-2006 жж. кезеңінде атмосфералық айналымның бір түрінің қайталанғыштығы қалыпты шамадан асып түсетін дәуірлер айқындалды – 1973-1984 жж. – шығыс-еуропалық E формасының дәуірі, 1985-1990 жж. – E формасы басым түсетін

және W формасының қайталанғыштығы артатын өтпелі кезең, 1991-2006 жж. – W+C формалары басым түсетін дәуір.

Қазіргі уақытта өзендердің гидрометеорологиялық жай-күйін алдағы онжылдықтарға болжаудың жалпы қабылданған сенімді әдістері жоқ. Метеорологиялық болжамның анағұрлым кең таралған әдісі - көпке белгілі МОЦАО моделі. Модель климаттың жылынуының еріксіз себебі ретінде атмосферадағы парниктік газдар концентрациясының жоғарылау тенденциясының экстрополяциясына негізделген. Көптеген зерттеушілердің пікірінше [28-35] бұл әдісті қолдану белгілі бір күмән туғызады. Біріншіден алғашқы алғышарттың өзі, яғни климаттың жылынуы антропогендік фактормен байланысты екендігі даулы мәселе. Екіншіден түрлі моделдердің нәтижелері әртүрлі. Температура бойынша алынған нәтижелердің өзі шашыраңқы болса, жауын-шашын мөлшерінің өзгерісі тіпті бір модельдер бойынша оң таңбалы болса, екінші бір модельдер бойынша теріс таңбалы белгілермен болжанады. Бұларға негізделген гидрологиялық болжамдарға, оның ішінде өзен ағындысына қатысты болжамдарға сенім одан да аз.

Қазіргі кезеңде тіпті метеорологиялық болжам сенімді болғанның өзінде проблемалар туындаған болар еді. Бірақ, метеорологиялық болжамдардың мінсіз емес екендігі белгілі. Біріншіден, «Климаттың қазіргі өзгерісі өте күрделі аймақтық құрылымға ие» [36]. Бұл аймақтық метеорологиялық болжам жасаудың мүмкіндігін шектейді, демек гидрологиялық болжам жасау мүмкіндігі одан әрі қиындайды. Оның үстіне, бұл модельдер гидроклиматтық тербелістердің айналымдық құрылымын есепке алмайды. А. И. Дмитриев пен В. А. Белязонның пікірі бойынша «Гидродинамикалық модельдер тербелмелі процестерді сипаттауға қауқарсыз, демек болжауға мүлдем дәрменсіз» Ал болжауға балама бағыт – климаттық өзгерістердің негізгі себебі болып табылатын, айқындалған атмосфералық айналымдарды есепке алу [36].

Осыған байланысты атмосфералық макроциркуляция формаларының өзгеруіне қатысты кейбір ғалымдардың зерттеулерінен мысалдар келтіруге болады. Сонымен, Н. С. Сидоренков және И. А. Орловтың [25] пікірі бойынша айналымдық дәуірлердің сипаттамалары Жердің өз осінен айналу жылдамдығының өзгерісімен тығыз байланысты. Атап айтқанда, планета айналуының үдеуі айналымның С формасының қайталануының төмендеуіне сәйкес келеді және керісінше. 1973 жылы басталған Жердің айналу жылдамдығының артуы 2004 жылы аяқталды және 2040 жылға дейін айналымның С формасы жиі, ал W+E формасы сирек қайталанатын кезең жалғасады.

Атмосфералық айналымның күн белсенділігімен байланысын А. А. Гирс зерттеді. Оның идеяларын одан әрі дамытқан А. И. Дмитриев пен В. А. Белязо жүйенің ірі планеталарының Күнге дақ түсіруінің гравитациялық табиғатын көрсетеді. Жердегі айналым дәуірлерінің шекаралары көп жағдайда күн белсенділігінің 11 және 22-жылдық айналымдарымен сәйкес келеді. Осы авторлардың зерттеулері бойынша 1933 жылдан 1975 жылға дейін айналымның W формасының қайталануы теріс трендке, ал 1976 жылдан бастап оң трендке ие болды. Атап айтқанда, 1996 жылдан 2004 жылға дейінгі кезең айналымның батыс формасы дәуіріне жатқызылды.

Ағымдағы ғасырдың екінші он жылдығында жылдық ауа температурасының орташа шамадан ауытқуының жоғарылауы және айналымның E формасының қайталануының артуы болжанды. Шындығында да 2005-2018 жылдар кезеңі E формасы дәуіріне жатады. Болжам расталды.

Үшінші онжылдықта ауа температурасының ауытқуы қалыпты шамаға дейін төмендейді де (1920-1967 жж. аралығындағыдай) теріс таңбаға ие болады. Төртінші онжылдықта, күн белсенділігі ғасырлық максимумға жеткенде, E+C атмосфералық процестері дамиды, ауа температурасының ауытқулары артады. Ал бесінші онжылдықта, ғасырлық күн белсенділігі айналымының төмендеуі басталғанда – атмосфералық айналымның мериодионалдық формалары басым болып, температуралық ауытқулардың төмендеуі байқалады.

Жоғарыда келтірілген атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен байланысын зерттеу мақсатында әрбір атмосфералық дәуір үшін ең аз орташа айлық су өтімінің арифметикалық орташа шамасын, осы кезеңнің орташа шамасының есептік кезең ретінде алынған 1931-1985 жж. кезеңі бойынша ең аз ағындының нормасына қатынасы ретінде алынған модульдік коэффициенттері есептелді. Есептеу нәтижелері кестеге енгізілді (3-кесте).

Кестені талдау мынаны көрсетті: атмосфералық айналымның E формасы дәуіріне ең аз ағындысының орташа мәні қалыпты шамадан төмен суы аз жылдар кезеңі сәйкес келеді. Айналымның С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамадан жоғары мәндері сәйкес келеді. Ал айналымның E формасы басым болған E+C формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамаға жуық сулылығы орташа жылдары сәйкес келеді. Дәл осындай сипат E+W дәуірінде де байқалады.

3-кесте – Атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен байланысы

Дәуірлер кезеңі	Дәуірлер	Тоғызак өз. – Тоғызак ст.		Тобыл өз. – Гришенка а.		Тобыл өз. – Костанай қ.	
		Qmin	К	Qmin	К	Qmin	К
1931-1939	Е	0,22	0,54	0,14	0,45	1,29	0,54
1940-1948	С	0,74	1,86	0,94	3,03	4,16	1,76
1949-1959	Е+С	0,28	0,70	0,20	0,65	2,13	0,90
1960-1968	Е+С	0,61	1,53	0,34	1,10	2,19	0,92
1949-1968	Е+С	0,43	1,08	0,28	0,90	2,15	0,91
1969-1978	Е+W	0,38	0,95	0,11	0,35	2,97	1,25
1949-1974	Е+С	0,45	1,12	0,23	0,74	2,71	1,14
1975-1990	Е	0,18	0,45	0,39	1,26	1,65	0,70
1991-1996	Е+С	0,27	0,68	0,86	2,77	4,81	2,03
1991-2006	W+С	0,35	0,88	0,99	3,19	5,94	2,51
1996-2004	W	0,32	0,79	1,08	3,48	6,1	2,57
1996-2008	W	0,42	1,04	0,91	2,94	6,17	2,60
2005-2018	Е	0,65	1,63	0,40	1,29	4,40	1,86

Сонғы онжылдықтарда 2005-2018 жылдар аралығы атмосфералық айналымның Е дәуіріне жататындығына қарамастан, байқалған ең аз ағындының орташа шамасы қалыпты шамадан 1,29-1,86 есе жоғары. Бұл Тобыл алабы өзендері ағындысының бөгендермен реттелуінің әсерінен ағынды режимінің бұзылуына байланысты атмосфералық айналым дәуірлері мен ең аз ағынды сипаттамаларының арасындағы байланыс төмендегенін білдіреді.

Ең аз айлық ағынды сипаттамаларының көпжылдық ауытқуларын талдау Тобыл алабы өзендерінің барлық зерттелетін өзендерінде жазғы-күзгі және қысқы сабалық кезең ағындысының өсу тенденциясы бар екенін көрсетті. Маусымдық сулардың жалпы ұлғаюы аясында ең аз қысқы айлық су өтімдерінің өзгеруі ең айқын және күрт сипатқа ие. Қысқы сабалық кезеңдегі ең аз ағындының 1931-1985 жж. қатысты ұлғаюы 416 % құраса, жазғы сабалық кезеңінің ең аз ағындысының ұлғаюы 125-238 % құрайды.

Қорытынды және тұжырымдар. Климаттың ғаламдық жылынуын ғалымдардың басым көпшілігі мойындайды және бұл құбылыс әлемнің түрлі нүктелерінде жаппай байқалып отыр. Бірақ бұл тенденцияның қаншалықты тұрақты екендігі толық анықталмаған. Егер климаттың жылынуы антропогендік фактормен, атмосферадағы парниктік газдардың ұлғаюымен айқындатылатын болса, онда оның одан әрі жылынуы сөзсіз жалғаса береді. Егер оның басқа себебі болса, онда ғаламдық температураның көтерілу фазасының оның төмендеу фазасына ауысуы әбден мүмкін. Практикалық қорытынды – бұл жағдайда гидрометеорологиялық сипаттамалардың сандық көрсеткіштерін есептеу үшін жоқ дегенде екі нұсқаны пайдалану керек: соңғы онжылдықтар бойынша (бүгінгі күннің сипаты) және ұзақ мерзімді бақылауларды (тренд бағыты өзгерген жағдайда) қолданған жөн. Әрине, жақын болашақ үшін гидроклиматтық сипаттамалардың ықтимал мәндерін бағалау қажет.

Тобыл өзен алабы бойынша ең аз ағынды қатарында бағыттық өзгерістер жоқ, бірақ 80-ші жылдардан бастап оның күрт өсуі байқалады. Тобыл өзенінің жазғы-күзгі ең аз ағынды қатарында ағындының өсу үрдісі анағұрлым айқын.

Тобыл өзені алабында ағынды тұрақты емес, оның себебі – климаттық өзгерістер мен өзен алабында және өзен арнасында жүргізілген антропогендік қызмет.

Климаттық өзгерістер температуралық көрсеткіштермен, ал ең аз ағынды өзгерісі адамның шаруашылық іс-әрекетімен тығыз байланысты.

Атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен тығыз байланысы бар. Атмосфералық айналымның Е формасы дәуіріне ең аз ағындысының орташа мәні қалыпты шамадан төмен суы аз жылдар кезеңі сәйкес келеді. Айналымның С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамадан жоғары мәндері сәйкес келеді. Ал айналымның Е формасы басым

болған Е+С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамаға жуық сулылығы орташа жылдары сәйкес келеді. Дәл осындай сипат Е+W дәуіріне де тән.

Қаржыландыру. Жұмыс Ғылым және жоғары білім министрілігі Ғылым комитетінің тапсырысы бойынша іргелі зерттеулер аясында жүргізілді (АР19679134 «Жазықтық Қазақстан өзендерінің ең аз ағындысын есептеу әдістемесінің негіздерін климат пен ағынды тұрақсыздығы жағдайында әзірлеу және жетілдіру»).

ӘДЕБИЕТ

- [1] Salas J., Obeysekera J., Vogel R. Techniques for assessing water infrastructure for nonstationary extreme events: A review // *Hydrological Sciences Journal*. – 2018. – 63. – P. 325-352.
- [2] Леонов Е. А., Леонов В. Е. Метод определения параметров трендов гидрологических рядов // *Сб. работ по гидрологии*. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – № 19. – С. 93.
- [3] Леонов Е. А., Леонов В. Е. Исследование тенденций изменения водности рек Сибири и Северного Казахстана // *Тр. ГГИ*. – 1990. – Вып. 344. – С. 128-136.
- [4] Винников К. Я. Чувствительность климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 224 с.
- [5] Христофоров А. В. Теория случайных процессов в гидрологии. – М.: Из-во МГУ, 1994. – 141 с.
- [6] Гальперин Р. И. Нюансы статистической интерпретации гидрологических рядов // *Материалы международной конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии»*. – Алматы: КазНИИМОСК, 2001. – С. 103-105.
- [7] Koutsoyiannis D., Montanari A. Negligent killing of scientific concerts: the stationarity case // *Hydrological Sciences Journal*. – 2015. – Vol. 60. – P. 1174-1183.
- [8] Шикломанов И. А., Георгиевский Б. Ю. Влияние антропогенных факторов на сток рек бывшего СССР // *Географические направления в гидрологии*. – М., 1995. – С. 96-107.
- [9] Водогрецкий В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 176 с.
- [10] Гальперин Р. И., Давлетгалиев С. К., Чигринцев А. Г., Молдахметов М. М., Махмудова Л. К., Аvezова А. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана. – Алматы, 2012. – Т. 7. – 670 с.
- [11] Молдахметов М. М., Арыстамбекова Д. Д. Тобыл өзенінің ағындысына адамның шаруашылық іс-әрекетінің тигізетін әсерін бағалау // *Вестник КазНУ. Серия географическая*. – 2007. – № 1(24). – 62-72 б.
- [12] Мусина А. К., Арыстамбекова Д. Д. Тобыл өзені көктемгі ағындысына антропогендік өзгерістердің әсерін бағалау // *Гидрометеорология и экология*. – 2017. – № 1(84). – 75-89-бб.
- [13] Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Кустанайская область Казахской ССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. – Вып. 2. – 710 с.
- [14] Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг.). Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Верхний Иртыш, Верхний Ишим, Верхний Тобол. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – Т. 15, вып. 2. – 384 с.
- [15] Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 и весь период наблюдений). Вып. 2. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – Т. 15. – 294 с.
- [16] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Казахская ССР. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. 1976–1980 гг. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – Т. 5, вып. 1. – 468 с.
- [17] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1981-1990 гг. Книга 1. Часть 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). – Алматы, 2002. – 384 с.
- [18] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1991-2000 гг. Книга 1. Часть 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). – Алматы, 2004. – 191 с.
- [19] URL: https://meteo.kazhydromet.kz/database_hydro/
- [20] Шкляев А. С., Калинин Г. П. О влиянии атмосферной циркуляции на распределение стока рек Среднего и Южного Урала // *Учен. зап. Пермского ун-та*. – 1966. – Сб. 1, № 146. – С. 55-61.
- [21] Швец Г. И. Хронологический ход изменчивости годового стока Днепра и солнечной активности // *Многовековая изменчивость Днепра*. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – С. 30-32.
- [22] Клемеш В. Длинный ряд гидрологических наблюдений – урок нашей уверенности в себе // *Труды гидрологического съезда*. – СПб., 1995. – С. 52.
- [23] Будыко М. И. Изменение климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 280 с.
- [24] Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. 280 с.
- [25] Сидоренков Н. С., Орлов И. А. Атмосферные циркуляционные эпохи и изменения климата // *Метеорология и гидрология*. – 2008. – № 9. – С. 22-29.
- [26] Боков В. Н., Воробьев В. Н. Изменчивость атмосферной циркуляции и изменение климата // *Записки РГГМУ*. – 2010. – Вып. 13. – С. 83-88.

- [27] Безуглова Н. Н., Зинченко Г. С. Региональные климатические проявления глобальной циркуляции атмосферы на юге Западной Сибири // География и природные ресурсы. – 2009. – № 3. – С. 83-87.
- [28] Говоркова В. А., Катцов В. М., Мелешко В. П., Павлова Т. В., Школьник И. М. Климат России в XXI веке. Часть 2. Оценка пригодности моделей ОЦАО СМIP3 для расчетов будущих изменений климата России // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 8. – С. 5-19.
- [29] Водные ресурсы России и их использование. – СПб., 2008. – 600 с.
- [30] Мелешко В. П., Катцов В. М., Мирвис В. М., Говоркова В. А., Павлова Т. В. Климат России в XXI веке. Часть 1. Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 6. – С. 5-19.
- [31] Мелешко В. П. Климат России в XXI веке. Часть 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 9. – С. 5-21.
- [32] Ельчиков В. А., Полуниин А. Я., Симонов Ю. А., Христофоров А. В. Поливариантное оценивание возможных климатических изменений речного стока на примере Северной Двины // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 3. – С. 74-84.
- [33] Кисилев А. В. Климат в настоящем, прошедшем и будущем. – М.: МАИК Наука/Интерпериодика, 2001. – 351 с.
- [34] Walsh B. J. Global warming: new crisis or old cycle // Cycles. – 1992. – No. 5(43). – P. 246-252.
- [35] Walsh B. J. The elusive Arctic warming // Nature (Gr. Brit.). – 1993. – No. 6410(361). – P. 300-301.
- [36] Дмитриев А. И., Белязо В. А. Космос, планетарная климатическая изменчивость и атмосфера полярных регионов. – СПб.: Гидрометеиздат, 2006. – 360 с.

REFERENCES

- [1] Salas J., Obeysekera J., Vogel R. Techniques for assessing water infrastructure for nonstationary extreme events: A review // Hydrological Sciences Journal. 2018. Vol. 63. P. 325-352.
- [2] Leonov E. A., Leonov V.E. Method for determining the parameters of trends in hydrological series // Sat. works on hydrology. L.: Gidrometeoizdat, 1987. No. 19. P. 93 (in Russ.).
- [3] Leonov E. A., Leonov V.E. Study of trends in changes in water content of rivers in Siberia and Northern Kazakhstan // Tr. GGI. 1990. Issue. 344. P. 128-136 (in Russ.).
- [4] Vinnikov K. Ya. Climate sensitivity. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 224 p. (in Russ.).
- [5] Khristoforov A. V. Theory of random processes in hydrology. M.: Publishing house of Moscow State University, 1994. 141 p. (in Russ.).
- [6] Galperin R. I. Nuances of statistical interpretation of hydrological series // Proceedings of the international conference "Problems of hydrometeorology and ecology". Almaty: KazNIIMOSK, 2001. P. 103-105 (in Russ.).
- [7] Koutsoyiannis D., Montanari A. Negligent killing of scientific concerts: the stationarity case // Hydrological Sciences Journal. 2015. Vol. 60. P. 1174-1183.
- [8] Shiklomanov I. A., Georgievsky B. Yu. The influence of anthropogenic factors on the flow of rivers of the former USSR // Geographical directions in hydrology. M., 1995. P. 96-107 (in Russ.).
- [9] Vodogretsky V. E. Anthropogenic change in the flow of small rivers. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990. 176 p. (in Russ.).
- [10] Galperin R. I., Davletgaliev S. K., Chigrinets A. G., Moldakhmetov M. M., Makhmudova L. K., Avezova A. Renewable resources of surface waters of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan. Almaty, 2011. Vol. 7. 670 p. (in Russ.).
- [11] Moldakhmetov M. M., Arystambekova D. D. Assessment of the impact of human economic activity on the flow of the Tobyl River // Bulletin of KazNU. Geographical series. 2007. No. 1(24). P. 62-72 (in Kaz.).
- [12] Mussina A. K., Arystambekova D. D. Assessment of the impact of anthropogenic changes on the spring flow of the Tobyl river // Hydrometeorology and ecology. 2017. No. 1(84). P. 75-89 (in Russ.).
- [13] Surface water resources in areas of development of virgin and fallow lands, Kustanai region of the Kazakh SSR. L.: Gidrometeoizdat, 1959. Issue 2. 710 p. (in Kaz.).
- [14] Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1963-1970). Altai, Western Siberia and Northern Kazakhstan. Upper Irtysh, Upper Ishim, Upper Tobol. L.: Gidrometeoizdat, 1977. Vol. 15, No. 2. 384 p. (in Russ.).
- [15] Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1971-1975 and the entire observation period). Issue 2. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol. L.: Gidrometeoizdat. 1980. Vol. 15. 294 p. (in Russ.).
- [16] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. Kazakh SSR. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol. 1976-1980. L.: Gidrometeoizdat, 1987. Vol. 5, issue 1. 468 p. (in Russ.).
- [17] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. 1981-1990. Book 1. Part 1. Rivers and canals. Vol. 1. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers (upper reaches). Almaty, 2002. 384 p. (in Russ.).
- [18] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. 1991-2000. Book 1. Part 1. Rivers and canals. Vol. 1. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers (upper reaches). Almaty, 2004. 191 p. (in Russ.).
- [19] URL: https://meteo.kazhydromet.kz/database_hydro/ (in Russ.).
- [20] Shklyayev A. S., Kalinin G. P. On the influence of atmospheric circulation on the distribution of river flow in the Middle and Southern Urals // Uchen. Zap. Perm University. 1966. Vol. 1, No. 146. P. 55-61 (in Russ.).

- [21] Shvets G. I. Chronological course of variability in the annual flow of the Dnieper and solar activity // Centuries-old variability of the Dnieper. L.: Gidrometeoizdat, 1978. P. 30-32 (in Russ.).
- [22] Klemesh V. A long series of hydrological observations - a lesson in our self-confidence // Proceedings of the Hydrological Congress. St. Petersburg, 1995. P. 52 (in Russ.).
- [23] Budyko M.I. Changing of the climate. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 280 p. (in Russ.).
- [24] Girs A. A. Long-term fluctuations in atmospheric circulation and long-term hydrometeorological forecasts. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 280 p. (in Russ.).
- [25] Sidorenkov N. S., Orlov I. A. Atmospheric circulation epochs and climate changes // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 9. P. 22-29 (in Russ.).
- [26] Bokov V. N., Vorobiev V. N. Variability of atmospheric circulation and climate change // Notes of the RGGMU. 2010. Issue. 13. P. 83-88 (in Russ.).
- [27] Bezuglova N. N. Regional climatic manifestations of global atmospheric circulation in the south of Western Siberia // Geography and natural resources. 2009. No. 3. P. 83-87 (in Russ.).
- [28] Govorkova V. A., Kattsov V. M., Meleshko V. P., Pavlova T. V., Shkolnik I. M. Climate of Russia in the 21st century. Part 2. Assessing the suitability of the CAO CMIP3 models for calculating future climate changes in Russia // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 8. P. 5-19 (in Russ.).
- [29] Water resources of Russia and their use. St. Petersburg, 2008. 600 p. (in Russ.).
- [30] Meleshko V. P., Kattsov V. M., Mirvis V. M., Govorkova V. A., Pavlova T. V. Climate of Russia in the 21st century. Part 1. New evidence of anthropogenic climate change and modern possibilities for its calculation // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 6. P. 5-19 (in Russ.).
- [31] Meleshko V. P. Climate of Russia in the 21st century. Part 3. Future climate changes calculated using the ensemble of general circulation models of the atmosphere and ocean SMIP3 // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 9. P. 5-21 (in Russ.).
- [32] Elchikov V. A., Polunin A. Ya., Simonov Yu. A., Khristoforov A. B. Multivariate assessment of possible climatic changes in river flow using the example of the Northern Dvina // Meteorology and Hydrology. 2009. No. 3. P. 74-84 (in Russ.).
- [33] Kisilev A. V. Climate in the present, past and future. M.: MAIK Nauka/Interperiodika, 2001. 351 p. (in Russ.).
- [34] Walsh B. J. Global warming: new crisis or old cycle // Cycles. 1992. No. 5(43). P. 246-252.
- [35] Walsh B. J. The elusive Arctic warming // Nature (Gr. Brit.). 1993. No. 6410(361). P. 300-301.
- [36] Dmitriev A. I., Belyazo V. A. Space, planetary climate variability and the atmosphere of the polar regions. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2006. 360 p. (in Russ.).

М. М. Молдахметов¹, Л. К. Махмудова², А. К. Мусина³, Э. С. Абдуллаева*⁴

¹ Доцент, к. г. н., директор агробиологического научно-исследовательского центра (Международный таразский инновационный институт им. Ш. Муртазы, Тараз, Казахстан; mmoldahmetov64@mail.ru)

² Ассоциированный профессор, к. г. н., ведущий научный сотрудник лаборатории водных ресурсов (Институт географии и водной безопасности, Алматы, Казахстан; mlk2002@mail.ru)

³ К. г. н., старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; ainur.musina@kaznu.edu.kz)

⁴ Магистр естественных наук, преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; assel.abdullayeva@kaznu.edu.kz)

ИЗУЧЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ РЕЧНОГО СТОКА ПРИ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЯХ РАВНИННЫХ РЕК КАЗАХСТАНА

Аннотация. Проанализированы метеорологические и гидрологические данные по бассейну реки Тобыл. Обнаружена тенденция в изменении температуры воздуха в бассейне р. Тобыл. Установлено, что колебание атмосферных осадков только в холодный период статистически значимо. Оценка летне-осеннего и зимнего минимального стока бассейна реки Тобыл показала, что в 80-е годы прошлого века в режиме стоковых характеристик наблюдались направленные изменения. Также установлена связь сезонного стока в бассейне реки Тобыл с синоптическими условиями разных форм атмосферной циркуляции. Связь между эпохами атмосферной циркуляции и минимальным стоком бассейна р. Тобыл демонстрирует, что эпохе Е соответствует период лет со средним значением минимального стока ниже нормы. Форма С соответствует минимальным значениям расхода, превышающим нормальное значение, а форма Е+С, где преобладает форма Е, – периодам минимального расхода воды, близкой к норме в годы средней водности. Такая же картина наблюдается и в период Е+W.

Ключевые слова: гидрологические процессы, нестационарность речного стока, циклические колебания стока, гидроклиматические параметры, атмосферная циркуляция.

M. M. Moldakhmetov¹, L. K. Makhmudova², A. K. Mussina³, A. S. Abdullayeva^{*4}

¹Associate Professor, Candidate of Geographical Sciences, Director of the Agrobiological Research Center (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan; *mmoldahmetov64@mail.ru*)

²Associate Professor, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Water Resources (Institute of Geography and Water Security, Almaty, Kazakhstan; *mlk2002@mail.ru*)

³Candidate of Geographical Sciences, senior lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *ainur.musina@kaznu.edu.kz*)

⁴Master of Natural Sciences, lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *assel.abdullayeva@kaznu.edu.kz*)

STUDYING THE NON-STATIONARITY OF RIVER FLOW DURING LONG-TERM FLUCTUATIONS IN PLAIN RIVERS OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article analyzes meteorological and hydrological data for the Tobyl River basin. As a result of the study, a clear trend was observed in changes in air temperature values in the Tobyl River basin. And it was found that the fluctuation in precipitation values only during the cold period is statistically significant. An assessment of the summer-autumn and winter minimum flow of the Tobyl River basin showed that in the 80s of the last century, directional changes were observed in the flow characteristics. A connection has also been established between seasonal flow in the Tobyl River basin and synoptic conditions of various forms of atmospheric circulation. The relationship between the epochs of atmospheric circulation and the minimum flow of the river basin. The relationship between the epochs of atmospheric circulation and the minimum flow of the Tobyl River basin shows that the epoch E of the circulation form corresponds to a period of years with an average minimum flow below the norm, form C corresponds to minimum flow values exceeding the normal value, and form E + C, where form E predominates correspond to periods of minimum water flow close to normal in years of average water availability, the same picture is observed in the E+W period.

Keywords: hydrological processes, unsteadiness of river flow, cyclic fluctuations of flow, hydroclimatic parameters, atmospheric circulation.