ӘОЖ 556.5:536.535.5 ҒТАМР 37.27.23

ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНДЕГІ МҰЗ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ МЕН МЕТЕОЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ӨЗГЕРІСІН БАҒАЛАУ

Н.Ж. Турсын*, Д.Д. Арыстамбекова *PhD*

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: nurila_t@bk.ru

Бұл мақалада 1936...2021 жылдар аралығындағы Жайық өзенінің қазақстандық бөлігіндегі мұз құбылыстары мен метеорологиялық параметрлердің өзгеруі қарастырылды. Жайық өзені бойынша көп жылдар ішінде байқалған мұз құбылыстарының өзгерісі талданды. Ол үшін өзен бойында орналасқан әртүрлі бекеттердегі мұз құбылыстарының басталуы мен аяқталуы туралы көпжылдық деректер қолданылды. Нәтижесінде өзендегі мұз қату күндерінің кері шегерілуі, мұздан арылу құбылысының алдыға жылжуы және мұз жамылғысы ұзақтығының қысқару тенденциялары анықталды. Аумақтағы көпжылдық орташа ауа температураларының өзгерісін бағалау үшін Mann-Kendall критерийі және Sen's Slope әдісі қолданылды. Нәтижесінде жыл сайынғы ауа температураларының жоғарылауы 0,032...0,035 арасында екені анықталды. Сонымен қатар температураның және жауын-шашынның көпжылдық мәндерінің өзгеруіне, сондай-ақ олардың өзен ағындысына тигізетін әсеріне талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері жаһандық және жергілікті климаттық өзгерістер Жайық өзенінің мұз құбылыстары мен гидрологиялық сипаттамаларына айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді.

Түйін сөздер: Жайық өзені, мұз құбылыстары, метеорологиялық параметрлер, климаттық өзгерістер, мұз құбылыстарының ұзақтығы, ауа температурасы, су өтімі.

Қабылданды: 05.09.2024 ж.
DOI: 10.54668/2789-6323-2024-115-4-28-38

КІРІСПЕ

Климаттың өзгеруі және соның әсерінен табиғи процестердегі туындаған өзгерістер қазіргі заманның маңызды ғылыми және тәжірибелік мәселелерінің бірі болып табылады.

Бүгінгі таңда жаһандық жылыну жалпыға бірдей танылған құбылыс және ауа температурасының көтерілуі бүкіл әлемде байқалады деуге болады. Бұл өзгерістер барлық континенттер мен климаттық аймақтарға әсер етеді (Изменение климата, 2023). Ауа температурасының жылдан жылға табиғи түрде ауытқуы мүмкін болғанымен, БҰҰ-ның Климаттың өзгеруі жөніндегі халықаралық үкіметтік тобы соңғы 100 жылда тіркелген өзгеріс (жалпы жылыну үрдісі) соңғы мыңжылдықтарда бұрын-соңды болмаған деген қорытындыға келді. Яғни, соңғы жылдары ауа температурасының мәні айтарлықтай үлкен жылдамдықпен өсіп келеді.

БҰҰ-ның «Жаһандық климат 2011...2020: жеделдету онжылдығы» есебінде 1990 жылдан бері, әрбір онжылдықтың алдыңғы онжылдықтарға қарағанда жылырақ болғаны атап өтілген. 2011...2020 жылдар аралығы тарихтағы ең жылы кезең болған, 2011...2020 жылдардағы әлемдегі температура индустрияға дейінгі деңгейден 1,1 °C жоғары болды, бұл жылынудың айтарлықтай тенденциясын көрсетеді (A decade of.. 2023).

Өзендердегі мұз құбылыстарын зерттеуде жаһандық жылынудың әсерін қарастыру маңызды. Себебі, әлемнің барлық бөлігінде де жаһандық жылынуға байланысты өзендердегі мұздық режимі өзгеріске ұшырауда. Мысалы, Польша өзендерінде мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы 19-шы ғасырдан бері қысқарып келеді (Analysis of changes..., 2024) Ал Ресейдің кейбір өңірлерінде климаттық өзгерістер өзендердегі мұз құбылыстарының ұзақтығын азайтып, экожүйелерге кері әсерін тигізуде(River Ice Processes..., 2020) Азия аумағында да мұздың кейінірек қату процестері және өзендердің мұздан ертерек тазаруы байқалады. Мысалы,

Қытайдағы Хуанхэ өзенінде мұз қату әр онжылдықта 4,2...5,7 күннен кейінге шегеріліп отыру үстінде, ал мұздан тазару әр онжылдықта 5,7 және 3,3 күн ертерек орын алуда (Changes in river..., 2023).

Қазақстан аумағында да климаттың өзгеруі салдарынан мұздықтар мен су объектілерінің мұз режимі өзгеріске ұшырауда. 2022 жылғы климаттық шолуға сәйкес, Қазақстандағы климат соңғы онжылдықтарда тұрақты түрде жылынып келеді. 2013 пен 2022 жылдар аралығындағы орташа жылдық температура климаттық нормадан 1,33 °С-қа жоғары болған. Қазақстанның батыс өңірлерінде 2022 жылы температуралық ауытқулар +2,12 °С-қа жеткен (Обзор об особенностях климата..., 2022). Ж.К. Наурызбаеваның және Н.И. Ивкинаның Каспий теңізіне қатысты жүргізген зерттеулері климаттың өзгеруі салдарынан өзендегі мұз құбылыстарының байқалу уақытының, мұздың қалыңдығының және мұздың пайда болуы мен мұз еру мерзімдерінің өзгерістеріне әкелетінін көрсетті (Ивкина Н.И., 2015).

Жоғарыда келтірілген деректер Қазақстанның батыс аумағында ауа температурасның жоғарылауын, мұз құбылыстарының өзгерісін айқын көрсетеді. Бұл өңірдегі негізгі су артерияларының бірі – Жайық өзені болып табылады. Әсіресе, Атырау облысы аймағындағы халық тұтынатын судың 70 %-ы Жайық өзені арқылы қамтамасыз етіледі (Предварительные результаты..., 2016). Сонымен қатар, өзеннің су ресурстары ауылшаруашылық жерлерін суару және мұнай-газ секторының кәсіпорындары сияқты өндірістік нысандарды сумен қамтамасыз ету үшін пайдаланылады (Итоги работ..., 2018). Сондықтан, бұл жұмыста зерттеу нысаны ретінде Жайық өзені таңдап алынды.

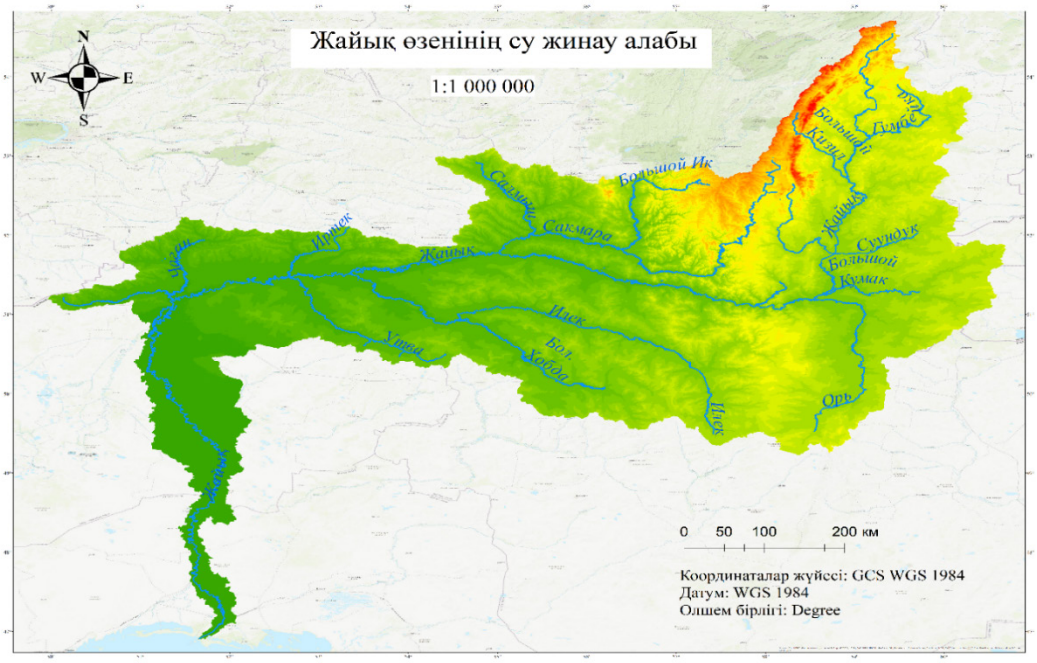
Зерттеу нысаны: Жайық өзені Оңтүстік Орал тауларынан басталып, оңтүстікке қарай ағып, Ресей мен Қазақстан аумағын кесіп өтіп, Каспий теңізіне барып құяды. Өзен ұзындығы 2428 шақырымды құрайды, ал Қазақстан аумағындағы ұзындығы 1084 шақырым. Су жинау алабының ауданы 231 мың км^2 құрайды. Басты салалары – Ор, Елек, Шыңғырлау (Утва), Гүмбейка, Үлкен Қараған, Сақмара және т.б. Негізгі қоректену көзі қар суы (Давлетгалиев С.К., 2011) (Ресурсы поверхностных вод). Берілген зерттеу жұмысында Жайық өзені алабының қазақстандық бөлігі қарастырылады.

Зерттеудің мақсаты – Жайық өзеніндегі мұз құбылыстарының және метеооэлементтердің көпжылдық өзгерістерін бағалау болып табылады. Осыған сәйкес зерттеудің міндеттері:

1. Жайық өзенінің мұз құбылыстарының көпжылдық динамикасын анықтау.
2. Аумақтағы көпжылдық орташа жылдық ауа температурасының өзгерісін талдау.
3. Ауа температурасы, жауын-шашын және орташа жылдық су өтімдерінің көпжылдық жүрісін талдау.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Гидрологиялық және метеорологиялық мәліметтер 1936...2021 жылдар аралығын қамтыды. Зертеу барысында аумақтағы мұз құбылыстарының өзгерісін анықтау үшін Орал, Көшім, Тайпақ, Махамбет, Атырау гидрологиялық бекеттерінен мұз құбылыстарын бақылау мәліметтері және аумақтағы метеоэлементтердің өзгерісін анықтау үшін Атырау, Орал және Тайпақ метеостанцияларынан алынған мәліметтер қолданылды. Жайық өзенінің су жинау алабы төмендегі суретте көрсетілген (1- сурет).



Сур. 1. *Жайық өзенінің су жинау алабы*

Жайық өзенің мұздық режимін талдау үшін өзендегі мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы, мұз құбылыстарының басталу және аяқталу уақытына, метеорологиялық сипаттамалардан ауа температурасы және жылдық жауын-шашын мөлшеріне басты назар аударылады. Талдау үшін деректер гидрологиялық жылнамалардан, сондай-ақ «Қазгидромет» РМК желісінен және Бүкілресейлік гидрометеорологиялық ақпарат ғылыми-зерттеу институтынан (ВНИИГМИ) алынды.

Зерттеу барысында, өзеннің мұздық режимін талдау үшін 1936...2021 жылдар аралығында бес гидрологиялық бекеттен жиналған мәліметтер қолданылды. Мұздық режимінің сипаттамаларының өзгеруін зерттеу кезінде екі кезең таңдап алынды: 1936...1980 жылдар және 1981...2021 жылдар. Бұл кезеңдер 1936...2021 жылдар аралығында Атырау, Тайпақ және Орал метеостанцияларында тіркелген орташа ауа температураларының жиынтық интеграл қисығын тұрызып, оны талдау негізінде бөлінді.

Аумақтағы көпжылдық орташа ауа температураларындағы өзгерістердің тенденцияларын анықтауға және бағалауға мүмкіндік беретін статистикалық әдістер қолданылды: а) Mann-Kendall критерийі: Бұл параметрлік емес тест уақыт қатарындағы монотонды трендтерді анықтау үшін қолданылады. Ол трендтің қалыпты таралуын немесе сызықтығын ескермей, деректердегі жүйелі өзгерісті тексереді (Hamed, K.H., 2018). б) Sen's Slope көлбеуі: Sen's Slope әдісі уақыт қатарларындағы трендтің көлбеуін, яғни өзгеру жылдамдығын бағалау үшін қолданылады (Mavromatis et al., 2011).

Мұндағы басты назар аудару қажет параметрлер:

– Z: Манн-Кендалл тестінің статистикасы. Егер Z>0 болса, тренд оң, ал Z<0 болса, тренд теріс дегенді білдіреді.

– p мәні: байқалған трендтің кездейсоқ пайда болу ықтималдығы. Мән неғұрлым кішкентай болса (0.05-тен төмен) трендтің статистикалық маңызы жоғары.

– Tau: Трендтің күші мен бағытын көрсететін корреляция коэффициенті. 1-ге жақын мән оң трендті, ал -1-ге жақын мән теріс трендті көрсетеді.

– Sen ' s Slope: Әдіс бойынша тренд сызығының көлбеуін бағалау. Оң мән өсу тенденциясын, теріс - төмендеуді көрсетеді.

– Sen ' s Slope үшін 95 %: Тренд сызығының шынайы көлбеуінің 95 % ықтималдығы бар диапазоны (сенімділік аралығы).

1930...2021 жылдар аралығындағы температураның ауытқу динамикасын талдау үшін жылдық температура мәндерінің деректеріне талдау жүргізілді. Ол үшін аталған метоеостанциялардан алынған көпжылдық орташа ауа температураларының мәндері және

оған қатысты жылжымалы орташаның мәндері бойынша график тұрғызылып, оған тренд сызығы жүргізілді. Жылжымалы орташа мәндерді есептеу үшін 10-жылдық жылжымалы орташа әдісі қолданылды, сонымен қатар тренд сызығын анықтау үшін сызықтық регрессия әдісі пайдаланылды. Ауа температураларының өзгерісін нақтырақ бағалау үшін ДМҰ-ның (Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым) базалық кезеңіне қатысты ауытқулары есептелді.

Климаттық және гидрологиялық сипаттамалардың ұзақ мерзімді өзгерістерін сипаттау үшін Атырау, Орал, Тайпақ метеостанциялары мен Атырау, Көшім, Махамбет гидрологиялық бекеттерінің мәліметтері негізінде кешенді графиктері тұрғызылды.

Мұз құбылыстарының орташа даталары мен ұзақтығы арифметикалық орташа мәндері арқылы анықталды:

– Мұз құбылыстарының пайда болу күні: өзенде мұз жамылғысының пайда болу күні.

– Мұз құбылыстарының аяқталу күні: мұздың толық еруі және өзеннің мұз қабатынан босатылған күні.

– Мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы: өзен мұзбен жабылған күндер саны (Агафонова и др., 2016) (Данченко Р.В., 1987).

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Жайық өзеніні алабындағы көпжылдық бақылаулардың деректеріне сүйене отырып, көпжылдық жауын-шашынның және ауа температураларының трендтері мен магнитудалық өзгерістері параметрлік емес Mann-Kendall критерийі, Sen’s Slope көлбеуі арқылы анықталды.

Төмендегі кестеде Атырау, Тайпақ, Орал МС бойынша көпжылдық орташа ауа температураларының трендтерін талдау көрсетілген (1-кесте).

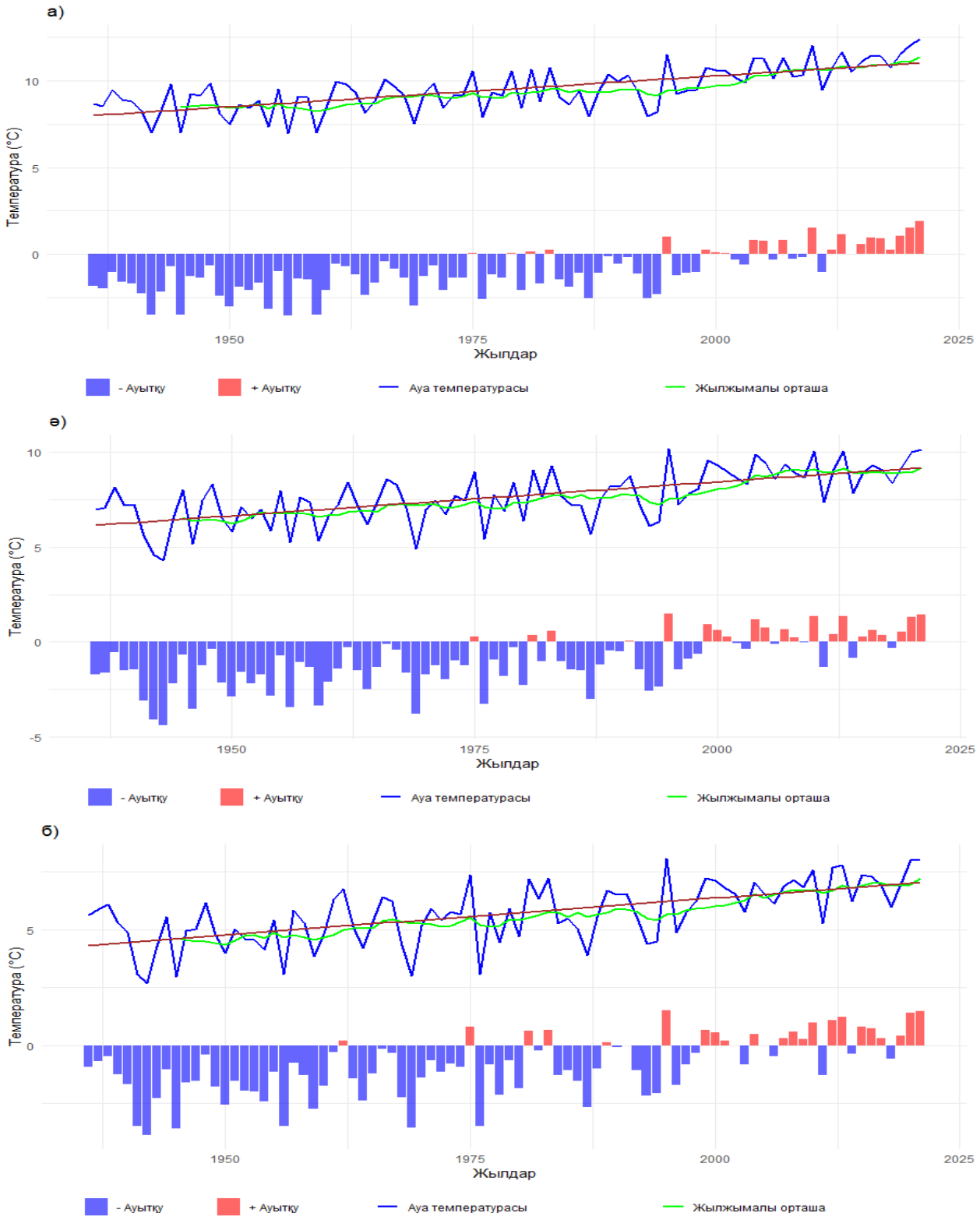
Кесте 1

Атырау, Тайпақ, Орал МС бойынша көпжылдық орташа ауа температураларының трендтердін талдау (Mann-Kendall және Sen’s Slope критерийлері)

МС	z	p-value	S	Var(S)	Tau	Sen's Slope	Sen ' s Slope үшін 95 % сенімділік аралығы
Атырау	6,99 (n=86)	2,754e-12	1,875+03	7,188e+04	0,513	0,035	0,0271...0,0442
Тайпақ	6,27 (n=86)	3,528e-10	1,683e+03	7,188e+04	0,460	0,033	0,0246...0,0423
Орал	6,02 (n=86)	1,744e-09	1,615e+03	7,188e+04	0,442	0,032	0,0230...0,0418

Есептеу барысында алынған нәтижелерді талдайтын болсақ, барлық метеостанцияда көпжылдық ауа температураларының статистикалық маңызды өсу үрдісі көрінеді. Жыл сайынғы ауа температурасының орташа өсуі Атырау, Тайпақ, Орал МС үшін сәйкесінше 0,035, 0,033 және 0,032 °С/жыл құрайды.

Атырау, Тайпақ және Орал метеостанцияларындағы ауа температурасының өзгерісін талдау 1930...2021 жылдар аралығында жүргізілді. Төмендегі суретте ауа температураларының көпжылдық мәндерінің (°С) ауытқулары мен 1991...2020 жылдардағы ДМҰ базалық кезеңіне қатысты есептелген ауытқулар көрсетілген. 1936...2020 жылдар аралығындағы сызықтық тренд қоңыр түспен ерекшелеп көрсетілген (2- сурет).

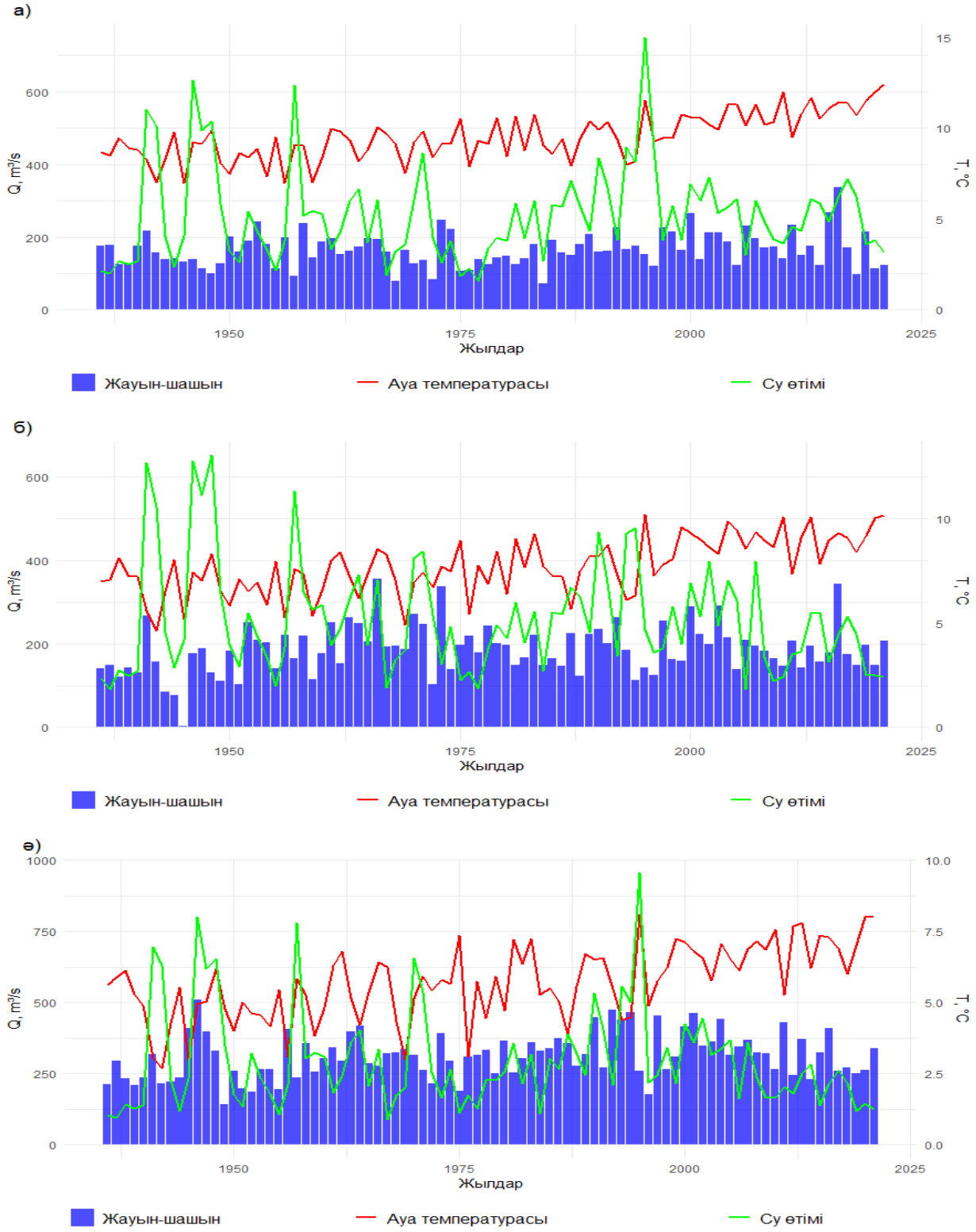


Сур.2. *1930..2021 жылдар кезеңінде а)Атырау, ә)Тайпақ, б)Орал МС бойынша ауа температурасының жылдық мәндерінің (°C) ауытқуларының уақытша қатарлары*

Көрсетілген графиктерден ауа температураларының оң тренді байқалады. ДМҰ-ның 1991...2020 жылдардағы базалық кезеңіне қатысты соңғы онжылдықтарда ауа температурасының жоғары ауытқуы көрінеді. Барлық метеостанцияларда 1990-шы жылдардан бастап оң ауытқулар көп екенін байқауға болады, бұл жаһандық жылынуға сәйкес ауа температураларының айтарлықтай өсуін көрсетеді.

Климаттық және гидрологиялық сипаттамалардың ұзақ мерзімді өзгерістерін сипаттау үшін 1936...2021 жылдар аралығындағы температураның, жауын-шашынның және су өтімдерінің көпжылдық өзгерісіне бағалау

жүргізілді. Төмендегі графиктер 85 жыл ішінде жиналған деректердің кешенді талдауын көрсетеді (3-сурет). Графиктер Атырау метеостанциясы мен Атырау гидрологиялық бекеті, Орал метеостанциясы мен Көшім гидрологиялық бекетінің, сондай-ақ Тайпақ метеостанциясы мен Махамбет гидрологиялық бекетінің мәліметтері негізінде тұрғызылды.



Сур. 3. *Жайық өзені бойынша ағынды мен метеоэлементтердің кешенді көпжылдық жүрісі (1936...2021 жж). а) Атырау метеостанциясы – Атырау гидрологиялық бекеті, ә) Орал метеостанциясы – Көшім гидрологиялық бекеті, б)Тайпақ метеостанциясы – Махамбет гидрологиялық бекеті*

1936 жылдан 2020 жылға дейін берілген станцияларда көпжылдық су өтімнің, жауын-шашынның және ауа температурасының динамикасы көрінеді. Ауа температурасының мәні тұрақты түрде жоғарылаған, әсіресе 1980 жылдардан бастап көтерілу байқалады. Соңғы жылдары максималды мәндерге жеткен. Жауын-шашын бойынша да біршама жылдық ауытқулар бар, бірақ ұзақ мерзімді тренд байқалмайды. Жылдық су өтімі болса 1993...1995 жылдардағы қалыптан тыс шыңды қоспағанда, төмендей түскен.

Жайық өзенінің мұз режиміндегі өзгерістерді бағалау үшін мұз қабатының пайда болу және аяқталу күндеріне, сондай-ақ мұз қабатының ұзақтығына талдау жүргізілді. Төменде келтірілген кестеде 1937...2021 жылдар аралығындағы Жайық өзеніндегі мұз құбылыстарының пайда болу, аяқталу және байқалу ұзақтығы туралы мәліметтер келтірілген (2-кесте). Бұл мәліметтер өзеннің мұз режиміндегі көпжылдық өзгерістерді талдауға мүмкіндік береді.

Кесте 2

Жайық өзенінде мұз құбылыстарының пайда болу, аяқталу күндері және байқалу ұзақтығы (1937...2021 жж.)

Бекет	Күндері		Мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығы
	Мұз құбылыстарының басталуы	Мұз құбылыстарының аяқталуы	
	1936...1980 жж.		
Жайық өзені –Орал қаласы	09.11	13.04	155
Жайық өзені – Көшім ауылы	10.11	14.04	155
Жайық өзені – Тайпақ ауылы	16.11	09.04	144
Жайық өзені – Махамбет ауылы	19.11	02.04	134
Жайық өзені – Атырау қаласы	21.11	30.03	129
	1981...2021 жж.		
Жайық өзені –Орал қаласы	16.11	09.04	144
Жайық өзені – Көшім ауылы	17.11	09.04	143
Жайық өзені – Тайпақ ауылы	24.11	06.04	133
Жайық өзені – Махамбет ауылы	24.11	28.03	124
Жайық өзені – Атырау қаласы	26.11	23.03	117

Есептеу нәтижелері көпжылдық кезеңдегі мұз құбылыстарының басталу және аяқталу уақытындағы өзгерістерді, сондай-ақ өзен мұзбен жабылған кезеңнің ұзақтығындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік берді:

Кестеге талдау жасасақ 1936...1980 жылдар аралығында мұз құбылыстарының басталуы 9 қарашадан 21 қарашаға дейін, ал аяқталуы 30 наурыздан 14 сәуірге дейін өзгерген. 1981...2021 жылдар аралығында мұз құбылыстарының басталуы 16 қарашадан 26 қарашаға дейін, ал аяқталуы 23 наурыздан 10 сәуірге дейін ауысқан. Қарастырылып отырған 6 бекеттің әрқайсысында да мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығының қысқаруы байқалады. Орал қаласында ұзақтығы 155 – тен 144 күнге дейін, Көшім ауылында – 155 – тен 143 күнге дейін, Тайпақ ауылында – 144-тен 133 күнге дейін, Махамбет ауылында-134-тен 124 күнге дейін, Атырауда қаласында-129-дан 117 күнге дейін қысқарған. Кесте 1981...2021 жылдардағы өзендегі мұздың пайда болуының кеш басталуы мен ертерек аяқталуын, 1936...1980 жылдармен салыстырғанда мұз құбылыстарының ұзақтығының 10...12 күнге қысқарғанын көрсетеді. Бұл төмендеу жаһандық және жергілікті климаттың өзгеруіне байланысты болуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста мұз құбылыстарының пайда болу және өзеннің мұздан тазару күндері туралы тарихи деректер талданды, орташа су өтімдерінің, ауа температурасы мен жауын - шашын мәндерінің көпжылдық өзгерісі бағаланды. Жайық өзенінің мұздық режиміндегі өзгерістерді бағалау үшін мұз қабатының пайда болу және аяқталу күндеріне, мұз құбылыстарының байқалу ұзақтығына талдау жүргізілді. Бұл параметрлер көпжылдық кезеңдегі мұз құбылыстарының басталу және аяқталу уақытындағы өзгерістерді, сонымен қатар өзен

мұзбен жабылған кезеңнің ұзақтығындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелерін қорытындай келе, соңғы жылдары Жайық өзені алабында ауа температурасының жоғарылағаны байқалады, Алынған нәтижелер басқа да Қазақстандық зерттеушілердің нәтижелерімен сәйкес келеді (Ивкина, 2015) (Кисебаев, 2020) (Смагулов, 2021) (Арыстамбекова, 2022), Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері келесідей өзгерістерді көрсетеді:

– соңғы жылдары Жайық өзені бойынша ағындының төмендеу үрдісі байқалады;

– қазіргі кезде өзенде мұз қату мерзімі артқа шегеріліп жатыр;

– ал мұздың еру құбылысы ерте байқалу үстінде;

– 1936...1980 жылдармен салыстырғанда мұз құбылыстарының ұзақтығы 10...12 күнге қысқарған.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Агафонова С. А., Фролова Н. Л., Василенко А. Н., Широкова В. А. Ледовый режим и опасные гидрологические явления на реках Арктической зоны европейской территории России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2016. – № 67. – С. 41–49.

2. Арыстамбекова Д. Д., Сайлаубек А. М. Жайық алабы өзендерінің көпжылдық мұздық режимінің өзгерісін бағалау // География және су ресурстары. – 2022. – № 2. – С. 12–18.

3. Белдеубаев Е. Е., Сальников В. Г. О сроках установления и разрушения ледяного покрова на озере Балхаш в современных климатических условиях // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 1. – С. 6–16.

4. Вуглинский В. С. Оценка изменений характеристик ледового режима водных объектов для различных регионов страны в современных климатических условиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2014. – № 3. – С. 32–45.

5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [Электрондық ресурс]. – URL: http://www.meteoinfo.ru (қаралған күні: 06.06.2024).

6. Давлетгалиев С.К. Поверхностные водные ресурсы Жайык-Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидроме-теорология и экология. –2011.–No 1. –С. 56-66.

7. Данченко Р. В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 247 с.

8. Ивкина Н. И., Галаева А. В., Саиров С. Б., Долгих С. А., Смирнова Е. Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе у с. Кушум на перспективу до 2050 г. с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2020. – № 3. – С. 52–69.

9. Ивкина Н. И., Наурозбаева Ж. К. Изменение характеристик ледового режима казахстанской части Каспийского моря в связи с изменением климата // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 2. – С. 28–35.

10. Изменение климата, 2023 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Х. Ли и Х. Ромеро / МГЭИК. – Женева, Швейцария, 2023. – 184 с.

11. Кисебаев Д. К. Изменение стока реки Жайык в условиях антропогенного воздействия и изменения климата // Вопросы географии и геоэкологии. – 2020. – № 2. – С. 40–45.

12. Kochanek, K., Rutkowska, A., Baran-Gurgul, K., Kuptel-Markiewicz, I., Mirosław-Świątek, D., & Grygoruk, M. (2024). Analysis of changes in the occurrence of ice phenomena in upland and mountain rivers of Poland. PLoS ONE, 19(7), e0307842. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307842.

13. Mavromatis, T., & Stathis, D. (2011). Response of the water balance in Greece to temperature and precipitation trends. Theoretical and Applied Climatology, 104, 13–24.

14. Fukś, M. (2023). Changes in river ice cover in the context of climate change and dam impacts: a review. Aquatic Sciences, 85, 113. https://doi.org/10.1007/s00027-023-01011-4.

15. Обзор особенностей климата на территории Казахстана. РГП «Казгидромет», г. Астана. – Астана, 2022. – 40 с.

16. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало- Эмбинский район / Под ред. З.Г. Марковой–Л.: Гидрометеоиздат, 1966. –152 с.

17. Hamed, K. H. (2008). Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis. Journal of Hydrology, 349, 350–363.

18. Yang, D., Park, H., Prowse, T., Shiklomanov, A., & McLeod, E. (2021). River Ice Processes and Changes Across the Northern Regions. In: Yang, D., & Kane, D. L. (Eds.), Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems (pp. 509–530). Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-030-50930-9_13.

19. Смагулов Ж. Ж. Внутригодовые изменения стока реки Жайык и его основных притоков // География и водные ресурсы. – 2021. – № 3. – С. 38–44.

20. UNECE. Предварительные результаты исследований по р. Жайык (Урал) [Электрондық ресурс]. – URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Transboundary_Rivers_Study_in_Kazakhstan_Ural_River_Feb_2017.pdf (қаралған күні: 06.06.2024).

21. WMO. The Global Climate 2011–2020: A decade of accelerating climate change [Электрондық ресурс]. – URL: https://library.wmo.int/records/item/68585-the-global-climate-2011-2020 (қаралған күні: 06.06.2024).

REFERENCES

1. Agafonova, S. A., Frolova, N. L., Vasilenko, A. N., Shirokova, V. A. (2016). Ledovyi rezhim i opasnye gidrologicheskie yavleniya na rekakh Arkticheskoi zony evropeiskoi territorii Rossii [Ice regime and hazardous hydrological phenomena on the rivers of the Arctic zone of the European territory of Russia]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya, vol. 67, pp. 41–49 [in Russian].

2. Arystambekova, D. D., Sailaubek, A. M. (2022). Zhaiyq alaby özenderınıñ köpzhyldyq mūzdyq rezhimınıñ özgerısın bağalau [Assessment of changes in the long-term ice regime of the Zhaiyk River]. Geografiya zhäne su resurstary, no. 2, pp. 12–18 [in Kazakh].

3. Beldeubaev, E. E., Sal'nikov, V. G. (2021). O srokakh ustanovleniya i razrusheniya ledyanogo pokrova na ozere Balkhash v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh [On the dates of formation and destruction of ice cover on Lake Balkhash in modern climatic conditions]. Gidrometeorologiya i ekologiya, no. 1, pp. 6–16 [in Russian].
4. Vuglinskii, V. S. (2014). Otsenka izmenenii kharakteristik ledovogo rezhima vodnykh ob»ektov dlya razlichnykh regionov strany v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh [Assessment of changes in the characteristics of ice regime of water bodies for different regions of the country in modern climatic conditions]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya, no. 3, pp. 32–45 [in Russian].
5.Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovoi tsentr dannykh [Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center] [Electronic resource]. – URL: http://www.meteoinfo.ru (accessed: 06.06.2024).
6. Davletgaliev, S. K. (2011). Poverkhnostnye vodnye resursy Zhaiyk-Kaspiiskogo basseina v granitsakh Respubliki Kazakhstan [Surface water resources of the Zhaiyk-Caspian basin within the Republic of Kazakhstan]. Gidrometeorologiya i ekologiya, no. 1, pp. 56–66 [in Russian].
7. Danchenko, R. V. (1987). Ledovyi rezhim rek SSSR [Ice regime of rivers of the USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 247 pp. [in Russian].
8. Ivkina, N. I., Galaeva, A. V., Sairov, S. B., Dolgikh, S. A., Smirnova, E. Yu. (2020). Otsenka godovogo stoka reki Zhaiyk (Ural) v stvore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. s uchetom izmeneniya klimata [Assessment of annual river flow of the Zhaiyk (Ural) at the Kushum station until 2050 considering climate change]. Gidrometeorologiya i ekologiya, no. 3, pp. 52–69 [in Russian].
9. Ivkina, N. I., Naurozbaeva, Zh. K. (2015). Izmenenie kharakteristik ledovogo rezhima kazakhstanskoi chasti Kaspiiskogo morya v svyazi s izmeneniem klimata [Changes in the ice regime characteristics of the Kazakh part of the Caspian Sea due to climate change]. Gidrometeorologiya i ekologiya, no. 2, pp. 28–35 [in Russian].
10. Izmenenie klimata, 2023 g.: Obobshchayushchii doklad. Vklad Rabochikh grupp I, II i III v Shestoi otsenochnyi doklad Mezhpravitel'stvennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata / Pod red. Kh. Li i Kh. Romero / MGEIK. (2023). Izmenenie klimata 2023: Obobshchayushchii doklad [Climate change, 2023: Synthesis Report]. MGEIK, Geneva, Switzerland, 184 pp. [in Russian].
11. Kisebaev, D. K. (2020). Izmenenie stoka reki Zhaiyk v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya i izmeneniya klimata [Changes in the flow of the Zhaiyk River under anthropogenic influence and climate change]. Voprosy geografii i geoekologii, no. 2, pp. 40–45 [in Russian].
12. Kochanek, K., Rutkowska, A., Baran-Gurgul, K., Kuptel-Markiewicz, I., Mirosław-Świątek, D., Grygoruk, M. (2024). Analysis of changes in the occurrence of ice phenomena in upland and mountain rivers of Poland. PLoS ONE, 19(7), e0307842. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307842.
13. Mavromatis, T., Stathis, D. (2011). Response of the water balance in Greece to temperature and precipitation trends. Theoretical and Applied Climatology, 104, pp. 13–24.
14. Fukś, M. (2023). Changes in river ice cover in the context of climate change and dam impacts: a review. Aquatic Sciences, 85, 113. https://doi.org/10.1007/s00027-023-01011-4.
15. Obzor osobennostei klimata na territorii Kazakhstana. RGP «Kazgidromet», g. Astana. (2022). – Astana, 40 pp. [in Russian].
16. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion / Pod red. Z.G. Markovoi (1966). L.: Gidrometeoizdat, 152 pp. [in Russian].
17. Hamed, K. H. (2008). Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis. Journal of Hydrology, 349, pp. 350–363.
18. Yang, D., Park, H., Prowse, T., Shiklomanov, A., McLeod, E. (2021). River Ice Processes and Changes Across the Northern Regions. In: Yang, D., & Kane, D. L. (Eds.), Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems (pp. 509–530). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50930-9_13.
19. Smagulov, Zh. Zh. (2021). Vnutrigodovye izmeneniya stoka reki Zhaiyk i ego osnovnykh pritokov [Intra-annual changes in the flow of the Zhaiyk River and its main tributaries]. Geografiya i vodnye resursy, no. 3, pp. 38–44 [in Russian].
20. UNECE. Predvaritel'nye rezul'taty issledovanii po r. Zhaiyk (Ural) [Preliminary results of the study on the Zhaiyk River (Ural)] [Electronic resource]. – URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Transboundary_Rivers_Study_in_Kazakhstan_Ural_River_Feb_2017.pdf (accessed: 06.06.2024).
21. WMO. The Global Climate 2011–2020: A decade of accelerating climate change [Electronic resource]. – URL: https://library.wmo.int/records/item/68585-the-global-climate-2011-2020 (accessed: 06.06.2024).

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ И МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ В РЕКЕ ЖАЙЫК

Н.Ж. Турсын*, Д.Д. Арыстамбекова *PhD*

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: nurila_t@bk.ru

В данной статье рассмотрены изменения ледовых явлений и метеорологических параметров реки Жайык в период 1936...2021 гг. Проанализированы изменения ледниковых явлений, наблюдавшиеся за многие годы вдоль реки Жайык. Для этого были использованы многолетние данные о начале и окончании ледниковых явлений на различных станциях, расположенных вдоль реки. В результате установлено, что сроки образования льда на реке сместились на более поздние сроки, очищение реки ото льда сместилась на более ранние сроки, а продолжительность существования ледяного покрова уменьшилась. Критерий Манна-Кендалла и метод Sen's Slope использовались для оценки изменения средних многолетних температур воздуха на территории. В результате определено, что годовое повышение температуры воздуха находится в пределах 0,032...0,035. Кроме того, был проведен анализ изменения многолетних значений температуры и осадков, а также их влияния на сток реки. Результаты исследования показывают, что глобальные и локальные изменения климата оказывают существенное влияние на ледовые явления и гидрологические характеристики реки Жайык.

Ключевые слова: Река Жайык, ледовые явления, метеорологические параметры, климатические изменения, продолжительность ледовых явлений, температура воздуха, расход воды.

ASSESSMENT OF LONG-TERM CHANGES IN ICE PHENOMENA AND METEOROLOGICAL ELEMENTS IN THE ZHAIYK RIVER

N.Zh. Tursyn*, D.D. Arystambekova *PhD*

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: nurila_t@bk.ru

This article examines the changes in ice phenomena and meteorological parameters of the Zhaiyk River during the period from 1936 to 2021. The changes in ice phenomena observed over many years along the Zhaiyk River were analyzed. For this, long-term data on the start and end of ice phenomena at various stations along the river were used. As a result, it was established that the formation of ice on the river has shifted to later dates, the clearing of the river from ice has shifted to earlier dates, and the duration of the ice cover has decreased. The Mann-Kendall test and the Sen's Slope method were used to assess the changes in long-term average air temperatures in the region. As a result, it was determined that the annual air temperature increase is within the range of 0,032...0,035. Additionally, changes in long-term values of temperature and precipitation, as well as their impact on river discharge, were analyzed. The study results show that global and local climate changes have a significant impact on ice phenomena and the hydrological characteristics of the Zhaiyk River.

Keywords: Zhaiyk River, ice phenomena, meteorological parameters, climatic changes, duration of ice phenomena, air temperature, water discharge.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Турсын Нурила Жанатқызы – магистрант 2-го курса, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, nurila_t@bk.ru

Арыстамбекова Динара Дандыбаевна – PhD, ст. преподаватель, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, d_arystambekova@mail.ru

Турсын Нурила Жанатқызы – 2-ші курс магистрант, әл -Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71, nurila_t@bk.ru

Арыстамбекова Динара Дандыбаевна – PhD, аға оқытушы, әл -Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71, d_arystambekova@mail.ru

Tursyn Nurila – 2nd year master's student, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, al-Farabi ave., 71, nurila_t@bk.ru

Arystambekova Dinara – PhD, senior lecture, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, al-Farabi ave., 71, d_arystambekova@mail.ru

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/ Authors' contribution:

Турсын Н.Ж. – проведение расчетов, проведение анализа, подготовка и редактирование текста

Арыстамбекова Д.Д. – разработка концепции, разработка методологии

Турсын Н.Ж. – есептеулер жүргізу, талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу

Арыстамбекова Д.Д. – тұжырымдаманы әзірлеу, әдіснаманы әзірлеу

Tursyn N.Zh. – calculations, analyses, text preparation and editing

Arystambekova D.D. – concept development, methodology development