




Д.К. Кисебаев<sup>1\*</sup> , Г.Т. Мусралинова<sup>1</sup> , С.М. Марченко<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Университет Аляски, США, г. Фэрбенкс

\*e-mail: daulet-ktl@mail.ru

## ВЕСЕННИЕ ЛЕДОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА Р. ЖАЙЫК (УРАЛ)

В экономике Казахстана реки играют огромное значение, это обусловлено континентальным климатом исследуемых районов Казахстана, при котором осуществляется обеспечение водоснабжением населения и агропромышленного комплекса, которое требует целесообразного использования водных ресурсов с учетом интегрированного управления ими. Также на крупных реках республики осуществляется судоходство и рыболовство. Планирование работы всех отраслей экономики требует учета особенностей гидрологического режима реки в каждом из сезонов года.

В данном научном исследовании рассматриваются весенние ледовые процессы на р. Жайык (Урал). Произведен анализ полученных результатов с результатами ранее проведенных научных исследований, в частности с данными справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР – Нижнее Поволжье и Западный Казахстан». Как показали исследования, наблюдается тенденция более раннего вскрытия реки, прохождения ледохода и очищения реки ото льда.

Были проанализированы различные периоды, но основное внимание было уделено условно-естественному (с 1937 по 1957 гг.) и нарушенному (конец XX – начало XXI веков) процессам ледовых явлений с использованием длиннопериодных наблюдений на гидрологических станциях.

Лед на реках играет фундаментальную роль в биологических, химических и физических процессах. Кроме того, лед может иметь огромное экономическое влияние на речные процессы и промышленные разработки на реках. Все технические операции и процессы на реке могут существенно измениться из-за изменения толщины и плотности ледового покрова, а также времени его появления или освобождения реки от ледового покрова.

**Ключевые слова:** река Жайык, весенние ледовые процессы, первые ледовые явления, ледоход, подвижка льда, вскрытие, продолжительность ледового периода.

D.K. Kisebayev<sup>1\*</sup>, G.T. Musralinova<sup>1</sup>, S.M. Marchenko<sup>2</sup>

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

University of Alaska, USA, Fairbanks

\*e-mail: daulet-ktl@mail.ru

## Spring ice processes at the zhayik river (ural)

Rivers are playing a huge role in the economy of Kazakhstan - this is due to the continental climate and dryness of the some areas of the Kazakhstan, in which water supply is provided to the population, as well as to the agro-industrial system and infrastructure. It is requiring the expedient use of water resources, taking into account the integrated management of them. Also on large rivers of the republic carries out navigation and fishing. Planning the work of all sectors of the economy requires taking into account the peculiarities of the hydrological regime of the river in each of the seasons of the year.

This research are considering spring ice processes on the Zhaiyk (Ural) River. The results obtained from our research were compared with the data of previous scientific studies from the reference book "Surface water resources of the USSR - Lower Volga River Region and Western Kazakhstan." The result shown, there is a trend of earlier opening of the river, passing ice drift and clearing the river from ice.

Various periods were analyzed, but the main attention was paid to the natural conditions from 1937 to 1957 and disturbed (by what? What is the cause of the disturbance?) between 20th and early 21st centuries, using long-term observation from the hydrologic stations.

Ice on rivers plays a crucial role in biological, chemical and physical processes. In addition, ice can have a substantial economic impact on river functionality. All operations and processes on the river can change significantly, due to changes in the thickness and density of the ice cover, as well as the time of its appearance or purification of the river.

**Key words:** Zhaiyk River, spring ice, processes first ice phenomena, ice drift, ice movement, river opening, duration of ice period.

Д.К. Кисебаев<sup>1\*</sup>, Г.Т. Мусралинова<sup>1</sup>, С.М. Марченко<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>Аляска университеті, АҚШ, Фэрбенкс қ.  
\*e-mail: daulet-ktl@mail.ru

### Жайық (Орал) өзеніндегі көктемгі мұз процестері

Қазақстан экономикасында өзендер үлкен маңыздылыққа ие – бұл елдің континенттік климатына байланысты, ондағы халықты сумен қамтамасыз ету және суды кешенді дұрыс пайдалануды талап ететін агроөнеркәсіптік ресурстармен негізделеді. Сондай-ақ ірі өзендерде кемелер жүзуі және балық аулау жүзеге асырылады. Экономиканың барлық салалары жұмысын жоспарлау үшін жылдың әрбір маусымындағы гидрологиялық режимнің ерекшеліктерін ескеруді талап етеді.

Бұл зерттеу жұмысында Жайық (Орал) өзеніндегі көктемгі мұздық процестері қарастырылды. Алынған нәтижелерді бұрынғы жұмыстардың нәтижелерімен, атап айтқанда, «СССР жерүсті суларының ресурстары» анықтамалығының деректерімен талдау жүргізілді. Зерттеу көрсеткендей, өзенде мұз қозғалу үрдісінің ертерек басталуы, мұз жүру және өзеннің мұздан тазалануы байқалды.

Әртүрлі кезеңдер талданды, бірақ басты назар ұзын қатарлы станциялар мәліметтерін қолдана отырып 1937 жылдан 1957 жыл аралығындағы шартты-табиғи кезең және XX ғасырдың соңы мен XXI ғасыр басындағы кезеңге мән берілді.

Биологиялық, химиялық және физикалық процестердің қалыптасуында өзендердегі мұздар негізгі рөл атқарады. Сонымен қатар, мұз өзендер шаруашылығына үлкен экономикалық әсер етуі мүмкін. Барлық операциялар мен процестер мұздың қалыңдығының өзгеруіне немесе оның пайда болу және жоғалу уақытына байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

**Түйін сөздер:** Жайық өзені, көктемгі мұздық процестер, алғашқы мұздық құбылыстар, мұз жүру, мұздың жылжуы, мұздың ашылуы, ұзақтығы.

### Введение

Река Жайық (Урал) является основной рекой Западного Казахстана. Она берет свое начало в Уральских горах (РФ) и впадает в Каспийское море, общая протяженность реки на территории Республики Казахстан составляет 2428 км (Чибилев А.А., 2008). Одними из важных направлений исследований является изучение гидрологического, термического и ледового режима реки. В основу данного исследования легли ряды длиннопериодных наблюдений по трем гидрологическим постам реки Жайык (Урал) – г. Уральск, пос. Махамбет и г. Атырау.

На основании данных о расходах воды с гидрологических створов пос. Махамбет и с. Кушум весь период исследований был условно разделен на несколько этапов:

1. 1936-1957 гг. – условно-естественный, описывающий гидрологический режим реки до строительства и ввода в эксплуатацию Ириклинского водохранилища, расположенного в верховьях реки в Оренбургской области.

2. 1958-1990 гг. – условно-нарушенный, под влиянием антропогенной деятельности.

3. 1991-2019 гг. – нарушенный, под влиянием антропогенной деятельности и климатических изменений.

Периоды были выделены согласно расчетам по изменению стока реки, а также согласно расчетам ученых, занимающихся изучением изменения стока данной реки (Ивкина, 2016) (Кисебаев, 2020). По проведенным расчетам на створах, расположенных в с. Кушум и г. Атырау, было выявлено 3 периода – с 1921 по 1957 год – условно-естественный, с 1958 по 1990 год – условно-нарушенный и с 1991 года – по настоящее время – нарушенный, а по створу пос. Махамбет выявлены 2 периода – с 1932 по 1975 год – условно-естественный и с 1975 года – по настоящее время – нарушенный.

После анализа метеорологических расчетов, произведенных по данным 3 метеорологических станций (пос. Чапаево, пос. Махамбет, г. Атырау), расположенных вдоль русловой части, река была условно разделена три гидрологических отрезка (района):

а) Северный район – от гидрологического створа пос. Январцево до створа с. Тайпак;

б) Центральный район – гидрологические створы пос. Индербор и Махамбет;

в) Южный район – на отрезке между гидрологическими створами г. Атырау и с. Жанаталап.

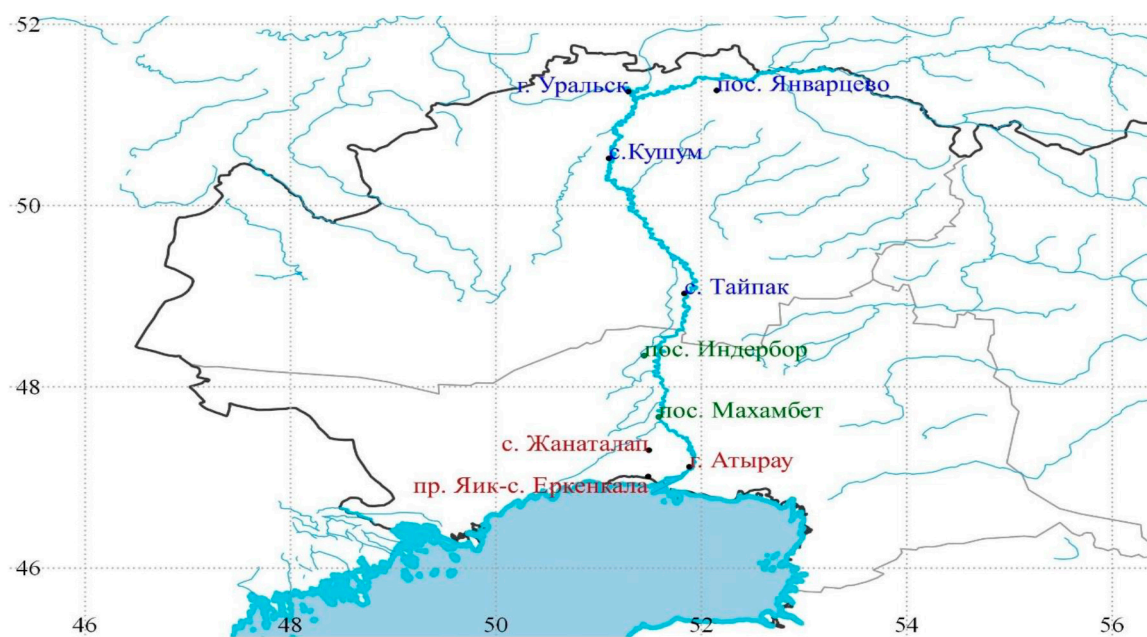


Рисунок 1 – Расположение гидрологических постов на р. Жайык.

Сложный характер ледового режима обусловлен значительной протяженностью реки по долготе и различными гидрометеорологическими условиями некоторых районов (Кисебаев, Бейсенбаева, 2021). Исследования ледовых процессов крайне важны для многих видов народного хозяйства, зимнего рыболовства, определения периода навигации и т.д. (Водные ресурсы и водное хозяйство Урала, 1977).

#### Материалы и методы исследований

Объектом исследования является ледовый режим реки Жайык (Урал). В настоящем исследовании были использованы данные наблюдений гидрометеорологической сети РГП (Республиканское государственное предприятие) «Казгидромет», а именно данные по гидрологическим постам (г. Уральск, с. Кушум, пос. Махамбет и г. Атырау) и метеорологическим станциям (г. Уральск, пос. Чапаево, пос. Махамбет и г. Атырау). Выборка данных производилась за гидрологический год. Средние даты и продолжительность весенних ледовых процессов вычислены как средние арифметические по отобранному данным. Гидрологические расчеты производились за период с 1937 по 2020 гг., а метеорологические – с 1930 по 2020 гг., лишь на метеостанции пос. Махамбет использовались данные с 1970 по 2020 гг.

#### Вскрытие р. Жайык.

Весной, в межсезонье при устойчивом переходе суточной температуры воздуха через 0 градусов Цельсия (без учета радиационного энергетического баланса на поверхности ледового покрова), когда сумма положительных аномалий преобладает над отрицательными, начинается процесс вскрытия льда на реке. Основными факторами вскрытия ледового покрова на реке являются солнечная радиация, поступление тепла из воздуха (адвентивный процесс теплообмена), а также с теплой водой – механическое воздействие талой воды (термоэрозия, термоабразия). Процесс вскрытия начинается с таяния снега на льду, талая вода снега ослабляет лед. Лед у берегов начинает таять по причине теплообмена с грунтом и стекающими с него талыми водами, а также вследствие поднятия уровней воды у берегов и образования закраин и промоин (Ледовый режим рек СССР, 1987).

За дату вскрытия реки берут время возникновения талой воды, текущей поверх льда, промоин, закраин, трещин в ледяном покрове и т.д. В таблице 1 приведены средние, ранние и поздние даты вскрытия реки на гидрологических постах.

**Таблица 1** - Даты вскрытия льда на р. Жайык за период с 1937 по 2020 гг.

Период	Дата	Гидрологический пост		
		г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937-1957	Средняя	102* 12 апреля	89 30 марта	87 28 марта
	Ранняя	85 26 марта (1946-1947 гг.)	67 8 марта (1943-1944 гг.)	62 3 марта (1945-1946 гг.)
	Поздняя	120 30 апреля (1937-1938 гг.)	104 14 апреля (1951-1952 гг.)	102 12 апреля (1953-1954 гг.)
1958-1990	Средняя	93 (-9)** 3 апреля	85 (-4) 26 марта	85 (-2) 26 марта
	Ранняя	77 (-8) 18 марта (1989-1990 гг.)	62 (-5) 3 марта (1989-1990 гг.)	70 (+8) 11 марта (1989-1990 гг.)
	Поздняя	111 (-9) 21 апреля (1963-1964 гг.)	101 (-3) 11 апреля (1968-1969 гг.)	98 (-4) 8 апреля (1963-1964 гг.)
1991-2020	Средняя	89 (-13) 30 марта	74 (-15) 15 марта	69 (-18) 10 марта
	Ранняя	71 (-14) 12 марта (2008-2009 гг.)	50 (-17) 19 февраля (1999-2000 гг.)	48 (-14) 17 февраля (2015-2016 гг.)
	Поздняя	102 (-18) 12 апреля (1995-1996 гг.)	95 (-9) 5 апреля (1993-1994 гг.)	98 (-4) 8 апреля (1997-1998 гг.)

\* Число дней от 1.01

\*\* Сдвигка (в сутках) на более ранние сроки дат вскрытия льда относительно периода 1937-1957 гг.

Процессы вскрытия р. Жайык претерпели определенные изменения. Так, например, с юга на север сроки вскрытия наблюдаются раньше на 18, 15 и 13 дней соответственно, если сравнивать периоды условно-естественного стока и нарушенного. Говоря о наиболее ранних датах вскрытия реки в различные периоды, можно заметить, что в период 1991-2020 гг. они отмечались на 14-17 дней раньше относительно периода 1937-1957 гг., а в случаях более поздних дат сдвиг произошел на 4-18 дней в сторону более раннего, с южной части в сторону северного соответственно. Таким образом, анализ данных за 83 года показывает, что даты вскрытия

смещаются в сторону более ранних сроков. Главной причиной данного смещения можно считать изменение климата, а именно повышение температуры воздуха, а также влияние человеческой деятельности.

**Ледоход на р. Жайык.** Ледоходом принято считать время, когда ледяной покров на реке разбивается на отдельные льдины и начинает смещаться по траектории движения реки.

В среднем ледоход на реке Жайык (Урал) начинается с третьей декады марта в южной и центральной частях, а затем в северной части – первой или второй декаде апреля.

**Таблица 2** – Даты ледохода на р. Жайык за период с 1937 по 2020 год

Период	Дата	Гидрологический пост		
		г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1	2	3	4	5
1937-1957	Средняя	104 14 апреля	90 31 марта	87 28 марта
	Ранняя	90 31 марта (1946-1947 гг.)	67 8 марта (1943-1944 гг.)	62 3 марта (1945-1946 гг.)
	Поздняя	114* 24 апреля (1941-1942 гг.)	104 14 апреля (1941-1942 гг.)	102 12 апреля (1951-1952 гг.)



1	2	3	4	5
1958-1990	Средняя	97 (-7)** 7 апреля	87 (-3) 28 марта	85 (-2) 26 марта
	Ранняя	83 (-7) 24 марта (1980-1981 гг.)	69 (+2) 10 марта (1989-1990 гг.)	70 (+8) 11 марта (1989-1990 гг.)
	Поздняя	114 (0) 24 апреля (1963-1964 гг.)	102 (-2) 12 апреля (1963-1964 гг.)	97 (-5) 7 апреля (1958-1959 гг.)
1991-2020	Средняя	95 (-9) 5 апреля	80 (-10) 21 марта	75 (-12) 16 марта
	Ранняя	83 (-7) 24 марта (2000-2001 гг.)	59 (-8) 28 февраля (2001-2002 гг.)	51 (-11) 20 февраля (1999-2000 гг.)
	Поздняя	106 (-8) 16 апреля (1995-1996 гг.)	96 (-8) 6 апреля (1993-1994 гг.)	98 (-4) 8 апреля (1997-1998 гг.)

\* Число дней от 1.01

\*\* Сдвигка (в сутках) в сторону более ранних (-) или поздних (+) сроков дат начала ледохода относительно периода 1937-1957 гг.

Из таблицы 2 следует, что с юга на север сроки начала ледохода теперь наблюдаются раньше на 12, 10 и 9 дней соответственно. Изменения также произошли в датах самого раннего и самого позднего начала ледохода. Сдвигка самых ранних дат с юга на север происходит в сторону более ранних сроков, причем наибольшая разница (11 дней) наблюдается на юге в районе города Атырау: здесь самая ранняя дата начала ледохода в период с 1937 по 1957 гг. отмечалась 3 марта 1946 года, а в период с 1991 по 2020 гг. – 20 февраля 2000 года. Изменения самой поздней даты начала

ледохода имеют противоположный характер: наибольшая сдвигка в более раннюю сторону наблюдается на севере, в гидрологическом створе города Уральск (8 дней), где самое позднее начало ледохода было 16 апреля 1996 года. На рисунке 2 представлено фото ледохода на р. Жайык (Урал) выше гидрологического створа г. Оренбург, предоставленное специалистами Федерального государственного бюджетного учреждения (ФБГУ) «Приволжское управление гидрометеорологической службы (УГМС)».



Рисунок 2 – Ледоход на р. Жайык (Урал)

### Продолжительность весенних ледовых процессов.

Продолжительность весенних ледовых процессов на р. Жайык (Урал) в основном зависит от термических условий окружающей среды, т.к.

река протекает с севера на юг, поэтому вскрытие начинается с низовой реки и постепенно уходит в ее верховья (Р.П.В. СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан, 1970). В среднем на различных участках реки продолжительность может варьировать от 2 до 10 дней.

**Таблица 3** - Продолжительность весенних ледовых процессов на р. Жайык (Урал) за период с 1937 по 2020 год

Период	Число дней	Гидрологический пост		
		г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937-1957	Среднее	4	5	6
	Наибольшее	12 (1954-1955 гг.)	10 (1943-1944 гг.)	23 (1946-1947 гг.)
	Наименьшее	1 (1937-1938 гг.)	1 (1955-1956 гг.)	1 (1948-1949 гг. 1950-1951 гг.)
1958-1990	Среднее	9 (+4)**	6 (+1)	2 (-4)
	Наибольшее	20 (+8) (1988-1989 гг.)	27 (+17) (1984-1985 гг.)	14 (-9) (1985-1986 гг.)
	Наименьшее	3 (+2) (1962-1963 гг. 1969-1970 гг. 1975-1976 гг.)	1 (0) (1961-1962 гг. 1964-1965 гг.)	1 (0)
1991-2020	Среднее	10 (+6)	10 (+5)	10 (+4)
	Наибольшее	25 (+13) (2008-2009 гг.)	21 (+11) (1994-1995 гг.)	20 (-3) (2019-2020 гг.)
	Наименьшее	3 (+3) (1998-1999 гг. 2001-2002 гг. 2003-2004 гг.)	1 (+0) (2000-2001 гг. 2006-2004 гг.)	3 (+2) (1991-1992 гг. 1997-1998 гг. 2002-2003 гг. 2003-2004 гг.)

\*\* Изменение (в сутках) продолжительности весенних ледовых процессов в меньшую (-) или большую (+) сторону относительно периода 1937-1957 гг.

Из таблицы 3 следует, что продолжительность ледовых процессов весной за весь период наблюдений с 1937 по 2020 год может различаться в среднем пределах от 2 до 10 дней, в отдельные годы процессы вскрытия и очищения могут происходить всего лишь за 1 день, например, в 1938, 1956, 1949, 1951 гг. и в отдельные годы XXI века. Если сравнивать продолжительность весенних процессов в ранние и поздние периоды, то видно, что изменение климата повлияло на их продолжительность: весенние процессы стали более растянутыми по времени. Это обусловлено тем, что значительно более ранние весенние процессы происходят менее интенсивно, с постоянной сменой волн тепла и холода.

При этом следует отметить, что, несмотря на более продолжительные, чем раньше, весенние процессы, очищение ото льда р. Жайык происходит в настоящее время в более ранние сроки. Если сравнивать средние сроки вскрытия р.

Жайык по трем пунктам (табл. 1), плюс средняя продолжительность весенних процессов в этих же створах (табл. 3) за периоды 1937-1957 и 1991-2020 гг. соответственно, то получится, что, несмотря на более растянутые весенние процессы, в настоящее время период вскрытия и ледохода на реке заканчивается раньше.

В районе г. Уральск: в период 1937-57 гг. средняя дата вскрытия – 12.04, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 4 дня; в период 1991-2020 гг. средняя дата вскрытия – 30.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 10 дней, т.е. на 7 дней раньше.

В районе пос. Махамбет: в период 1937-57 гг. средняя дата вскрытия – 30.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 5 дней; в период 1991-2020 гг. средняя дата вскрытия – 15.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 10 дней, т.е. на 10 дней раньше.

В районе г. Атырау: в период 1937-57 гг. средняя дата вскрытия – 28.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 6 дней; в период 1991-2020 гг. средняя дата вскрытия – 10.03, средняя продолжительность весенних ледовых процессов – 10 дней, т.е. на 14 дней раньше.

Влияние факторов различного рода (антропогенных и климатических) на сроки вскрытия, дат начала ледохода и продолжительность весенних ледовых процессов довольно четко прослеживается в направлении течения реки (с севера на юг).

### Опасные ледовые явления на р. Жайык.

Накопленные ледяные образования в русле реки во время ледохода в весеннее время, являю-

щиеся причиной стеснения живого сечения реки и сопровождающиеся также подъемом уровня воды в реке, называются затором. Современные исследования очень часто показывают, что изменение климата и антропогенная деятельность влияют на гидрологический режим рек, но если антропогенная деятельность влияет косвенным образом, то климатические изменения имеют прямое влияние на возможные изменения в гидрологическом и ледово-термическом режимах (Агафонова и др., 2016). В таблице 4 представлен каталог таких опасных гидрологических ледовых явлений, как заторы, за период с 1937 по 2020 гг. по всем гидрологическим постам, расположенным вдоль русловой части р. Жайык (Урал).

Таблица 4 – Каталог заторных явлений на р. Жайык (Урал) за период с 1937 по 2020 гг.

Годы	Гидрологический пост	Где отмечался (выше - ▲ / ниже - ▼ гидрологического поста)	Продолжительность, дни
1	2	3	4
1966 г.	с. Кушум	▲	3
1967 г.	с. Кушум	▲	5
1969 г.	с. Кушум	▼	3
1970 г.	с. Кушум пос. Махамбет	▲▼ ▲	1+2 1
1971 г.	с. Кушум	▲	3
1972 г.	с. Кушум	▲	3
1973 г.	г. Уральск с. Кушум	▼ ▼	1 1
1974 г.	с. Кушум	▲	1
1975 г.	с. Кушум	▼	2
1979 г.	с. Кушум	▼	2
1981 г.	с. Кушум	▼	2
1982 г.	с. Кушум	▼	2
1985 г.	г. Уральск с. Кушум	▼ ▼	1 3
1987 г.	с. Кушум	▲	2
1993 г.	с. Кушум	▼	1
1994 г.	пос. Январцево	▲	1
1995 г.	пос. Январцево с. Кушум	▲ ▼	2 2
1999 г.	с. Кушум	▼	6
2001 г.	с. Кушум	▲	2
2002 г.	с. Кушум	▲	1
2004 г.	пос. Январцево	▼	2
2009 г.	пос. Январцево	▼	1
2011 г.	пос. Январцево с. Кушум	▼ ▼	1 1
2013 г.	с. Кушум	▲	2

1	2	3	4
2014 г.	с. Кушум с. Жанаталап пр. Яик – с. Еркенкала	▲ ▼ ▼	1 4 4
2015 г.	пос. Январцево с. Кушум	▲ ▲	4 1
2016 г.	пос. Январцево с. Кушум	▲ ▼	2 3
2017 г.	пос. Январцево г. Уральск с. Кушум	▲ ▼ ▼	2 3 2
2018 г.	пос. Январцево г. Уральск с. Кушум пос. Махамбет	▼ ▼ ▼ ▼	2 1 1 6

Составление таких каталогов является очень важной и неотъемлемой задачей (Агафонова, Банщикова, Магрицкий, 2021) по причине того, что река Жайык (Урал) является крупнейшей ре-

кой региона и вследствие заторных явлений могут быть подтопления близлежащих территорий. В таблице 5 обобщены заторные явления за различные периоды.

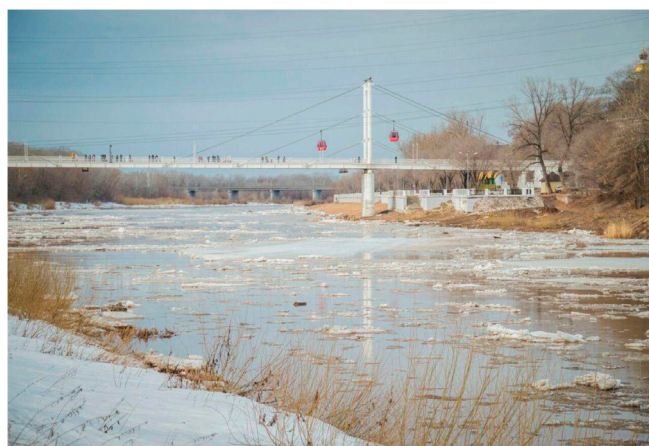
**Таблица 5** – Количество случаев заторных явлений на р. Жайык (Урал) за период с 1937 по 2020 гг.

Период	Количество случаев (Гидрологические посты, на которых отмечались заторы)
1937-1957 гг.	0
1958-1990 гг.	17 (г. Уральск, с. Кушум, пос. Махамбет)
1991-2020 гг.	26 (пос. Январцево, г. Уральск, с. Кушум, пос. Махамбет)

Из таблицы 5 видно, что количество заторов на р. Жайык резко увеличилось. Можно предположить, что это связано в первую очередь с изменением климата и более растянутыми весенними процессами,

препятствующими быстрому очищению реки ото льда.

На рисунке 3 дано фото затора льда на реке Жайык (Урал) в створе г. Оренбург, предоставленное специалистами ФБГУ «Приволжское УГМС».



**Рисунок 3** – Затор льда на р. Жайык (Урал)



## Выводы

На основе полученных результатов были сделаны соответствующие выводы. Так, проведенные исследования показали, что на фоне потепления климата и увеличения частоты стихийных явлений наблюдается тенденция более раннего вскрытия реки Жайык (Урал), прохождения ледохода и увеличение продолжительности весенних ледовых процессов.

Кроме того, подводя итоги научных исследований ледовых процессов на реке Жайык (Урал), следует отметить:

- в настоящее время разрушение ледяного покрова в среднем происходит во второй – третьей декаде марта;
- в настоящее время очищение реки ото льда в среднем происходит во второй половине марта, начале апреля;
- средняя продолжительность весенних ледовых процессов увеличилась с 4-6 до 10 дней;
- изменение характеристик ледового режима во время вскрытия в последние десятилетия выражается в смещении сроков в сторону более ранних дат. Наиболее часто сроки смещаются в южной части р. Жайык (18 дней);
- количество заторов на р. Жайык резко увеличилось по сравнению с предыдущими периодами.

## Литература

- Абдрахимов Р.Г. Зимний режим рек: Учебное пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2004. – 76 с.
- 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. – №6. – С. 41-49.
- Агафонова С.А., Банщикова Л.С., Магрицкий Д.В. Ледотермический режим рек трансграничного бассейна Урала и последствия его изменения // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Сочи, 20-25 сентября 2021 г, место издания ЛИК Новочеркасск, с. 8-12.
- Балабанова З.М. Ириклинское водохранилище на р. Урал // Вопросы водного хозяйства и гидрологии Урал. – Свердловск, 1961. – Выпуск 1. – С. 33-51.
- Водные ресурсы и водное хозяйство Урала // под ред. А.М. Черняева. – Свердловск: Изд-во Средне-Урал, 1977. – 177 с.
- Гальперин Р.И., Абдрахимов Р.Г. Некоторые особенности ледового и уровенного режима нижнего течения реки Урал, как аналога канала переброски стока сибирских рек. Сборник научных трудов «Союзводпроект». – М., 1984. – С. 27-40.
- Голубцов В.В., Линейцева А.В. О поступлении стока в Республику Казахстан по реке Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2010. – №1. – С. 84-88.
- Данченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 247 с.
- Ефремова Т.В., Пальшин Н.И. Сроки ледовых явлений на водоемах северо-запада России // Метеорология и гидрология. – 2011. – №8. – С. 89-98.
- Ежегодники по стихийным гидрометеорологическим явлениям, наблюдавшимся на территории Казахстана // Издания с 1990 по 2018 годы. РГП «Казгидромет», г. Алматы.
- Ивкина Н.И. Изменение притока воды в Каспийское море в результате антропогенного воздействия и изменения климата на примере р. Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №3. – С. 50-55.
- 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.
- Кисебаев Д.К. Изменение стока реки Жайык в условиях антропогенного воздействия и изменения климата // Вопросы географии и геоэкологии. – 2020. – №2. – С.40-45
- Кисебаев Д.К., Бейсенбаева С.Ж. Особенности ледообразования на р. Жайык // Гидрометеорология и экология. – 2021. – №1
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. – Т. 12, Вып. II. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 512 с.
- Рымша В.А. Ледовые исследования на реках и водохранилищах. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. – 190 с.
- Седьмое Национальное сообщение Республики Казахстан в Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2016.
- Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Завадский А.С., Крыленко И.Н. Оценка опасности гидрологических явлений на региональном и локальном уровнях // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, № 3. – 2014. – С. 58-74.
- Фролова Н.Л., Агафонова С.А. Многолетние изменения ледового режима рек России // в сборнике Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.И. Алексеевского, место издания ГЕОС М., 2012. – С. 430-440.
- Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Рулева С.Н., Сурков В.В., Жук В.А., Широкова В.А. Особенности ледового режима и процессов заторообразования на р. Томь // Сборнике «Ледовые и термические процессы на водных объектах России»: труды III всероссийской конференции, место издания ИВП РАН Москва. – 2011. – С. 269-276.
- Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. – Екатеринбург: Изд-во «СВ-96», 2008. – 310 с.
- Yundi Jiang, Wenjie Dong, Song Yang, Jun Ma. Long-Term Changes in Ice Phenology of the Yellow River in the Past Decades Journal of Climate, 2008 – P. 4879-4886 - DOI: 10.1175/2008JCLI1872.1

Hotaek Park, Yasuhiro Yochikawa,<sup>1</sup> Kazuhiro Oshima, Youngwook Kim, Thanh Ngo-Duk, Jonh S. Kimball, Daging Quantification of Warming Climate-Induced Changes in Terrestrial Arctic River Ice Thickness and Phenology *Journal of Climate*, 2016 – P. 1733-1754 - DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0569.1

T.D. Prowse, B.R. Bonsal, C.R. Duguay, M.P. Lacroix River-ice break-up/freeze-up: a review of climatic drivers, historical trends and future predictions *Annals of Glaciology*, 2007 – P. 443-451.

John J. Magnuson,<sup>1\*</sup> Dale M. Robertson,<sup>2</sup> Barbara J. Benson,<sup>1</sup> Randolph H. Wynne,<sup>3</sup> David M. Livingstone,<sup>4</sup> Tadashi Arai,<sup>5</sup> Raymond A. Assel,<sup>6</sup> Roger G. Barry,<sup>7</sup> Virginia Card,<sup>8</sup> Esko Kuusisto,<sup>9</sup> Nick G. Granin,<sup>10</sup> Terry D. Prowse,<sup>11</sup> Kenton M. Stewart,<sup>12</sup> Valery S. Vuglinski <sup>13</sup> Historical Trends in Lake and River Ice Cover in the Northern Hemisphere *Science*, 2000 - P. 1743-1946.

## References

Abdrahimov R.G. Zimnij rezhim rek: Uchebnoe posobie [Winter regime of rivers: Tutorial]. – Almaty: Kazak universiteti, 2004. – 76 s.

Agafonova S.A., Frolova N.L., Vasilenko A.N., Shirokova V.A. Ledovyy rezhim i opasnye gidrologicheskie javleniya na rekah Arkticheskoy zony Evropejskoj territorii Rossii [Ice regime and hazardous hydrological phenomena on the rivers of the Arctic zone of European Russia] // *Vestnik moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografija*. – 2016. - №6. – S.41-49.

Agafonova S.A., Bانشhikova L.S., Magrickij D.V. Ledotermicheskiy rezhim rek transgranichnogo bassejna Urala i posledstviya ego izmenenija [Ice-thermal regime of the rivers of the transboundary basin of the Ural and the consequences of its changes] // *Transgranichnye vodnye ob#ekty: ispol'zovanie, upravlenie, ohrana: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, g. Sochi, 20-25 sentjabrja 2021 g, mesto izdanija LIK Novocherkassk, s. 8-12.*

Balabanova Z.M. Iriklienskoe vodohranilice na r. Ural [Iriklin reservoir on the Ural River] // *Voprosy vodnogo hozjajstva i gidrologii Ural*. – Sverdlovsk. – 1961. – Vypusk 1. – S.33-51.

Vodnye resursy i vodnoe hozjajstvo Urala [Water resources and water management of the Ural] // pod redakciej A.M. Chernjaeva. – Sverdlovsk: - Izd-vo Sredne-Ural. – 1977. – 177 s.

Gal'perin R.I., Abdrahimov R.G. Nekotorye osobennosti ledovogo i urovnjonno go rezhima nizhnego techenija reki Ural, kak analoga kanala perebroski stoka sibirskih rek [Some features of the ice and level regime of the lower part of the Ural River, as an analogue of the channel for transferring the runoff of Siberian rivers]. *Sbornik nauchnyh trudov «Sojuzvodproekt»*. – Moskva. – 1984. – S.27-40.

Golubcov V.V., Linejceva A.V. O postuplenii stoka v Respubliku Kazahstan po reke Zhajyk (Ural) [About the inflow of runoff into the Republic of Kazakhstan on the Ural River] // *Gidrometeorologija i jekologija*. – 2010. - №1. – S.84-88.

Danchenko R.V. Ledovyy rezhim rek SSSR [Ice regime of the rivers of the USSR]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. – 247 s.

Efremova T.V., Pal'shin N.I. Sroki ledovyh javlenij na vodoemah severo-zapada Rossii [Dates of ice phenomena on the water bodies of the north-western Russia] // *Meteorologija i gidrologija*. – 2011. - №8. – S.89-98.

Ezhegodniki po stihijnym gidrometeorologicheskim javlenijam, nabljudavshimsja na territorii Kazahstana [Yearbooks on natural hydrological phenomena observed on the territory of Kazakhstan] // *Izdanija s 1990 po 2018 gody. RGP «Kazgidromet», g. Almaty.*

Ivkina N.I. Izmenenie pritoka vody v Kaspijskoe more v rezul'tate antropogennogo vozdejstvija i izmenenija klimata na primere r. Zhajyk (Ural) [Changes in the inflow of water into the Caspian Sea as result of anthropogenic impact and climate change on the example of the river Zhajyk] // *Gidrometeorologija i jekologija*. – 2016. - №3. – S.50-55.

Ivkina N.I., Galaeva A.V., Sairov S.B., Dolgih S.A., Smirnova E.Ju. Ocenka godovogo stoka reki Zhajyk (Ural) v svore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. S ucheto m izmenenija klimata // *Gidrometeorologija i jekologija* [Assesment of the annual runoff of the Zhajyk River at the site near the Kushum station for the future up to 2050, taking into account climate change]. – 2020. - №3. – S.52-69.

Kisebaev D.K. Izmenenie stoka reki Zhajyk v uslovijah antropogennogo vozdejstvija i izmenenija klimata [Changes in the flow of the Zhajyk River under the conditions of anthropogenic impact and climate change] // *Voprosy geografii i geojekologii*. – 2020. - №2. – S.40-45

Kisebaev D.K., Bejsenbaeva S.Zh. Osobennosti ledoobrazovanija na r. Zhajyk [Features of ice formation on the Zhajyk River] // *Gidrometeorologija i jekologija*. – 2021. -№1

Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan, - T.12, Vyp. II. Uralo-Jembinskij rajon [Resources of surface waters of the USSR. Lower Volga region and Western Kazakhstan, - Vol.12. Issue 2. Ural-Emba district]. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 512 s.

Rymsha V.A. Ledovye issledovanija na rekah i vodohranilishhah [Ice research on rivers and reservoirs]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1959. -190 s.

Sed'moe Nacional'noe soobshhenie Respubliki Kazahstan Ramochnoj konvencii OON ob izmenenii klimata [Seventh National report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change]. – Astana, - 2016.

Frolova N.L., Agafonova S.A., Zavadskij A.S., Krylenko I.N. Ocenka opasnosti gidrologicheskikh javlenij na regional'nom i lokal'nom urovnjah [Assessment of dangerous hydrological phenomena at the regional and local levels] // *Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie, № 3*. – 2014. – S.58-74.

Frolova N.L., Agafonova S.A. Mnogoletnie izmenenija ledovogo rezhima rek Rossii [Long-term changes in the ice regime of Russian rivers] // v sbornike *Zakonomernosti gidrologicheskikh processov. Pod red. N.I.Alekseevskogo, mesto izdanija GEOS Moskva*. – 2012. - S.430-440.

Frolova N.L., Agafonova S.A., Ruleva S.N., Surkov V.V., Zhuk V.A., Shirokova V.A. Osobennosti ledovogo rezhima i processov zatoroobrazovanija na r.Tom' [Features of the ice regime and processes of ice jam formation on the Tom river] // v sbornike *Ledovye i termicheskie processy na vodnyh ob#ektah Rossii: trudy III vsrossijskoj konferencii, mesto izdanija IVP RAN Moskva*. – 2011. – S.269-276.

Chibilev A.A. Bassejn Urala: istorija, geografija, jekologija [Ural River basin: history, geography, ecology]. – Ekaterenburg: Izd-vo «SV-96», 2008. – 310 s.

Yundi Jiang, Wenjie Dong, Song Yang, Jun Ma. Long-Term Changes in Ice Phenology of the Yellow River in the Past Decades *Journal of Climate*, 2008 – P. 4879-4886 - DOI: 10.1175/2008JCLI1872.1

Hotaek Park, Yasuhiro Yochikawa,<sup>1</sup> Kazuhiro Oshima, Youngwook Kim, Thanh Ngo-Duk, Jonh S. Kimball, Daging Quantification of Warming Climate-Induced Changes in Terrestrial Arctic River Ice Thickness and Phenology *Journal of Climate*, 2016 – P. 1733-1754 - DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0569.1

T.D. Prowse, B.R. Bonsal, C.R. Duguay, M.P. Lacroix River-ice break-up/freeze-up: a review of climatic drivers, historical trends and future predictions *Annals of Glaciology*, 2007 – P. 443-451.

John J. Magnuson,<sup>1\*</sup> Dale M. Robertson,<sup>2</sup> Barbara J. Benson,<sup>1</sup> Randolph H. Wynne,<sup>3</sup> David M. Livingstone,<sup>4</sup> Tadashi Arai,<sup>5</sup> Raymond A. Assel,<sup>6</sup> Roger G. Barry,<sup>7</sup> Virginia Card,<sup>8</sup> Esko Kuusisto,<sup>9</sup> Nick G. Granin,<sup>10</sup> Terry D. Prowse,<sup>11</sup> Kenton M. Stewart,<sup>12</sup> Valery S. Vuglinski <sup>13</sup> Historical Trends in Lake and River Ice Cover in the Northern Hemisphere *Science*, 2000 - P. 1743-1946.