



## Аномальная ледовая обстановка на горных реках Юго-Восточного Казахстана – причина формирования водоледяных селей

**В.В. Жданов**

*АО «Институт географии и водной безопасности» МОН РК, Алматы, Казахстан,  
Zhdanovvitaliy@yandex.ru*

**Аннотация.** Были проанализированы архивные данные о ледовых явлениях в 20 веке. В условиях мягкого предгорного климата периоды сильного мороза явление редкое. За зиму может отмечаться 1-2 периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 15 градусов мороза, сохраняющихся в течении 5-15 дней. В этот период повсеместно на горных реках отмечается аномальная ледовая обстановка. Наблюдатели на гидрологических постах регистрируют подъем уровня воды и скопления внутриводного и донного льда. Рост уровня может достигать 100-120 см. Во время потепления ледостав может потерять устойчивость и стать причиной формирования водоледяных селей. Из-за слабой изученности водоледяных селей их невозможно прогнозировать. В настоящее время возможно только спрогнозировать аномальную ледовую обстановку по сумме отрицательных температур воздуха. Предложенный метод прогноза необходим для предупреждения населения об опасной обстановке на горных реках.

**Ключевые слова:** водоледяной сели, горные реки, ледостав, ущерб, резкое похолодание

**Ссылка для цитирования:** Жданов В.В. Аномальная ледовая обстановка на горных реках Юго-Восточного Казахстана – причина формирования водоледяных селей. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 565–570.

## Abnormal ice situation on the mountain rivers of South-East Kazakhstan as a sign of formation of ice-water flows

**V.V. Zhdanov**

*JSC “Institute of Geography and Water Safety” MES RK, Almaty, Kazakhstan,  
Zhdanovvitaliy@yandex.ru*

**Abstract.** The archival data on ice phenomena in the 20th century were analyzed. In the conditions of a mild foothill climate, periods of severe frosts are a rare occurrence. During the winter, there may be 1-2 periods with an average daily air temperature below 15 degrees below zero, lasting for 5-15 days. During this period, abnormal ice conditions were observed everywhere on mountain rivers. Observers at hydrological posts record water level rising and accumulations of intra-water and bottom ice. Level growth can reach 100-120 cm. During the warming, ice formation can become unstable and cause the formation of ice-water flows. Due to the poor knowledge of the ice-water flows, it is impossible to predict them. At present, it is only possible to predict abnormal ice conditions by the sum of negative air temperatures. The proposed forecast method is necessary to warn the population about the dangerous situation on the mountain rivers.

**Key words:** ice-water flows, mountain rivers, freezing, damage, sudden temperature drop

**Cite this article:** Zhdanov V.V. Abnormal ice situation on the mountain rivers of South-East Kazakhstan as a sign of formation of ice-water flows. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 565–570.

## Введение

На реках Алматинской области после периодов сильных похолоданий отмечалось прохождение водолеяных потоков. Эти потоки отличались от заторов и зажоров на равнинных реках, и обладали селеподобным характером движения [Степанов, 1985]. Они наносили незначительный ущерб водохозяйственным объектам в руслах рек [Назаров, 1968]. Катастрофических размеров явление достигало два раза, когда были отмечены жертвы и ущерб [Яфязова, 2007].

## Цели и задачи исследований

Водолеяные зимние потоки привлекли к себе внимание после трагической гибели людей в январе 2006 г. Изучением этого опасного явления начали заниматься специалисты РГП «Казгидромет» и Института географии. Целью работы было изучение этого опасного явления на реках Юго-Восточного Казахстана (Алматинская область). Внимание уделялось исследованию условий формирования аномальной ледовой обстановки на горных реках. Необходимо было выявить основные метеорологические и гидрологические характеристики, приводящие к накоплению внутриводного и донного льда. Для разработки научного обоснования методов борьбы с этим явлением сначала необходимо собрать и систематизировать архивные сведения о водолеяных потоках.

## Изученность вопроса

Водолеяные потоки – один из видов селевых потоков, в которых твердая составляющая представлена обломками льда с участием снега и обломков горных пород. Водолеяные сели бывают ледникового и речного генезиса. Водолеяные сели речного генезиса образуются в период зимних оттепелей вследствие срыва ледяных порогов из донного льда или прорывов снежных завалов, созданных лавинами. Твердая составляющая потока формируется из тел ледяных порогов, снежных завалов, наледей, шуги и русловых отложений. В настоящее время эти потоки относят к параселевым (селеподобным) явлениям. В литературе используются синонимы: водолеяный поток [Гляциологический словарь, 1984] или водолеяной сел [Перов, 2012].

Изучением этого явления на горных реках Казахстана занимался Н.А. Назаров [Назаров, 1968]. По его данным в 60-е годы водолеяные сели отмечались на реках Алматинской и Восточно-Казахстанской областей. Потоки затрудняли работу водохозяйственных систем в зимнее время. В 2000-х годах изучением этого вопроса занимался отдел селевых проблем РГП «Казгидромет» [Степанов, 2009]. Большая работа по систематизации данных о зимних селях была проведена Киренской Т.Л. [Селевые явления юго-восточного Казахстана, 2016]. Информация собиралась из различных источников, в том числе и из архивов «Казгидромета» и «Казселезащиты».

## Результаты исследований

Ледяные образования в руслах, приводящие к формированию водолеяных селей на горных реках Алматинской области, возникают при среднесуточной температуре воздуха ниже минус 13-15 °С. В ходе похолоданий образуется внутриводный и донный лед. Условия, благоприятствующие этим процессам, создаются при резком понижении температуры воздуха, когда ледяной покров на реках еще не успел сформироваться. Теплообмен воды с воздушными массами происходит на больших площадях при малой глубине водного потока и интенсивном его перемешивании [Чижев, 1972].

На сети наблюдательных пунктов РГП «Казгидромет» в этом случае регистрировались следующие гидрологические явления: внутриводный и донный лед, заборы, резкий подъем уровня воды и отмечались заторно-зajorные явления.

При уровне воды в сезон осенне-зимней межени в 20 см, высота ледяных ступеней может достигать 2,5-3,0 м. По данным гидрологического поста Алматы-Дамба в период прохождения водоледяных селей уровень воды с учетом внутриводного льда составлял более 80-90 см. Средний расход воды в зимний период составляет 1,0-1,5 м<sup>3</sup>/с. В период накопления внутриводного льда расход не измерялся.

Были изучены метеорологические условия формирования больших скоплений внутриводного и донного льда на р. Киши Алматы. Установлено, что аномальная ледовая обстановка существует, когда метеорологические характеристики резко отличаются от средних климатических значений (отрицательная аномалия суточных температур воздуха достигала 10°C) [Климат Алма-Аты, 1985]. В среднем похолодания продолжаются 5-7 дней со среднесуточной температурой воздуха ниже минус 13-15°C. Водоледажные сели наблюдались в период резкого потепления воздуха (суточный градиент более 5 °C). Эти данные очень важны, для дальнейшей разработки методов прогноза водоледажных селей. Так же отмечалось сильное охлаждение воды в р. Киши Алматы до 0,2°C. Для анализа метеорологической обстановки использовались данные реперной метеорологической станции Алматы, имеющей длинный ряд наблюдений. Информация приведена в таблице 1.

Таблица 1. Метеорологические условия образования аномальной ледовой обстановки на горных реках за период 1970-2018 гг.

Table 1. Meteorological conditions for the formation of abnormal ice conditions on mountain rivers in period 1970-2018

Метеорологические условия по данным МС «Алматы»	Количество случаев	Продолжительность периода похолодания,	Средняя суточная температура воздуха, °C	Минимальная температура воздуха, °C	Сумма среднесуточных температур воздуха за период похолодания, °C	Суточный градиент потепления, °C/сут	Отклонение температур воздуха от многолетних значений, °C
Сильные похолодания, которые вызвали прохождение водоледажного селя	15	6	-8,8	-16,6	-64,0	4,6	-3,0
Сильные похолодания, вызвавшие рост уровня воды	28	6	-8,2	-16,6	-64,1	5,5	-2,4
Водоледажной селя без значительного похолодания	8	5	-2,5	-9,2	-25,6	3,6	2,8
Незначительное похолодание и рост уровня воды	11	4	-4,6	-10,8	-36,6	4,0	-0,7

Из таблицы 1 видно, что аномальная ледовая обстановка на горных реках отмечается при различных метеорологических условиях на метеостанции Алматы. Чаще всего она совпадает с резкими похолоданиями на юго-востоке Казахстана. Но есть случаи аномальной ледовой обстановки на отдаленных реках, когда на метеостанции не регистрировалось понижение температуры. Вероятно, что для большой территории Алматинской области эта метеостанция не является показательной.

Расчитанные в таблице 1 средние значения метеорологических характеристик во время прохождения водоледажных селей могут быть использованы как прогностические признаки для составления фонового прогноза сильных скоплений внутриводного и донного льда. Спрогнозировать разрушение ледяных ступеней в русле реки и прохождение потока пока невозможно. Для этого необходимо детально изучить физико-механические свойства льда и его реологические свойства при изменении температуры

воздуха. В настоящее время возможно только составить фоновый прогноз аномальной ледовой обстановки на горных реках.

Особый интерес представляют критические значения метеовеличин за день до прохождения потока. С учетом изменения температуры воздуха возможно рассчитать опасный период [*Наставление по службе прогнозов, 2005*]. Если учитывать критические значения метеопараметров в день прохождения водолеяного потока, то заблаговременность прогноза будет нулевой. Для увеличения заблаговременности прогнозов необходимо использовать данные численных моделей прогноза погоды.

Характеристики метеовеличин на метеостанции Алматы могут быть использованы как прогностические признаки для составления фоновых прогнозов аномальной ледовой обстановки на горных реках (таблица 2).

Таблица 2. Прогностические признаки водолеяных селей

Table 2. Prognostic signs of ice-water flows

Прогностический признак	Значение
Сумма отрицательных среднесуточных температур воздуха в предыдущие 5 дней	$\leq -64,0^{\circ}\text{C}$
Сохранение среднесуточной температуры воздуха в течение 6 дней	$\leq -13,0^{\circ}\text{C}$
Отклонение среднесуточных температур воздуха от среднесуточных значений	$\geq 5^{\circ}\text{C}$
Суточные градиенты температуры воздуха при похолодании	$\geq -5^{\circ}\text{C/сут}$
Прогнозируется резкое потепление температуры воздуха	$\geq 5^{\circ}\text{C/сут}$

### Возможность прогноза водолеяных селей

Дать точный прогноз катастрофического водолеяного потока пока невозможно. Но известно, что такие потоки напрямую связаны с аномальной ледовой обстановкой на горных реках. Причиной больших скоплений внутриводного и донного льда являются резкие похолодания на Юго-Востоке Казахстана, вызванные вторжениями холодного арктического воздуха. Было решено для прогнозирования возможности возникновения водолеяного потока сначала разработать метод прогноза аномальной ледовой обстановки. Тем более, что для предгорий Иле Алатау не было метода прогноза заторно-зажорных явлений.

Для выявления метеорологических условий перед прохождением катастрофических зимних селей были проанализированы архивные данные на метеорологической станции Алматы и гидрологическом посту Алматы-Дамба за период 1970-2005 гг. Стандартный период 25 лет обычно используется для разработки гидрологических и селевых прогнозов [*Наставление по службе прогнозов, 2005*]. Информация обрабатывалась в программе «Statistica 6.0». В результате была найдена статистическая зависимость между приростом уровня воды в р. Киши Алматы и суммой отрицательных среднесуточных температур воздуха в Алматы за весь период похолодания. Коэффициент корреляции между этими параметрами составил 0,84 при 5% уровне значимости [*Жданов, 2010*]. Так же было обнаружено, что в случаях сильного роста уровня воды в р. Киши Алматы отмечалось ее охлаждение ниже  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

Для построения зависимости была выбрана модель линейной регрессии Гаусса. Формула приведена ниже:

$$\Delta H = 16 - 0,8 \Sigma t_b, \quad (1)$$

где  $\Sigma t_b$  – сумма среднесуточных температур воздуха на метеостанции «Алматы» за весь период похолодания,  $\Delta H$  – прирост уровня воды в сантиметрах в р. Киши Алматы на гидрологическом посту Алматы-Дамба.

С помощью этой формулы был построен прогностический график, приведенный на рисунке. Дополнительным фактором, благоприятным для образования внутриводного льда является охлаждение воды равное или ниже  $0,2^{\circ}\text{C}$ . [Чижов, 1972].

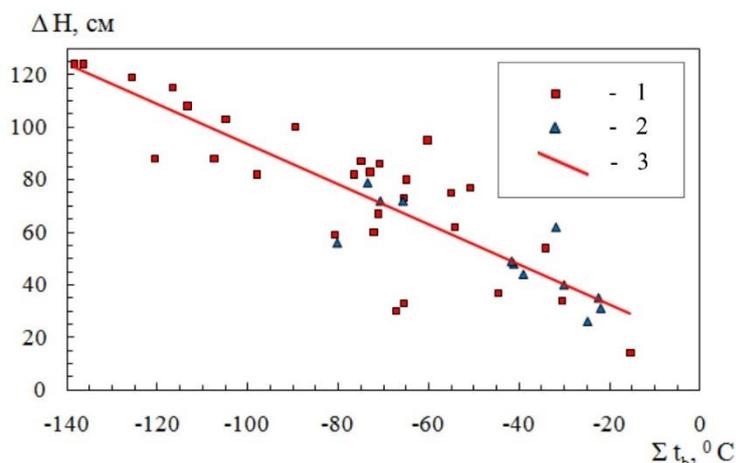


Рис. Зависимость роста уровня воды на гидрологическом посту Алматы-Дамба от суммы отрицательных температур воздуха на метеостанции Алматы. 1 – уровень воды при температуре воды  $< 0,2^{\circ}\text{C}$ ; 2 – уровня воды при температуре воды  $> 0,2^{\circ}\text{C}$ ; 3 – уравнение линейной регрессии

Fig. The dependence of water level growth at the hydrological station Almaty-Dam on the sum of negative air temperatures at the Almaty weather station. 1 - water level at water temperature  $< 0,2^{\circ}\text{C}$ ; 2 - water level at water temperature  $> 0,2^{\circ}\text{C}$ ; 3 - linear regression equation

### Выводы

В настоящее время о водоледяных селях известно очень мало. Данных не хватает для разработок полноценных методов прогноза. Известно только то, что катастрофические потоки возникают при резком разрушении скоплений льда в руслах рек. Так же возникает трудность отделить водоледяной сель от заторно-зажорных явлений. Предложенный метод позволяет рассчитывать критический рост уровня воды в реках по сумме отрицательных температур воздуха. В свою очередь большие скопления льда в руслах рек и ожидаемое резкое потепление воздуха является предвестником катастрофических водоледяных селей.

### Благодарности

Автор выражает благодарность сотрудникам РГП «Казгидромет»: Степанову Борису Сергеевичу, Яфязовой Розе Кайюмовне, Никифоровой Лидии Николаевне, Хайдарову Алимун Хакимовичу.

Статья написана по результатам исследований по программе грантового финансирования Комитета науки МОН РК «Селебезопасность Республики Казахстан» № AP05132214.

### Список литературы

- Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 528 с.  
Жданов В.В. Прогноз водоледяных селей и пути их предотвращения. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук. Алматы, 2010 г.  
Климат Алма-Аты / Под ред. Х.А. Ахмеджанова, Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 226 с.  
Назаров Ц.А. Водоселевые потоки на горных реках Казахстана / Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып.42. Л.: Энергия, 1968. С. 110–115.  
Наставление по службе прогнозов. Изд-во «Казгидромет», Алматы, 2005. 26 с.

- Перов В.Ф. Селеведение. Учебное пособие. М., Географический факультет МГУ, 2012. 272 с.
- Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Антология селевых явлений и их исследования / Медеу А.Р., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л. Т.4, Ч.1. Алматы. 2016. 576 с.
- Степанов Б.С. Транспортно-сдвиговый и сдвигово-эрозионный селевые процессы // Селевые потоки. М.: Гидрометеиздат, 1985. № 9. С. 3–16.
- Степанов Б.С., Яфязова Р.К., Жданов В.В. Водолеяные сели. К механизму формирования водолеяных конструкций // Гидрометеорология и экология. 2009. №3. С. 143–152.
- Чижов А.Н. Особенности зажорообразования на горных реках // Труды ГГИ. 1972. Вып. 192. С. 44-52.
- Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау: Проблемы адаптации. Алматы, 2007. 158 с.