

# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Proceedings  
of the 7<sup>th</sup> International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



Edited by  
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

---

Geomarketing LLC  
Moscow  
2024

# **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита**

---

Труды  
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы  
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

---

ООО «Геомаркетинг»  
Москва  
2024

# 泥石流： 灾害、风险、预测、防治

---

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

---

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8  
ББК 26.823  
С29

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

**泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。** 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



## Метеорологические условия формирования водоледовых селей на горных реках Иле Алатау

В.В. Жданов<sup>1</sup>, Н.У. Кужагельдина<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>АО «Институт географии и водной безопасности» Министерства науки  
и высшего образования, Алматы, Казахстан, ZhdanovVitaliy@yandex.kz

<sup>2</sup>РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

**Аннотация.** 13.12.2022 г. и 16.12.2023 г. на реке Есентай в черте города Алматы прошли потоки, состоящие из льда, снега и воды. Они обладали большими скоростями течения (4–5 м/с) и отличались от шугоходов на равнинных реках. Они напоминали грязекаменные сели, потому что происходило вовлечение нового материала и лавинообразный рост расхода водо-ледяной смеси. Был нанесен материальный ущерб. Подобное явление, прошедшее 6 января 2006 г. на реке Узын Каргалы в Иле Алатау, привело к человеческим жертвам.

В течении многих лет изучением водоледовых потоков занималась группа специалистов из РГП Казгидромет, ГУ Казселезащита и Института географии. В результате исследований были собраны архивные сведения об этом явлении и проанализированы причины его возникновения.

Для среднеазиатского климата похолодание до 20–25 мороза является аномальным явлением. Это вызывает скопление внутриводного и донного льда и значительный рост уровня воды в русле: на 1–2 м выше уровня зимней межени. Если похолодание сменяется резким потеплением до положительных температур, происходит разрушение ледовых конструкций и формирование водоледовых потоков. Установлено, что в день прохождения таких потоков скорость повышения температуры воздуха составляла от 6 до 10 °С/сут.

Причиной аномальных похолоданий на юго-востоке Казахстана являются ультраполярные вторжения холодного воздуха из районов Карского и Баренцева морей. В это время минимальная температура воздуха падает на 10–15 °С ниже многолетних значений. Обычно эти похолодания длятся 5–7 дней, а затем происходит выход южных циклонов и резкое потепление. Изучение их влияния на гидрологические процессы позволяет определить периоды возможного формирования внутриводного и донного льда и образования водоледовых потоков. Это в свою очередь позволит составлять оповещения для местного населения и администрации.

**Ключевые слова:** Республика Казахстан, горы Иле Алатау, горные реки, водоледовые сели, внутриводный и донный лед, аномальное похолодание

**Ссылка для цитирования:** Жданов В.В., Кужагельдина Н.У. Метеорологические условия формирования водоледовых селей на горных реках Иле Алатау. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 563–571.

## Meteorological conditions of the formation of water-ice debris flows on mountain rivers of Ile Alatau

V.V. Zhdanov<sup>1</sup>, N.U. Kuzhageldina<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>JSC “Institute of Geography and Water Security” of the Ministry of Science and Higher Education, Almaty, Kazakhstan; ZhdanovVitaliy@yandex.kz

<sup>2</sup>RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan



**Abstract.** On December 13, 2022 and December 16, 2023, streams of ice, snow and water passed on the Esentai River within the city of Almaty. They detect high-speed obstacles (4–5 m/s) and differ from sludge vehicles on sharp rivers. They resembled mud-stone debris flows, because new material was involved and an avalanche-like increase in the flow of the water-ice mixture occurred. There was material damage. A small phenomenon that took place on January 6, 2006 on the Uzyn Kargaly River in Ile Alatau resulted in casualties.

For many years, a group of specialists from the RSE Kazhydromet, the State Institution Kazselezaschita and the Institute of Geography have been studying water-ice flows. As a result of the investigation, archival data about this phenomenon was collected and the reasons for its occurrence were analyzed.

For the Central Asian climate, cooling to 20–25 degrees below zero is an anomalous phenomenon. This causes the accumulation of intra-water and bottom ice and a low increase in the water level in the channel: 1–2 m above the winter low-water level. If a cooling shift occurs with a sharp warming to a given temperature, ice structures are destroyed and water-ice flows are blocked. It has been established that on the day of such flows, the rate of air temperature measurement is from 6 to 10 °C per day.

The reason for the anomalous cold snaps in the southeast of Kazakhstan are ultrapolar intrusions of cold air from the Kara and Barents Sea regions. At this time, the minimum air temperature drops 10–15 °C below long-term indicators. Typically, these cold spells last 5–7 days, and then southern cyclones emerge and a sharp warming occurs. The study of their hydrological processes makes it possible to determine the periods of possible inland and bottom ice and the formation of water-ice flows. This, in turn, will provide alerts to local residents and administrations.

**Key words:** Republic of Kazakhstan, Ile Alatau Mountains, mountain rivers, water-ice debris flows, in-water and bottom ice, anomalous cooling

**Cite this article:** Zhdanov V.V., Kuzhageldina N.U. Meteorological conditions of the formation of water-ice debris flows on mountain rivers of Ile Alatau. In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 563–571.

## Введение

Существует огромное множество опасных ледовых явлений на реках климатического умеренного пояса. Их разновидности сильно зависят от морфологических особенностей рек. Для равнинных рек с малыми скоростями течения характерны сплошные ледоставы в зимние месяцы и заторно-зажорные явления в период образования и разрушения ледостава [Чижов, 1972]. Шугоходы и разливы обычно проходят с малыми скоростями и занимают продолжительный период. Но горные реки среднеазиатского региона обладают своими отличительными особенностями. Из-за мягкого климата и бурного потока здесь не бывает сплошного ледостава, шугоход имеет скоротечный характер [Степанов, 2009, Бекенов, 2023]. Из-за больших уклонов русла на горных реках их характер движения сильно напоминает турбулентный поток с включением твердой составляющей. Они обладают большими скоростями и расход увеличивается из-за вовлечения нового материала [Степанов, 1985].

В последние годы в большинстве справочников по селеведению и гляциологии водоледовые явления выделены в отдельный класс, отличный от шугохода [Перов, 2006]. Водоледовые сели, разновидность селевых потоков, где твердая составляющая представлена льдом и снегом. Среди специалистов гидрологов до сих пор нет единого мнения по классификации этого явления. Поскольку в большинстве справочников по гидрологии дается характеристика селя, как потока высокой плотности и большой эрозионно-сдвиговой способностью. До сих пор эти явления очень слабо изучены, потому что отсутствует статистическая архивная информация. Изучение условий их



формирования представляет научный интерес. Это необходимо для прогнозирования и своевременного предупреждения населения.

### **Водоледовые сели на реке Есентай 13 декабря 2022 г. и 16 декабря 2023 г.**

13 декабря 2022 г. в пределах г. Алматы на реке Есентай прошел катастрофический поток. Он состоял из смеси воды, льда и снега. Поток был разрушен сооружения в русле реки, но жертв не было. Свидетелями стали многочисленные жители города. Прохождение потока было зафиксировано камерами видеонаблюдения. Мгновенно информация появилась в соцсетях и стало главной новостью местных информагентств [Алхабаев, 2022]. Фото отложений приведено на рис. 1.

Поток двигался со значительными скоростями, не менее 4–5 м/с. Он вовлекал новый материал и отмечалось лавинообразный рост объема и высоты волны. Этому способствовали большие уклоны русла и наличие донного и внутриводного льда. По характеру движения он напоминал грязекаменные селевые потоки [Степанов, 1985]. Потому что при классических шугаходах на равнинных реках наблюдается маленькая скорость и затухание волны ниже ледового затора. После прохождения потока все русло реки было очищено ото льда. Все отложения вынесло в селехранилище на проспекте аль-Фараби в г. Алматы.

Причиной потока стали несколько факторов. Во-первых был искусственный сброс воды на вододелителе «Дамба», контролирующей распределение воды в реках Киши Алматы и Есентай. Во вторых из-за резких изменений погоды в русле сформировались большие скопления внутриводного и донного льда. Эти чашеобразные ледовые конструкции имеют слоистую структуру и обладают низкой прочностью.



Рис. 1. Последствия прохождения водоледового селя на р. Есентай 16.12.2023 г. Фото В. Жданова

Аномальная ледовая обстановка довольно часто отмечается на горных реках Южного Казахстана. Из-за мягкого климата здесь не бывает сплошного ледостава [Ахметжанова, 1985]. Поэтому резкие похолодания приводят к образованию внутриводного и донного льда в руслах рек. Это вызывает повышение уровня воды на 1–1,5 м и сильно затрудняет эксплуатацию гидротехнических сооружений зимой. В период 9–13 декабря отмечалось похолодание со среднесуточной температурой воздуха –8...–10 °С. Это значительное понижение поскольку средняя температура декабря в Алматы составляет – 4,3 °С [Справочник по климату Казахстана, 2004]. В день прохождения потока отмечалось резкое потепление, что привело к потере прочности ледовых образований в русле реки.



16 декабря 2023 г. катастрофа повторилась вновь. Она сильно напомнила декабрь 2022 г. Во время резкого похолодания, вызванного вторжением холодных воздушных масс, началось накопление внутриводного и донного в руслах горных рек и значительный рост уровня воды. Это привело к подтоплению гидротехнических сооружений и вынужденному перераспределению воды на вододелителе рек Киши Алматы и Есентай. Рост расходов воды и ослабление льда из-за потепления вызвало шугоход. Значительные уклоны русла привели к скоротечному селеподобному движению потока и вовлечению новых масс снега и льда. Уже в водоотстойнике на проспекте им. аль-Фараби отмечался расход воды более 20 м<sup>3</sup>/с и объем отложений несколько тыс. м<sup>3</sup>. Также, как и в 2022 г. были разрушены заграждения и беседки, прилегающие к руслу.

### Архивные сведения о водолеяных селях на горных реках Алматинской области

Катастрофические водолеяные потоки уже отмечались на горных реках Иле Алатау. В том же месте на р. Есентай сель отмечался 20 ноября 1987 г. Причиной его формирования стало резкое похолодание, аномальная ледовая обстановка и антропогенный сброс воды в реке. Был нанесен материальный ущерб, без человеческих жертв. Были разрушены гидротехнические сооружения [Мочалов, 1989]. Самое трагическое явление зарегистрировано 6 января 2006 г. на реке Узынкаргалы [Яфязова, 2005]. В том потоке кроме ущерба были и человеческие жертвы. Погибли два человека.

По данным гидротехника Назарова в 1960-е гг. отмечено прохождение нескольких водолеяных потоков, которые наносили ущерб объектам в руслах рек [Назаров, 1968]. Автор отметил особенность, что причиной потоков становилось разрушение внутриводного и донного льда. Большой архив данных был собран Т.Л. Киренской и опубликован в монографии [Медеу, 2016]. Она собирала данные из архивов ГУ Казселезащита и РГП Казгидромет. Кроме крупных явлений с жертвами и ущербом отмечались локальные потоки, затрудняющие работу гидротехнических сооружений. Данные о локализации явлений приведены на рис 2.

Исторические сведения об катастрофических водолеяных потоках в конце 19 – начале 20 в. в городе Верный (Алматы) описаны путешественниками географами Русского географического общества В.Д. Городецким и Д.О. Святским. Ими описаны потоки, отмечавшиеся на реках Большая и Малая Алматинки (Улкен и Киши Алматы) в 1889, 1896, 1901 гг. Причиной также было резкое потепление и таяние льда и снега в руслах горных рек. Потоки обладали большой скоростью и нанесли ущерб близлежащим хозяйственным постройкам.



Рис. 2. Карта-Схема опасных участков горных рек, где отмечено прохождение водолеяных селевых потоков





## Метеорологические и синоптические условия формирования водоледовых селей

Водоледовые сели – это очень редкое явление. Отсутствие статистики затрудняет его изучение. Известен только такой факт – во время резких похолоданий на горных реках Алматинской области формируются значительные скопления внутриводного и донного льда [Яфязова, 2007, Степанов 2009]. Это вызывает повышение уровня воды на 1,5–2 м выше уровня зимней межени (рис. 3). Аномальная ледовая обстановка может сохраняться в течении 5–15 дней, вызывает резкий подъем уровня воды и затрудняет работу гидротехнических сооружений. Чаши и плотины, состоящие из слоистого льда и воды, обладают очень низкой прочностью. Во время резких потеплений или при антропогенном воздействии легко происходит их разрушение.

В период прохождения потока отмечался значительный суточный градиент потепления температуры воздуха. Перед этим несколько дней сохранялись сильные морозы (минимальная температура воздуха ниже 20 °С), аномальные для среднеазиатского региона. Ход температуры воздуха приведен на рис. 4.



Рис. 3. Скопления внутриводного и донного льда в руслах горных рек, вызывающие подъем уровня воды. р. Есентай февраль 2024 г. Фото В. Жданова

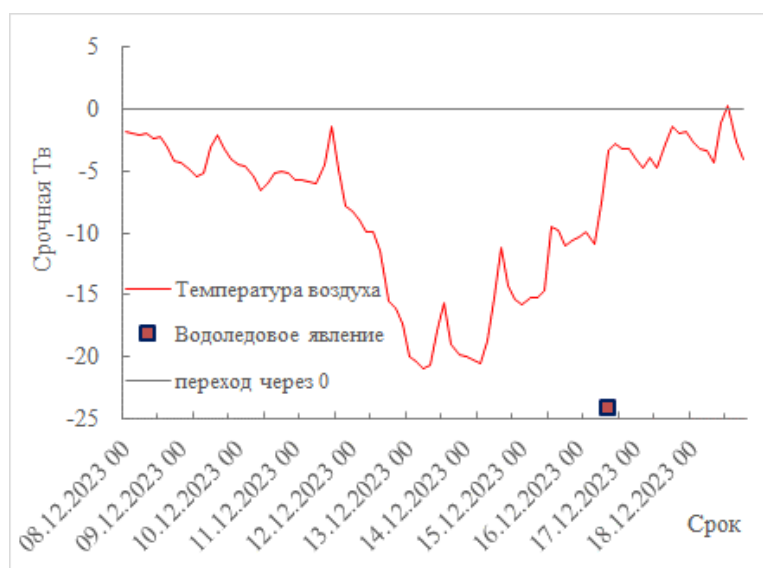


Рис. 4. Изменение срочных температур воздуха на метеостанции Алматы во время периода похолодания, приведшего к формированию водоледового селя



Для изучения условий формирования был обработан архив многолетних данных наблюдений на метеорологических станциях и постах РГП «Казгидромет» [Архив РГП Казгидромет]. Анализировалась среднесуточная температура воздуха ( $T_v$ ) на старейшей в регионе реперной метеорологической станции г. Алматы. Уровни воды для анализа накопления внутриводного и донного льда взяты на гидрологическом посту Алматы-Дамба, расположенном в районе вододельителя р. Есентай – р. Киши Алматы. Были сопоставлены условия, при которых отмечались водоледовые сели и условия накопления внутриводного и донного льда. Результаты приведены в таблице 1. Можно сделать выводы, что при значительных похолоданиях происходит резкий рост уровня воды в русле из-за скоплений льда, а в период перехода температуры через 0 градусов отмечается ослабление льда и формирования шугоходов. А выбранные пункты наблюдений являются репрезентативными для оценки и прогноза водоледовых селевых потоков.

Таблица 1. Средние значения метеорологических элементов в периоды образования внутриводного и донного льда на реках Иле Алатау

| Характеристика периодов похолодания | Продолжительность похолодания, дни | Средняя суточная $T_v$ , °С | Минимальная средняя суточная $T_v$ за период похолодания, °С | Сумма $T_v$ за предыдущие 5 сут, °С | Суточный градиент $T_v$ , °С | Аномалия $T_v$ , °С | Максимальный градиент $T_v$ за период похолодания, °С | Максимальная аномалия $T_v$ за период похолодания, °С | Рост уровня воды в р. Есентай, см |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|---------------------|---|---|-----------------------------------|
| С водолевыми селями                 | 6                                  | -8,9                        | -16,5  | -63,9                               | 4,4                          | -3,8                | -6,4  | -12,1   | 64                                |
| С ростом уровня воды в р. Есентай   | 6                                  | -8,8                        | -17,2  | -67,6                               | 5,5                          | -3,0                | -6,2  | -11,6   | 78                                |

Синоптические условия, при которых происходит похолодание на юго-востоке Казахстана хорошо изучены [Бугаев, 1957, Коженкова 1967]. Это типичные ультраполярные вторжения по типизации З.П. Коженковой. Они хорошо прогнозируются. Обычно вторжения холодного воздуха из районов Карского и Баренцева морей вызывают похолодание на всем Юго-Востоке Казахстана. Температура воздуха в течении 5–15 дней может опускаться на 5–10 °С ниже средних многолетних значений. Меридиональный перенос способствует формированию высотной ложбины и проникновению полярных воздушных масс глубоко на юг. Однако в условиях мягкого среднеазиатского климата выходы южных циклонов с потеплением и осадками могут резко изменить синоптическую обстановку в регионе. Градиенты потепления могут достигать 6–10 °С/сут. Такие погодные аномалии неблагоприятно влияют на режим горных рек, вызывая таяние льда и снега и подтопления вблизи русел. Синоптические карты вторжений перед прохождением водолевого селя показаны на рис. 5а, б.

### Обсуждение результатов исследований

Проблема зимних селевых потоков известна во всем мире. Подобные потоки причиняют ущерб в Японии, Канаде и Китае. То есть в тех регионах умеренного пояса, где есть горные реки с турбулентным потоком и большими уклонами. В иностранной литературе явление водоледовых селей получило название ice-jam flood – заторный прорыв, а явление внутриводного льда получило название anchor ice – якорный лед [Turcotte, 2011, Dubé, 2014, Barrette, 2021, Shen, 2003, Barrette, 2023]. Из-за опасности



явлений возникла необходимость изучения и разработки методов защиты. Многие авторы пришли к мнению, что слабый пористый якорный лед очень сильно связан с термическим режимом. Он начинает накапливаться в руслах с турбулентным потоком в период резких похолоданий и разрушается, когда суточный градиент потепления достигает значительных величин 5–10 °С. Эти условия схожи с условиями формирования водоледовых селей на реках Иле Алатау. А наши исследования подтверждаются исследованиями других специалистов [White, 2022, Tullos, 2016, Wang, 2023, Nafziger, 2017].

В течении нескольких лет в Институте географии проводится экспериментальный выпуск снеголавинного бюллетеня. Информация о погоде и лавинной опасности выкладывается на сайте института (<https://ingeo.kz> уровень лавинной опасности) и в телеграмм-канале по ссылке ([https://t.me/lavinny\\_bulleten\\_almaty](https://t.me/lavinny_bulleten_almaty)). Подписчиками являются многочисленные туристы и любители зимнего отдыха в горах. Для этого регулярно анализируется метеорологическая и снеголавинная обстановка в горах Иле Алатау. 11 декабря 2023 г. синоптическая обстановка предвещала классическое полярное вторжение и аномальное похолодание (рис. 5.). Нами было составлен экспериментальный прогноз об опасных ледовых условиях и возможных формированиях водоледовых потоков. Информация была доведена до подписчиков. То, что условия совпали и явление повторилось, говорит об перспективности прогностического метода. Выявление синоптических условия похолоданий и их влияние на образование внутриводного и донного льда необходимо для заблаговременного предупреждения населения и спасательных служб.

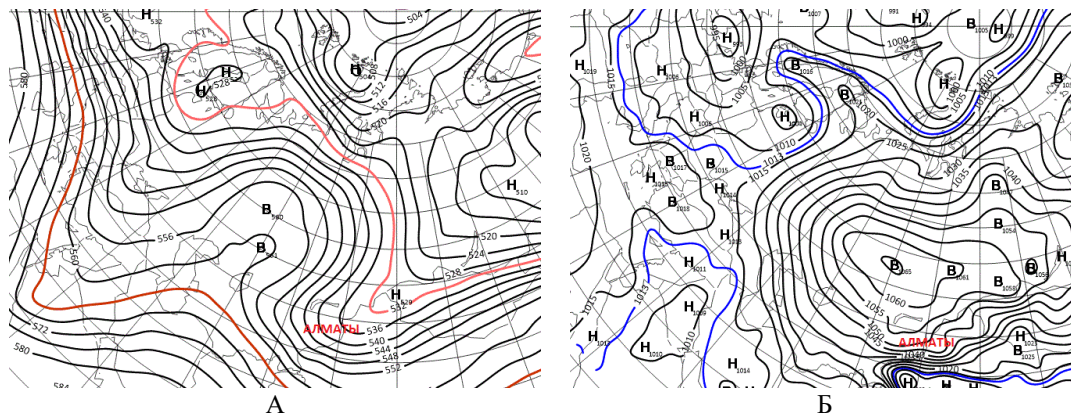


Рис. 5. Синоптические карты холодного полярного вторжения перед прохождением водоледового селя: А – высотная карта АТ-500; Б – приземная синоптическая карта (13.12.2023 г.)

### Заключение

На горных реках Алматинской области прохождение водоледовых селевых потоков причиняет материальный ущерб. Предшествующая этому аномальная ледовая обстановки сильно затрудняет работу гидротехнических сооружений. Редкость этого явления затрудняет сбор статистических данных и изучение процесса. Но уже известны некоторые особенности прохождения и формирования водоледовых селей. Они отмечаются во время резкого потепления, когда внутриводный и донный лед в русле реки теряет прочность. Прохождению потока предшествуют длительные периоды аномального похолодания. Когда из-за накопления льда происходит резкий подъем уровня воды в горных реках. Аномальные похолодания на Юго-Востоке Казахстана связаны с ультраполярными вторжениями холодного воздуха из районов Карского и Баренцева морей. Изучение влияния аномальных похолоданий на гидрологические процессы позволяет дать рекомендации заинтересованным организациям и населению о возможной опасной обстановке на горных реках. Это в свою очередь очень важно для уменьшения риска жертв и ущерба от возможных водоледовых селей.



## Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела изучения и прогноза селевых потоков Филиала РГП «Казгидромет» по г. Алматы в сборе материала.

## Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме «Научно-прикладное обоснование селе-, оползне- и лавинобезопасности в горных районах Иле и Жетысу Алатау Республики Казахстан». Программно-целевое финансирование № BR21881982.

## Список литературы

- Архив метеорологических данных РГП «Казгидромет». [https://meteo.kazhydromet.kz/database\\_meteo/](https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/) (режим доступа). (дата посещения 10.01.2023 г.)
- Алхабаев Ш. Ледяная лавина снесла ограждения реки Есентай. Информационное агентство Tengri news. URL: [https://tengrinews.kz/kazakhstan\\_news/ledyanaya-lavina-snesla-ograjdenie-reki-esentay-v-almaty-485966/](https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/ledyanaya-lavina-snesla-ograjdenie-reki-esentay-v-almaty-485966/) (дата обращения 13.12.2022 г.)
- Бекенов К.А., Касенов М.К. Селевая безопасность. 50 лет деятельности Казселезащиты: итоги, эффективность, перспективы. 1973–2023 гг. Алматы: Zialy baspasy, 2023. 208 с.
- Бугаев В.А., Джорджио В.А. Синоптические процессы средней Азии. Ташкент: АН УзССР, 1957. –650 с.
- Жданов В.В. Прогноз водолеяных селей и пути их предотвращения. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук. Алматы, 2010 г.
- Коженкова З.П. Курс лекций по синоптической метеорологии. Алма-Ата: КазГУ, 1967. 544 с.
- Климат Алматы. Под ред. Ахмеджанова Х.А., Швер Ц.А. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 266 с.
- Мочалов В.П., Шевырталов Е.П. Краткие сведения о паводке на р. Малая Алматинка 28 ноября 1987 г. // Селевые потоки. М.: Гидрометеиздат, 1989. № 11. С. 76–78.
- Назаров Ц.А. Водоселевые потоки на горных реках Казахстана / Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып.42. Л.: Энергия, 1968. С. 110–115.
- 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.
- Справочник по климату Казахстана. Многолетние данные. Разделы 1–2. Выпуск 13. Алматы: РГП «Казгидромет», 2004. 295 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. № 3. 2009. С. 143–152.
- Чижов А.Н. Особенности загроообразования на горных реках // Труды ГГИ. 1972. Вып. 192. С. 44–52.
- Яфязова Р.К. О катастрофических явлениях на горных реках в зимний период // Гидрометеорология и экология. 2005. –№ 4. С. 114–124.
- Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации. Алматы, 2007. 158 с.
- Benoit Turcotte, Brian Morse. Ice processes in a steep river basin // Cold Regions Science and Technology. Vol. 67, Issue 3. 2011. P. 146–156. ISSN 0165-232X. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2011.04.002>.
- Daniel C. White, Ryan R. Morrison, Ellen Wohl. Fire and ice: Winter flooding in a Southern Rocky Mountain stream after a wildfire // Geomorphology, Vol. 413, 2022, 108370. ISSN 0169-555X. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108370>.
- Hung Tao Shen, Lianwu Liu. Shokotsu River ice jam formation // Cold Regions Science and Technology, Vol. 37, Issue 1, 2003. P. 35–49, ISSN 0165-232X. [https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(03\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(03)00034-X)
- Mathieu Dubé, Benoit Turcotte, Brian Morse. Inner structure of anchor ice and ice dams in steep channels // Cold Regions Science and Technology. Vol. 106–107, 2014, P. 194–206. ISSN 0165-232X. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2014.06.013>.



- Jennifer Nafziger, Yuntong She, Faye Hicks, Richard A. Cunjak. Anchor ice formation and release in small regulated and unregulated streams // *Cold Regions Science and Technology*. Vol. 141, 2017. P. 66–77. ISSN 0165-232X. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.05.008>.
- Tullos, D., Byron, E., Galloway, G. *et al.* Review of challenges of and practices for sustainable management of mountain flood hazards. *Nat Hazards* 83, 1763–1797 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2400-3>
- Paul D. Barrette. Understanding frazil ice: The contribution of laboratory studies // *Cold Regions Science and Technology*. Vol. 189, 2021, 103334, ISSN 0165-232X, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103334>.
- Paul Dominique Barrette and Karl-Erich Lindenschmidt. Frazil ice events: Assessing what to expect in the future. *Hydrology Research* Vol54No6,770doi:10.2166/nh.2023.008
- Wang, X., Qu, Z., Tian, F. *et al.* Ice-jam flood hazard risk assessment under simulated levee breaches using the random forest algorithm. *Nat Hazards* 115, 331–355 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05557-8>