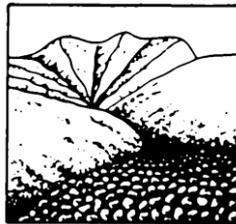


DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House “Universal”
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



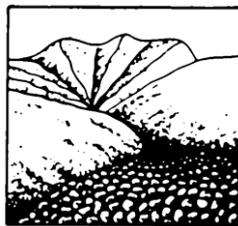
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

Издательство Универсал
Тбилиси 2018

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1-5 ოქტომბერი, 2018



რედაქტორები
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

გამომცემლობა "უნივერსალი"
თბილისი 2018

УДК 551.311.8
ББК 26.823

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

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: Geografiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა
მეურნეობის ინსტიტუტი



Водоледовые потоки на реках Алматинской области

В.В. Жданов

Институт географии МОН РК, Алматы, Казахстан, Zhdanovvitaliy@yandex.ru

На горных реках юго-восточного Казахстана (Алматинская область) в зимний период неоднократно наблюдались водоледовые потоки. Самые катастрофические из них были 28 ноября 1987 г. на р. Киши Алматы и 5 января 2006 г. на р. Узынкаргалы. В первом случае был нанесен материальный ущерб, а во втором погибли люди. Потоки состояли из смеси воды, снега, льда и обладали селеподобным характером движения: кратковременный поток с большой скоростью течения и увеличением расходов воды. Он отличается от классических ледовых заторов и зажоров на реках. Максимальный расход воды достигал 120 м³/с, а объем отложений 20-30 тысяч м³. В условиях мягкого зимнего климата ледостав на горных реках Алматинской области – явление редкое. Но, во время холодных ультраполярных вторжений происходит резкое понижение температуры воздуха до 20-25° мороза. Период похолодания может длиться 7-10 дней. Это вызывает аномальную ледовую обстановку. В русле образуются ступенеобразные конструкции, состоящие из внутриводного и донного льда. Происходит резкое повышение уровня воды более чем на 1 м. Во всех случаях водоледовые сели были сформированы во время подвижки льда после резкого потепления, когда ледовые «ступени» быстро теряли устойчивость.

водоледовый поток, горные реки, ледостав, ущерб, резкое похолодание

Water-ice flows on the rivers of the Almaty region

V.V. Zhdanov

Institute of Geography MES RK, Almaty, Kazakhstan, Zhdanovvitaliy@yandex.ru

On the mountain rivers of southeastern Kazakhstan (Almaty region) in the winter period water-ice flows were repeatedly observed. The most catastrophic of them were in November 28, 1987 on the Kishi Almaty river and January 5, 2006 on the Uzynkargaly river. In the first case, material damage was caused, and in the second, people were killed. The streams consisted of a mixture of water, snow, ice and had a debris flow character of motion: a short-term flow with a high flow velocity and an increase in water flow. It differs from classical ice congestion and gluttons on the rivers. The maximum water flow rate reached 120 m³/s, and the volume of sediments is 20-30 thousand m³. In conditions of mild winter climate, the ice sheet on the mountain rivers of the Almaty region is a rare phenomenon. But, during the cold ultra-polar intrusions, the air temperature drops sharply to 20-25 degrees below zero. The cooling period can last 7-10 days. This causes an abnormal ice situation. In the channel are formed "ice steps" structures, consisting of intra- and bottom ice. There is a sharp increase in the water level by more than 1 m. In all cases, the water-ice flows were formed during the ice movement after a sharp warming, when the ice "steps" quickly lost their stability.

water-ice flow, mountain rivers, freezing, damage, sharp cooling



Цели и задачи исследований

После гибели людей в водоледовом потоке на реке Узынкаргалы в 2006 г. возникла необходимость изучения этого редкого явления. Работой занялся отдел селевых проблем РГП «Казгидромет» под руководством Б.С. Степанова. Необходимо было определить условия зарождения водоледовых потоков и разработать возможную методику прогноза. Прогноз аномальной ледовой обстановки и возможности прорыва поможет Комитету по чрезвычайным ситуациям принять меры по снижению рисков бедствия.

Методы исследования

В течении нескольких лет проводились полевые выезды на горные реки в зимний период, собиралась информация о ледовой обстановке и погоде в архивах РГП «Казгидромет», проводился обзор научной литературы и публикаций по этой теме, анализировались синоптические карты и климатические данные. Затем была проведена компьютерная обработка данных и моделирование водоледового потока. Разработан экспериментальный метод прогноза и передан в отдел гидрологических прогнозов для производственных испытаний.

Сведения о водоледовых потоках

В зимний период на горных реках Алматинской области в периоды резких похолоданий отмечается аномальная ледовая обстановка. Она выражается в скоплениях донного и внутриводного льда. В результате в руслах рек образуются ступенеобразные водо-ледяные образования, а уровень воды поднимается на 80-100 см. Это сильно усложняет эксплуатацию гидротехнических сооружений. В период разрушения ледяных конструкций наносится незначительный ущерб водо-хозяйственным объектам [Назаров, 1968; Медев, 2016]. Обычно явление не достигает катастрофических размеров, за исключением нескольких случаев.

Водоледовый сель на реке Кишы Алматы (Малая Алматинка) 28 ноября 1987 г. Впервые подробные сведения о водоледовом потоке на северном склоне Илейского Алатау приводятся в статье [Мочалов, Шевырталов, 1989]. Вторжение холодных масс воздуха с Карского моря в период 24–27 ноября 1987 г. привело к понижению температуры воздуха 25 ноября до $-23,8$ °С, при средней многолетней температуре воздуха в ноябре $0,8$ °С. Переохлаждение воды в реках обусловило формирование внутриводного льда, ледяных мостов, выхода части воды на некоторых участках за пределы русла.

По словам очевидцев, подвижка льда была вызвана работой бульдозера, который между 12 и 13 часами в день формирования паводка разрушил ледяные образования в русле реки. Возникший при этом затор льда привел к образованию водохранилища объемом 25–30 тыс. м³, прорыв которого привел к увеличению расходов воды. Поток двигался в виде одной паводочной волны и состоял из смеси воды с большим содержанием битого льда, снежуры, подводного льда. Паводочная волна прошла более 6 км от вододелителя на р. Киши Алматы – р. Весновка до защитной плотины на проспекте аль-Фараби. Перед входом в селехранилище расход потока составил почти 120 м³/с. Скорость потока менялась в пределах от 1 до 4 м/с. Были повреждены водохозяйственные сооружения и мосты. Поток обладал селеподобным характером движения.

Водоледовый сель на реке Узынкаргалы 5 января 2006 г. Спустя почти 20 лет подобное явление повторилось вновь. Сведения о нем приводятся в статье [Яфязова, 2007]. Резкое понижение температур воздуха 1–6 января 2006 г., вызванное арктическим вторжением, привело к образованию внутриводного льда и повышению уровня воды на реках северного склона Илейского Алатау. Наиболее сильно оно проявилось на реке Узынкаргалы. Сформировался он в 1,5 км выше селезащитной плотины и был частично задержан. Объем отложений в селехранилище, составил 10–15 тыс. м³. Но значительные расходы воды привели к формированию потока на участке реки ниже плотины. Водоледовый сель обладал огромной разрушительной силой. Поток проломил часть

железобетонного забора суконной фабрики. В селе Узынкаргалы был разрушен пешеходный мост, при этом погибли 2 человека. Последствия показаны на рис. 1.



Рис. 1. Мост, разрушенный водоледовым селем в 2006 г. Фото Яфязовой Р.К., сделанное во время обследования

В описываемый период времени подобная ледовая обстановка наблюдалась и на других реках северного склона Илейского Алатау. Селевые явления имели место на реках Каскелен и Аксай, но заметного ущерба они не нанесли. На гидрологическом посту Алматы (река Киши Алматы) с 1 по 8 января 2006 г. наблюдался рост уровня воды более чем на 80 см.

Водоледовый сель на реке Байынкол в декабре 2008 г. 28 декабря 2008 г. на реке Байынкол (хребет Меридиональный, граница с Китаем) в районе пограничной заставы «Байынкол» отмечалось прохождение водоледового селя [Жданов, 2008].

Потоком было выбито несколько бревен из опоры моста. По словам наблюдателей гидрологического поста «Байынкол», поток состоял из смеси воды и льда. Около моста высота ледовых образований достигала метра. В предшествовавший селю срок наблюдений на гидропосту отмечался подъем уровня воды только на 16 см и было отмечено явление: забереги, ледяные мосты, внутриводный лед.

По словам местных жителей, подобное явление на реке Байынкол наблюдалось неоднократно. Несколько лет назад был разрушен старый деревянный мост. Значительных разрушений и жертв потоки не вызывали из-за малонаселенности территории. В этом районе расположена только погранзастава и гидропост. Все строения находятся на значительном расстоянии от реки. По характеру движения и причинным разрушениям поток напоминает водоледовые сели, произошедшие на реке Киши Алматы в 1987 г. и реке Узынкаргалы в 2006 г. [Степанов, 2009].

Результаты исследований

Водоледовые потоки – один из видов селевых потоков, в которых твердая составляющая представлена обломками льда с участием снега и обломков горных пород [Котляков, 1984]. Водоледовые сели бывают ледникового и речного генезиса. Водоледовые 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 так же используется термин водоледяной сель [Перов, 2012].

Водо-ледяные образования, приводящие к формированию водоледовых селей на горных реках Алматинской области, возникают при среднесуточной температуре воздуха ниже -20°C . В ходе похолоданий образуется лед в поверхностном слое водного потока и по всей его глубине. Условия, благоприятствующие этим процессам, создаются при резком понижении температуры воздуха, когда ледяной покров на реках еще не сформировался. Теплообмен воды с воздушными массами происходит на больших площадях при малой глубине водного потока и интенсивном его перемешивании.

Отмстка русел горных рек, определяющая характер перемешивания, образуется водными потоками, транспортирующими большое количество наносов в конечной фазе селевых процессов. Это приводит к тому, что русло в продольном направлении приобретает ступенеобразный характер (рис. 2).



Рис. 2. Формирование водо-ледяных образований на реке Узынкаргалы. Фото Яфязовой Р.К.

Если процесс образования ледяного покрова происходит в результате резкого перепада температуры воздуха от положительных значений к отрицательным, ледообразование происходит во всей массе воды. Переохлаждение водных масс сопровождается образованием шуги и движением ее вниз по течению. Формирование ледяного покрова в местах малой водопрпускной способности происходит путем образования перемычек между заберегами и венками, образующимися вокруг камней, выступающих над поверхностью потока [Чижев, 1972].

Остановка движения слоя воды в результате замерзания его фронтальной зоны приводит к дальнейшему увеличению уровня воды в реке и выходу ее на вновь образованный ледяной покров. При этом образуется «слоеный пирог», состоящий из тонких прослоев воды и льда. В результате русло и пойма реки заполняются водоледяными образованиями, объем которых, может более чем на порядок превышать



объем воды при прохождении катастрофических дождевых паводков в теплый период года (рисунок 3).

Подпитка воды теплом от речного ложа приводит к тому, что постепенно согревающийся «слоеный пирог» может сохраняться несколько суток. Это делает все водо-ледяное образование крайне неустойчивым. Если прочность одного из водо-ледяных образований окажется меньше разрушающих сил, происходит срыв.



Рис. 3. Структура водо-ледяной ступени на горной реке (продольный разрез).

По характеру движения водоледовой селя принципиально отличается от прорыва заторов и зажоров. В результате разрушения заторов и зажоров основная масса воды, льда и снега, образующая прорывную волну накапливается в их верхнем бьефе. Высота прорывной волны и ее скорость уменьшаются по мере удаления волны от створа, в котором образовался затор или зазор [Великанов, 1964]. В водоледовых потоках отмечается увеличение паводочной волны вниз по течению.

Ступенеобразная форма водо-ледяных образований на горных реках, текущих на значительных уклонах (2–5 градусов), благоприятна для описанных выше механизмов увеличения расхода водоледовых потоков. Надвигаясь под действием силы инерции на практически горизонтальную поверхность очередной водо-ледяной ступени и взламывая ее, фронтальная часть потока увеличивает на какое-то время свою глубину на высоту водо-ледяной ступени. Образующаяся при этом одиночная волна распространяется как вниз, так и вверх по течению реки. В результате такой «накачки» размеры селя увеличиваются [Степанов, 1985]. После прохождения водоледового селя русло реки зачищаются ото льда и снега. Послеселевой паводок практически отсутствует.

Условия для формирования водоледовых селей возникают при затоке холодных воздушных масс из районов Скандинавии, Карского и Баренцева морей на территорию юго-восточного Казахстана. Анализ синоптических условий резкого понижения температур воздуха, которые вызывали рост водо-ледяных образований, показал, что во всем случаях предшествовала аномально теплая погода. Аномалии температур воздуха составляли 1–12 °С выше нормы. В атмосфере наблюдалось преобладание западных и юго-западных потоков, способствовавших переносу теплого воздуха на территорию Алматинской области [Коженкова, 1967; Бугаев, 1957]. Это способствовало разрушению или отсутствию ледяного покрова на реках. Все случаи резкого понижения температуры воздуха связаны с северными холодными азиатскими (ультраполярными) вторжениями. Сборно-кинематическая карта показана на рисунке 4. Тесная связь между интенсивным началом образования льда и ультраполярными вторжениями говорит о возможности среднесрочного прогнозирования аномальной ледовой обстановки на горных реках.

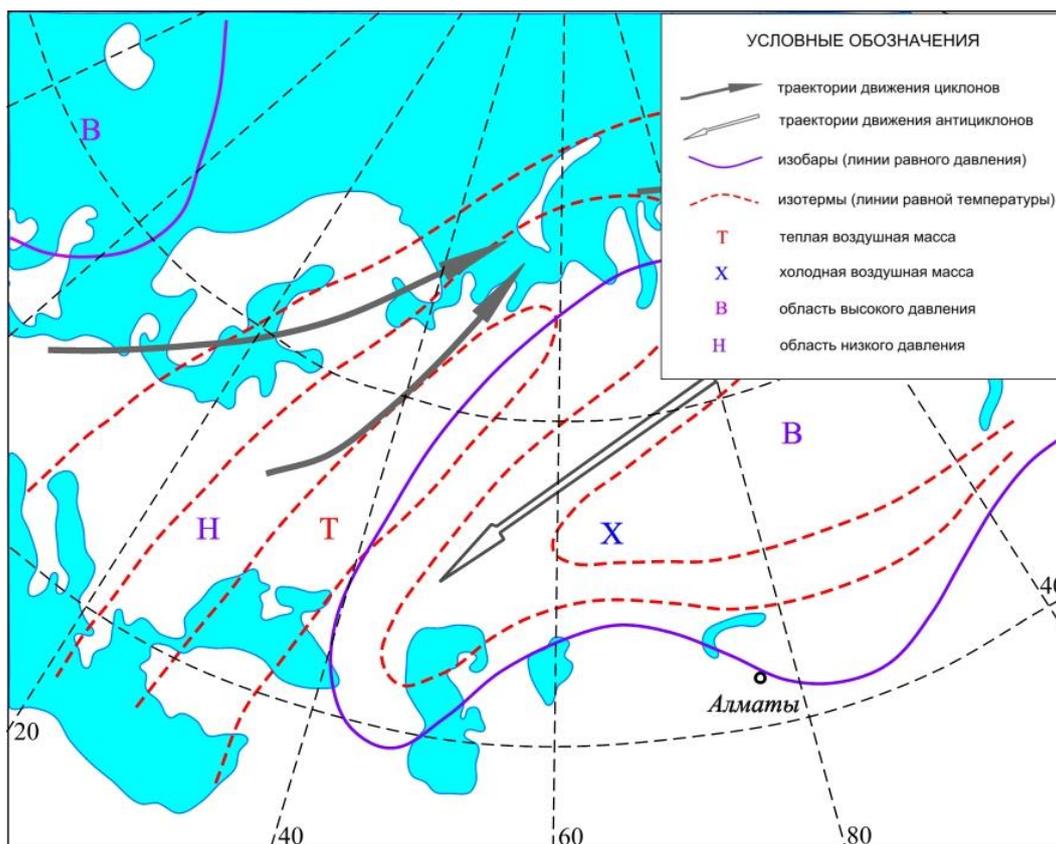


Рис. 4. Карта ультраполярных азиатских вторжений, вызывающих резкие похолодания в Алмадинской области.

Прогноз водоледовых селей представляет собой оценку ситуации, при которой вероятность возникновения их резко возрастает. Прогноз состоит из двух этапов среднесрочного и краткосрочного. Прогноз похолодания при ультраполярном вторжении имеет заблаговременность 3-5 суток. В дальнейшем производится расчет критического роста уровня воды в реках. Изменение уровня воды зависит от суммы среднесуточных отрицательных температур воздуха. Заблаговременность метода расчета – 1-3 суток. Для анализа используются данные реперного гидрологического поста Алматы-Дамба. Экспериментальный метод прогноза прошел производственные испытания в Казгидромете в период 2007-2009 гг. и показал хорошие результаты.

Выводы

На горных реках Алмадинской области неоднократно отмечалось прохождение катастрофических водоледовых потоков. Они наносили значительный ущерб и вызывали человеческие жертвы.

По характеру движения паводочной волны эти потоки следует отнести к селеподобным. Они сильно отличаются от заторов и зажоров на равнинных реках.

Водоледовые сели формировались во время резких потеплений, которым предшествовали сильные похолодания. Это приводило к внезапному разрушению ступенеобразных водо-ледяных образований в русле реки.

Причиной образования аномальной ледовой обстановки на реках всегда являлись холодные ультраполярные вторжения, при которых заток холодных воздушных масс с территории Карцева и Баренцева морей приводил к сильному похолоданию на юго-востоке Казахстана.

Разработано научное обоснование для прогнозирования водоледовых селей. Новый метод внедрен в практику работы Гидрометслужбы Казахстана. Этот опыт может быть полезен и в других странах.



Список литературы

- Бугаев В.А., Джорджио В.А. (1957). Синоптические процессы средней Азии. Ташкент: АН УзССР, 650 с.
- Великанов М.А. (1964). Гидрология суши. Л.: Гидрометеиздат, 403 с.
- Гляциологический словарь (1984). Под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеиздат, 528 с.
- Жданов В.В. (2008). Водоледовый селя на реке Баянкол в декабре 2007 г. Гидрометеорология и экология, 2–3: 156–159.
- Коженкова З.П. (1967). Курс лекций по синоптической метеорологии. Алма-Ата: КазГУ, 544 с.
- Медеу А.Р., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л. (2016). Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Антология селевых явлений и их исследования. 4(1), Алматы. 576 с.
- Мочалов В.П., Шевырталов Е.П. (1989). Краткие сведения о паводке на р. Малая Алматинка 28 ноября 1987 г. Селевые потоки, 11: 76-78. М.: Гидрометеиздат.
- Назаров Ц.А. (1968). Водоселевые потоки на горных реках Казахстана. Труды координационных совещаний по гидротехнике. 42: 110-115. Л.: Энергия.
- Перов В.Ф. (2012). Селеведение. Учебное пособие. М., Географический факультет МГУ, 272 с.
- Степанов Б.С., Яфязова Р.К., Жданов В.В. (2009). Водоледяные сели. К механизму формирования водоледяных конструкций. Гидрометеорология и экология, 3: 143–152.
- Степанов Б.С. (1985). Транспортно-сдвиговый и сдвигово-эрозионный селевые процессы. Селевые потоки, 9: 3-16. М., Гидрометеиздат.
- Чижов А.Н. (1972). Особенности загорообразования на горных реках. Труды ГГИ, 192: 44–52.
- Яфязова Р.К. (2007). Природа селей Заилийского Алатау: Проблемы адаптации. Алматы, 158 с.