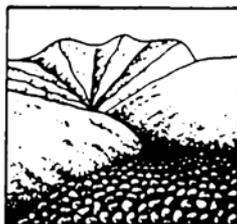


СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



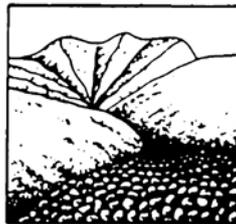
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2025

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 8th International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



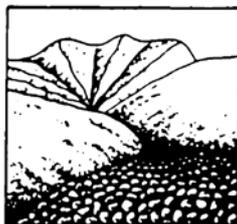
Edited by
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2025

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 6-10 ოქტომბერი, 2025



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

შპს „გეომარკეტინგი“
მოსკოვი
2025

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2025. 496 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC, 2025. 496 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო. – პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი, კ.ს. ვისხაჯიევა. – მოსკოვი: შპს „გეომარკეტინგი“, 2025. 496 ს.

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), Г.В. Гавардашвили (Институт водного хозяйства имени Цотне Мирцхулава Грузинского технического университета), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (M.V. Lomonosov Moscow State University), G.V. Gavardashvili (Tsozne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University), K.S. Viskhadzhieva (M.V. 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).

ISBN 978-5-6053539-4-2

© 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



Комплексный подход к оценке селевой опасности в горных долинах Кыргызской Республики

В. Загинаев¹, С. Ерохин², Д. Сакыев³, М. Аманова³

¹Институт исследования горных сообществ, Университет Центральной Азии, Бишкек, Кыргызская Республика, vitalii.zaginaev@ucentralasia.org

²Институт водных проблем и гидроэнергетики, Национальная Академия Наук Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызская Республика

³Департамент мониторинга, прогнозирования чрезвычайных ситуаций при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызская Республика

Аннотация. Кыргызская Республика в значительной степени подвержена действию селевых потоков. Селевые потоки составляют более 30% от общего числа опасных природных процессов, происходящих на территории Кыргызской Республики, 96% селей формируется от ливневых осадков, 3% – от снеготаяния и 1% – от прорывов высокогорных озер. Однако гляциальные сели являются наиболее катастрофическими и наносят наибольший ущерб. Для селеформирования ключевыми факторами являются: геологические (морфологический, литологический, генетический, тектонический) и гидрологические (интенсивные ливни, снеготаяние, прорывы озер). В данном исследовании определена критическая роль селевых очагов в трансформации водных потоков в селевые и в многократном увеличении их разрушительной силы. Селевые очаги используются как один из наиболее важных критериев для оценки селевой опасности долин. Для всей территории Кыргызской Республики составлен каталог селеопасных рек, содержащий информацию о более чем 700 водотоках, включая информацию о прохождении селей с 1925 г. Рациональное освоение горных территорий, а также разработка защитных превентивных мер требует от селеведения применения современных методов картографирования селей. Последние десятилетия характеризуются усиленным вниманием к проблемам оценки селевой активности и риска, возникает важность оценки роли климата в селевой активности для построения адекватной системы защиты. Для эффективного управления рисками селей и паводков необходимо четкое понимание того, где сели и паводки произошли или могут произойти; какие районы могут потенциально пострадать; понимание основных триггеров и того, как их распознать; и потенциальные структурные и неструктурные решения для снижения риска. Комплексный подход по оценке селеопасности долин позволяет эффективно планировать защитные мероприятия, зонировать территории по степени опасности и снижать ущерб от селевых процессов в условиях изменяющегося климата.

Ключевые слова: селевые потоки, селевая опасность, горные долины, Кыргызстан, селевые очаги, прорывоопасные озера, управление рисками

Ссылка для цитирования: Загинаев В., Ерохин С., Сакыев Д., Аманова М. Комплексный подход к оценке селевой опасности в горных долинах Кыргызской Республики. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2025, с. 455–468.

Comprehensive approach to debris flow hazard assessment in mountain valleys of the Kyrgyz Republic

V. Zaginaev¹, S. Erokhin², D. Sakyevev³, M. Amanova³

¹Mountain Societies Research Institute, University of Central Asia, Bishkek, Kyrgyz Republic, vitalii.zaginaev@ucentralasia.org



²*Institute of Water Problems and Hydropower, National Academy of Sciences
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic*

³*Hazard Monitoring and Forecasting Department, Ministry of Emergency Situations
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic*

Abstract. The Kyrgyz Republic is significantly exposed to debris flows. Debris flows account for more than 30% of the total number of hazardous natural processes occurring in the territory of the Kyrgyz Republic. 96% of debris flows are formed by torrential precipitation, 3% by snowmelt, and 1% by outburst floods from high-altitude lakes. However, glacial debris flows are the most catastrophic and cause the greatest damage. Key factors for debris flow formation are: geological (morphological, lithological, genetic, tectonic) and hydrological (intensive rainfall, snowmelt, lake outbursts). This study identifies the critical role of debris flow source areas in transforming water flows into debris flows and multiplying their destructive power. Debris flow source areas are used as one of the most important criteria for assessing debris flow hazard in valleys. A catalog of debris flow-prone rivers has been compiled for the entire territory of the Kyrgyz Republic, containing information on more than 1,700 water courses, including information on debris flow occurrences since 1925. Rational development of mountain territories, as well as the development of protective preventive measures, requires debris flow science to apply modern methods of debris flow mapping. Recent decades have been characterized by increased attention to problems of debris flow activity and risk assessment, highlighting the importance of evaluating the role of climate in debris flow activity for building an adequate protection system. For effective management of debris flow and flood risks, a clear understanding is needed of where debris flows and floods have occurred or may occur; which areas may potentially be affected; understanding of the main triggers and how to recognize them; and potential structural and non-structural solutions for risk reduction. A comprehensive approach to assessing debris flow hazard in valleys allows for effective planning of protective measures, zoning of territories by hazard level, and reduction of damage from debris flow processes under changing climate conditions.

Key words: *debris flows, hazard, mountain valleys, Kyrgyzstan, debris flow source areas, outburst-prone lakes, risk management*

Cite of this article: Zaginaev V., Erokhin S., Sakyev D., Amanova M. Comprehensive approach to debris flow hazard assessment in mountain valleys of the Kyrgyz Republic. In: Chernomorets S.S., Gavardashvili G.V., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). Moscow: Geomarketing LLC, 2025, p. 455–468.

Введение

Кыргызская Республика за свою многолетнюю историю неоднократно подвергалась разрушительным бедствиям, которые влекли за собой огромные экономические потери, и самое страшное – гибель людей. Среди опасных экзогенных процессов по частоте формирования, территориальному распространению, масштабам наносимых ущербов особое место занимают селевые потоки и селеформирующие паводки. В среднем ежегодно в республике происходит около 70 чрезвычайных ситуаций, связанных с селями и паводками, что составляет до 31% всех чрезвычайных ситуаций. Селе-паводковому поражению подвергаются населенные пункты (95% всех населенных пунктов республики находятся на берегах или конусах выноса рек или временных водотоков), транспортные коммуникации, сельхозугодия, гидротехнические, ирригационные сооружения и другие объекты. Почти на всей территории Кыргызской Республики проявляется селевая деятельность.

В период весенне-летних ливней 2024 г. на реках, стекающих со склонов Кичи-Алайского, Алайского, Ферганского, Чаткальского, Кыргызского, Кунгей и Терской Ала-Тоо хребтов, наблюдались выдающиеся селевые паводки, принесшие большой экономический ущерб. В ходе прохождения селевых потоков были разрушены дома,



затоплены сельскохозяйственные поля, разрушены мосты и дороги, а также были человеческие жертвы. Всего за весенне-летний период 2024 г. было зафиксировано более 50 разрушительных селевых потоков.

В 2024 г. на реке Зындан (бассейн р. Тон) в результате прорыва высокогорного озера повторились мощные грязекаменные селевые потоки, по мощности сходные с катастрофическим селем прорывного характера сошедшим по этой долине в 2008 г. [Narama et al., 2010; Zaginaev et al., 2024].

Место исследования

Территория Кыргызстана занимает юго-восточную часть Центральной Азии. Ее границы проходят главным образом по естественным рубежам – гребням высоких горных хребтов и рекам, за исключением окраинных долин (Чуйской, Таласской и Ферганской), где граница спускается на равнину. На севере и северо-востоке она граничит с Казахстаном, юго-востоке – с Китаем, юго-западе – с Узбекистаном и на юге – с Таджикистаном. Площадь республики составляет 198,4 тыс. км², основная часть которой занята мощной горной системой Тянь-Шань, а на юге – хребтами Памиро-Алая.

Более 60% территории страны находится на высоте от 2000 до 4000 м над уровнем моря [Ресурсы поверхностных вод СССР, вып. 1]. В широтном направлении вытянута вся горная система. В систему Тянь-Шаня входят следующие орографические районы: Северный, Восточный, Западный, Юго-Западный и Внутренний. Северный Тянь-Шань представляет собой сравнительно молодую горную систему, включающую следующие горные хребты в пределах Кыргызстана: Таласский, Кыргызский, Кунгей и Тескей Ала-Тоо [Ресурсы поверхностных вод СССР, вып. 2], созданную глыбовыми поднятиями и складкообразованием на месте старой, ранее существовавшей, но сильно выровненной. Позднее поднятия и складки подверглись различным рельефным изменениям, в особенности речной эрозии.

В тесной зависимости от геологических условий: от состава пород, разломов и др. зависит развитие тех или иных типов селевых очагов, играющих ключевую роль в селеформировании. Селевые очаги – это участки горных долин, обладающих свойствами трансформации водного потока в селевой. Селевые очаги часто путают с эрозионными очагами, которые также являются участками горных долин, которые лишь подпитывают обломочным материалом водный поток, качественно не изменяя его. Водные потоки до селевого очага имеют плотность ниже 1,1 г/см³, после прохождения селевого очага выше 1,1 г/см³ и до 2,5 г/см³. При прохождении эрозионных очагов водный поток подпитывается рыхлообломочным материалом, однако, его плотность остается ниже 1,1 г/см³.

Морфологически селевые очаги представляют собой узкие и глубокие горные ущелья с крутыми высокими бортами, чаще сложенными рыхлообломочным неустойчивым к размыву материалом, или реже скальными породами. Днища ущелий имеют крутизну 10–20° и выше. Днища завалены рыхлообломочным, в основном, склоновым материалом, а также обломками, принесенными с верхних участков долины. Особую форму имеют селевые очаги, образованные на склонах передовых уступов моренно-ледниковых комплексов. Это, так называемые, селевые овраги, или селевые врезы глубокие с крутыми бортами с V-образным поперечным профилем. Вверх по оврагу высота его бортов и ширина по их верхней кромке уменьшаются. Селевые овраги на горных склонах получили название селевых рытвин или селевых лотков. Длина селевых очагов изменяется от нескольких сотен метров до первых километров, высота бортов от нескольких десятков до первых сотен метров.

Эрозионные очаги имеют форму крутых обрывов, которые образуются при подрезании рекой либо горных склонов долины, либо уступов речных террас. Длина эрозионных обрывов обычно составляет несколько десятков метров, высота от 1 до 30–40 м.

Между селевыми и эрозионными очагами нет отчетливо выраженной морфологической, литологической, инженерно-геологической границы. Тип очага



проявляется по результатам воздействия на него водного потока: если водный поток, насыщаясь обломочным материалом, переходит в селевой – это селевой очаг, если он так и остается водным потоком, хотя и насыщенным наносами, то очаг эрозионный. Различием между селевым и водным паводковым потоками является их плотность. В соответствии с положением «Руководства селестоковыми станциями и гидрографическими партиями» (1990) принято считать, что плотность селевой смеси превышает 1100 кг/м³. Морфология селевых русел имеет большие отличия от русел паводковых. Навалы глыб и валунов, селевые валы и ложбины, русловые ступени, «выплески» грубообломочного материала на поверхности надпойменных террас – вот признаки селевых русел. По ним выявляются селевые очаги в горных долинах.

Селевые врезы распространены преимущественно на моренных отложениях ниже современного оледенения. Они распространены по территории более или менее равномерно. Селевые рытвины развиты не только на элювиально-делювиальном субстрате, но и на коллювиальном (на осыпях). Причем, в современных гляциальных и перигляциальных областях рытвины приурочены преимущественно к осыпям. Отмечены случаи их развития и на уступах морен, где могут зарождаться сдвиговые и эрозионно-сдвиговые селевые процессы.

Другие типы очагов развиваются преимущественно на скальных участках горных хребтов (скальные очаги). Чаще их можно видеть по тектоническим разломам на контактах. Поэтому скальные селевые очаги встречаются в осевых участках горных хребтов. Рытвины, развиваются преимущественно, на осадочных толщах, делювиальных склонах, развитых в средних частях хребтов и в предгорьях. К осадочным толщам делювиальным отложениям приурочены и активные стокообразующие поверхности.

Селевые врезы приурочены не только к древним моренам, но и к другим мощным морфогенетическим образованиям, таким как оползни, обвалы, каменные глетчеры.

Результаты

Из анализа данных, составленного для всей территории Кыргызской Республики каталога селеопасных рек выделены на основе данных об исторических катастрофических селевых потоках наиболее подверженные районы, карта приведена на рис. 1.

Основной причиной селеобразования в Кыргызстане являются дожди большой интенсивности и продолжительности, что составляет около 96% от всех зарегистрированных в республике случаев, на долю селевых потоков, вызванных активным снеготаянием, приходится порядка 3% и около 1% приходится на потоки прорывного характера.

Как правило наибольшая селевая активность проявляется обычно не на главной реке бассейна, а на ее притоках, имеющих большее падение (высокие уклоны) и сравнительно небольшие размеры водосборов, которые чаще могут быть одновременно охвачены интенсивным дождем. В селевых районах Кыргызской Республики в теплый период года выпадает в среднем 200–500 мм осадков. Осадки ливневого характера наблюдаются в апреле – августе (селеопасный период). Среднее число дней с ливнями в апреле – июле равно 5–7. В последние годы в связи с изменением климата в некоторых областях наблюдается продление селеопасного периода до сентября.

Анализ имеющихся материал показал, что сели возникали при осадках с количеством более 30 мм за дождь, при этом интенсивность ливней в Приферганском горном обрамлении достигала 1,44 мм/мин, в Ыссык-Кульской котловине – 1 мм/мин, на Кыргызском хр. – 0,7 мм/мин, на Таласском – до 0,5 мм/мин [*Крошкин и Талмаза, 1960; Ильясов, 1962*].

Образование селевого потока начинается в форме паводка, который, двигаясь вниз по долине, попадает в селевой очаг, насыщается рыхлообломочным материалом и тем самым трансформируется в селевой поток. Сель и паводок – это разные формы горных потоков. Одна форма может легко трансформироваться в другую и обратно в зависимости от строения горной долины. Селевые потоки тесно связаны с паводками и



наоборот. Поэтому прогнозирование селевой активности отражает в целом увеличение до катастрофических размеров водности горных и предгорных потоков. Селевые потоки отличаются от паводковой более высокой концентрацией твердого материала и плотностью. При насыщении паводкового потока грубообломочным материалом более 10% его плотность возрастает свыше $1,1 \text{ г/см}^3$. Такой поток уже качественно отличается от паводкового.

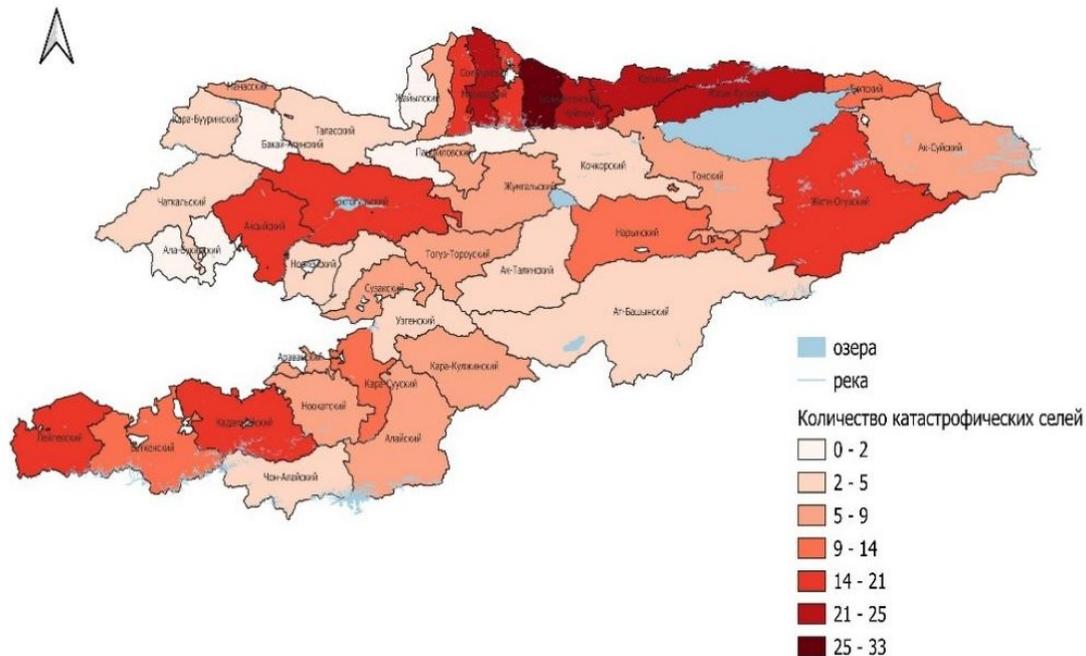


Рис. 1. Количество селевых потоков по административным районам Кыргызской Республики

Скорость движения селевых потоков — в среднем 2–4 м/с, иногда 4–6 м/с, что обуславливает их большое разрушительное действие [Херхеулидзе, 1972].

Кроме паводков селевые потоки сопровождаются наносоводными и эрозионными процессами.

Селевые потоки в Кыргызской Республике возникают в результате:

- 1) выпадения жидких атмосферных осадков;
- 2) прорывов высокогорных озер и внутриледниковых емкостей
- 3) интенсивного таяния снега.

При своем движении вниз по долине вода прорывного потока проникает в рыхлообломочные породы, слагающие борта и днище долины, насыщает их и вовлекает в движение. При этом концентрация твердого обломочного материала в потоке возрастает, плотность потока увеличивается. По мере насыщения прорывного потока обломочным материалом увеличивается его плотность, от которой зависит структура и динамика потока. На первом этапе селеформирования насыщение еще не значительно, его плотность увеличивается только до $1,4 \text{ кг/дм}^3$. Такой поток по своим свойствам относится к наносоводным. На втором этапе насыщения плотность возрастает до $1,8 \text{ кг/дм}^3$ и поток становится грязевым. На третьем этапе плотность может увеличиться до $2,5 \text{ кг/дм}^3$ и поток переходит в грязекаменный, обладающий огромной разрушительной силой. В таком потоке глыбы диаметром до 5–6 м плывут как легкие деревянные.

Таким образом, по структурному сходству, по соотношению гидродинамических и реологических свойств селевые потоки группируются в следующие типы:

- 1) наносоводные;
- 2) грязевые;
- 3) грязекаменные.



Наблюдения в горных долинах показывают, что в селеформировании принимает участие рыхлообломочный материал различных генетических типов четвертичных отложений. При этом вклад каждого типа в процесс селеформирования далеко не одинаков. Так, в процессе полевых испытаний выяснилось, что генетически различные отложения насыщают водный поток обломочным материалом не одинаково: наиболее высокая степень насыщения наблюдается в селевых потоках, размывающих гляциальные отложения морен. Напротив, степень насыщения селевых потоков, размывающих аллювиальные отложения значительно ниже (см. таблицу 1). Соответствует концентрации и плотность селевых потоков. Селевые потоки высокой плотности могут сформироваться из гляциальных или пролювиальных отложений, но не из аллювиальных.

Таблица 1. Результаты расчетов концентрации обломочного материала в селевой смеси C_t , % и плотности селевого потока

Стратиграфо-генетический комплекс	Число проб	Весовая концентрация обломочного материала в селевом потоке, C_t	Плотность селевых потоков, ρ_c , г/см ³
аллювий Q_{IV}	30	0.41	1.68
аллювий Q_{III}	30	0.58	1.96
аллюво-пролювий Q_{IV}	36	0.47	1.78
аллюво-пролювий Q_{III}	30	0.41	1.68
коллювий Q_{IV}	50	0.53	1.87
делювий Q_{IV}	38	0.47	1.78
гляциальный Q_{IV}	60	0.63	2.04
гляциальный Q_{III}	30	0.91	2.50
гляциальный Q_{II}	30	0.91	2.50
коллювиально-гляциальный Q_{IV}	30	0.58	1.96
пролювиальный Q_{III-IV}	30	0.82	2.3

Причиной не одинаковой предрасположенности генетически разных отложений к селеформированию является их литологический состав. В гляциальных или пролювиальных отложениях содержится больше пылеватых и глинистых частиц, чем в аллювиальных отложениях, из которых эти частицы вымываются постоянно действующими речными потоками.

Сели гляциального генезиса

В горах Северного Тянь-Шаня за время их формирования образовались тысячи озер различного генезиса, из которых сотни озер имели неустойчивые плотины и прорывались. Последствия многих прорывов были катастрофическими для жителей горных долин и предгорных равнин [Ерохин и др., 2020; Ерохин и Диких, 2003]. В процессе движения вниз по долине прорывной поток может трансформироваться в селевой поток, при этом его разрушительная энергия возрастает в десятки раз. Соответственно резко увеличиваются площадь зоны селевого поражения, и степень разрушительности селевого потока. Из-за того, что прорывной поток часто трансформируется в селевой, прорывоопасные озера стали называть селеопасными.

Несмотря на то, что потоки гляциального генезиса составляют всего 1% от общего числа селей они практически во всех зарегистрированных случаях носят катастрофический характер [Erokhin et al., 2019; Zaginaev et al., 2016]. Некоторые параметры проливных потоков, которые трансформировались в катастрофические селевые потоки приведены в таблице 2.



Таблица 2. Наиболее катастрофические сели гляциального генезиса

№	Название озера	Бассейн реки	Год прорыва	Расход прорывного потока, м ³ /с	Расход селевого потока, м ³ /с	Тип озера	Горный хребет
1	Челектор (Ч-53)	-	2017	20	200	моренно-ледниковое стационарное	Северный склон Кыргызского хребта
2	Текетор (Ч-12)	Туюк-Ыссык-Ата	16.08.1953 08.1978	40–50 30	- 300	моренно-ледниковое стационарное	
3	Такыртор (Ч-55)	Ноорус	4.06.1991 4.06.2009	15 25	- 300	моренно-ледниковое нестационарное	
4	Тезтор (Ч-8)	Ала-Арча	22.06.1953 июнь 1988 июль 2004 31.07.2012	50 - 6–8 10–15	250 - - 300	моренно-ледниковое нестационарное	
5	Топ-Карагай (Ч-10)	Ала-Арча	1974 1993	6	-	моренно-ледниковое нестационарное	
6	Аксай	Ала-Арча	50.07.1960 26.07.1961 21.08.1965 18.06.1968 24.07.1969 18.07.1970 04.08.1975 18.07.1980	- - - 30–40 30–40 10–20 - -	- - - 800 900 150 - -	внутреледниковая емкость	
7	Аксай (Ч-40)	Ала-Арча	24– 25.07.2015	-	120	моренно-ледниковое стационарное	
8	Иша (Ч-3)	Аксуу	06.1968	20	100	моренно-ледниковое нестационарное	
9	Кейды-Кучкач (Ч-4)	Аксуу	07.1980 12.08.1983	40 40–50	- 500	моренно-ледниковое стационарное	
10	Ат-Джайлоо (Ч-13)	Кегеты	13.07.1968 1997	- 10	- 60	моренно-ледниковое стационарное	
11	Джарды-Каинды (Ч-26)	Сокулук	1995	-	-	моренно-ледниковое	
12	Акпай (Ч-19)	Сокулук	01.08.2021	30	350	моренно-ледниковое нестационарное	
27	Бузулгансуу (Н-14)	Шамси-Кочкорское	июль 1987	20	100	ледниковое	Южный склон Кыргызского хребта
13	Джалпактор (Т-2)	Чиркана к Талас	20.06.1969 14.07.1976 07.1993 07.1997	- - 5–8 35	- - 150 300	моренно-ледниковое нестационарное	Северный склон Талас-



№	Название озера	Бассейн реки	Год прорыва	Расход прорывного потока, м ³ /с	Расход селевого потока, м ³ /с	Тип озера	Горный хребет
							ского хребта
14	Кызылжар (И-72)	Чон-Аксуу	15.07.1958	50	-	моренно-ледниковое	Южный склон хребта Кунгей-Ала-Тоо
20	Чоктал-1 (И-1)	Чоктал	27.09.1978	30	300	моренно-ледниковое стационарное	
21	Чоктал-2 (И-2)	Чоктал	09.1999	11	250	моренно-ледниковое нестационарное	
22	Чонкойсуу (И-13)	Чонкойсуу	14.06.1994	20	-	моренно-ледниковое	
15	Чон-Кызылсуу (И-29)	Чон-Кызылсуу	5.06.1959 октябрь 1966 11.07.1968	- 60 50	- - -	моренно-ледниковое стационарное	Северный склон хребта Тескей-Ала-Тоо
16	Кичи-Кызылсуу (И-53)	Кичи-Кызылсуу	август 1952	45	-	моренно-ледниковое стационарное	
17	Тамга (И-6)	Тамга	12.08.1964	30	-	моренно-ледниковое стационарное	
18	Тосор (И-176)	Тосор	9.07.1995	60	-	моренно-ледниковое стационарное	
19	Ангысай	Тон	17.06.1975 24.07.1978	- 15	- 300	внутреледниковая емкость	
23	Суюктор (И-10)	Джеруй	1985	-	300	моренно-ледниковое нестационарное	
24	Кольтор (И-35) (I-35)	Тон	июль 2003	-	-	моренно-ледниковое нестационарное	
25	Курумды (И-172)		июль 2015	-	-	моренно-ледниковое нестационарное	
25	Четынды (И-181)	Джеруй-Аксай-Тон	15.08.2013	15	300	моренно-ледниковое нестационарное	
26	Зындан (И-167)		июль 2008 август 2024	25 -	250 200	моренно-ледниковое нестационарное	
28	Аллаудин (О-20)	Шахима рдан	июль 1998	30	300	моренно-ледниковое нестационарное	Северный склон Алайского хребта
29	Тегермач-южный (О-16)	Исфайра мсай	июль 1999	-	-	моренно-ледниковое стационарное	
30	Тегермач-северный (О-15)	Исфайра мсай	июль 1978	30	600	моренно-ледниковое стационарное	



№	Название озера	Бассейн реки	Год прорыва	Расход прорывного потока, м ³ /с	Расход селевого потока, м ³ /с	Тип озера	Горный хребет
31	Яшилькель	Исфайра мсай	18.06.1966	1000	2000	Завально-обвальное	
31	Яшилькель	Исфайра мсай	18.06.1966	1000	2000	Завально-обвальное	

Оценка селевой активности горных долин

Развитие селевых процессов зависит от двух групп факторов: 1) геологических факторов; 2) гидрологических факторов. Каждая группа факторов играет свою роль в формировании селевых потоков и от их совокупного действия зависит активность селевого процесса в каждой горной и предгорной долине.

Особенно большую роль в оценке селевой активности горных долин играет исторический фактор. Однако фиксация селевых потоков проводится в Кыргызстане эпизодически и зависит от катастрофичности селевого потока. Селевые потоки, не причинившие вред населению, обычно не заносятся в исторические хроники, хотя их мощность бывает весьма значительной. Поэтому исторические данные о проявлениях селевых потоков в прошлом по той или иной долине необходимо дополнять натурными исследованиями селевых признаков в этой долине.

Каждый селевой поток оставляет следы, которые проявляются в различных признаках строения формируемой им долины, из множества которых выделяются три главных:

- признаки в строении русла водотока;
- признаки в строении руслового конуса выноса;
- признаки в составе отложений, слагающих днище горной долины.

В этих селевых признаках отражается действие всех вышеперечисленных геологических и гидрологических факторов селеформирования. По этим признакам можно оценить селевую активность горных долин Тянь-Шаня и разделить их по степени активности на 4-е категории: А, Б, В, Г (таблица 3).

Таблица 3. Признаки селевой активности

№ п/п	Категории горных долин по селевой активности	Селевые признаки в главной долине			Селевая активность
		в строении русла водотока	в строении устьевого конуса выноса	в составе отложений днища долины	
1	А	1) селевые гряды; 2) селевые ступени; 3) селевые перемычки; 4) отсутствие русловой отмостки.	1) глыбово-каменные валы и языки; 2) селевые ложбины; 3) глыбовые россыпи; 4) миграция русла по поверхности конуса.	1) навалы крупных обломков вдоль берегов русла; 2) отложения инстративного и перстративного аллювия; 3) селевая фация аллювия.	Весьма активные
2	Б	1) глыбово-валунно-каменная	1) конус выноса расчленен врезом русла на глубину 5–25 м;	1) уменьшение крупности обломочного материала от	Малоактивные



№ п/п	Категории горных долин по селевой активности	Селевые признаки в главной долине			Селевая активность
		в строении русла водотока	в строении устьевого конуса выноса	в составе отложений днища долины	
		русовая отмостка; 2) галечно-гравийно-песчаная пойма; 3) уступы подреза берегов.	2) поверхность конуса хорошо задернована.	стрежня русла к берегам; 2) отложения перстративного аллювия с содержанием селевых наносов;	
3	В	1) отсутствие русловой отмостки; 2) селевые ступени; 3) уступы подреза берегов.	1) миграция русла по поверхности конуса; 2) глыбово-каменные валы и языки.	1) слоистые отложения перстративного и инстративного аллювия; 2) селевая фация аллювия	Активные
4	Г	1) отсутствие русловой отмостки; 2) гравийно-суглинистая пойма	1) выпуклый продольный профиль; 2) разветвленная сеть распластанных по конусу русел временных водотоков;	1) пролювиальные отложения; 2) отсутствие сортировки наносов; 3) отсутствие зависимости между крупностью обломков и продольным уклоном долины; 4) суглинистый и супесчаный заполнитель.	Активные

Из ряда селевых признаков, указанных в таблице 2, важнейшим является русловая отмостка. Она образуется в результате поступления в русло достаточно крупного обломочного материала преимущественно не аллювиального генезиса. Энергии водотока недостаточно для перемещения этого материала вдоль русла даже в период паводков, поэтому вдоль русла формируется каменная отмостка из плотно пригнанных один к другому валунов и крупной гальки. Так происходит в долинах, где почти отсутствует селевая активность. В этом случае между потоком и аллювиальными отложениями возможно динамическое равновесие, при котором фракционный состав транспортируемых наносов соответствует крупности русловых отложений.

В селеактивных долинах, где паводки часто формируются из селевых потоков, в процессе их распада, русловая отмостка не образуется. Это обусловлено тем, что селевые паводки имеют повышенную плотность, которая придает им эрозионную энергию достаточную, чтобы взломать русловую отмостку на всем протяжении крупных долин. Поэтому строение русла в селеактивных долинах отличается отсутствием русловой отмостки. Вместо плотно пригнанных валунов, выстилающих русловое ложе, в русле селеактивных долин наблюдаются валунно-галечные ступени, навалы валунов, подрезы бортов русла.

Другим важным селевым признаком является состав русловой фации аллювия. В селеактивных долинах категории А и В русловой аллювий представлен, в основном инстративным типом, а на участках расширений, выше конусов выноса боковых долин, перстративным типом. Для первого типа характерны небольшая мощность (несколько



метров), плохая сортировка и обработка обломочного материала. Перстративный аллювий (перестилаемый) представляет собой слоистые отложения с хорошо обработанным обломочным материалом, мощностью первые десятки метров. В долинах категории Б преобладает перстративный тип руслового аллювия, меньше развит констративный аллювий, значительную роль играет пойменный аллювий. В предгорных долинах категории Г днище выстилают пролювиальные отложения временно действующих потоков.

Для долин каждой категории характерен свой комплекс типов селеобор, составляющих эти долины, и определяющих не только их селевую активность, но и типы селевых потоков, их мощность, периоды селевой активизации (таблице 4).

Таблица 4. Категории селевой активности горных долин

№ п/п	Категория долины	Типы селеоборов в долинах	Селевая активность	Зоны формирования селевых потоков	Типы селевых потоков	Мощность селевых потоков, расход, м ³ /сек	Селективный период	Пик селевой активности
1	А	1–4	Весьма активные	высокогорная	1) грязекаменные плотностью 1,8–2,2 г/см ³ ; 2) наносоводные плотностью 1,1–1,4 г/см ³	от 100 до 1000 м ³ /сек	июнь–август	третья декада июля–первая декада августа
2	Б	2–4	Малоактивные	высокогорная	1) грязекаменные плотностью 1,8–2,2 г/см ³ ; 2) грязевые плотностью 1,4–1,8 г/см ³ ; 3) наносоводные плотностью 1,1–1,4 г/см ³	10–100 м ³ /сек	июнь–август	вторая половина июля – первая половина августа
3	В	4–5	Активные	средне-низкогорная	1) грязевые плотностью 1,4–1,8 г/см ³ ; 2) наносоводные плотностью 1,1–1,4 г/см ³ .	10–200 м ³ /сек	май–сентябрь	июнь–июль
4	Г	6	Активные	предгорная	1) наносоводные плотностью 1,1–1,4 г/см ³ ; 2) грязевые плотностью 1,4–1,8 г/см ³ .	3–8 м ³ /сек	апрель – июнь	май



Разделение горных долин на категории позволяет дифференцировать горные и предгорные территории по их предрасположенности к селеформированию, отразить эту дифференциацию на карте (рис. 2) и использовать её для построения селевого прогноза, как критерий, определяющий место проявления селевого потока.

Селеактивность горных долин изменяется в процессе её развития. Деградация ледников приводит к появлению разнообразных типов моренно-ледниковых комплексов, которые играют важную роль в формировании селевых потоков, так как через них проходят потоки талых ледниковых вод. На поверхности моренно-ледниковых комплексов образуются прорывоопасные озера, так как их плотины на 40–60% состоят из неустойчивых погребенных льдов. Прорывные потоки дают начало мощным катастрофически опасным селевым потокам.

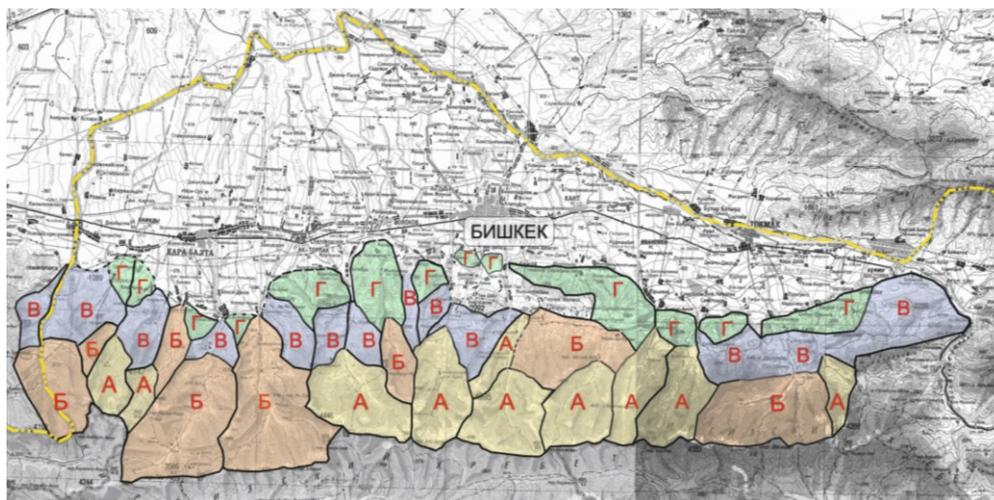


Рис. 2. Распределение горных долин северного склона Кыргызского хребта по категориям селевой активности.

Для всей территории Кыргызской Республики обновлена карта селевой опасности с учетом частоты прохождения селевых потоков, зон формирования и возможных объемов селей, приведенная на рис. 3.

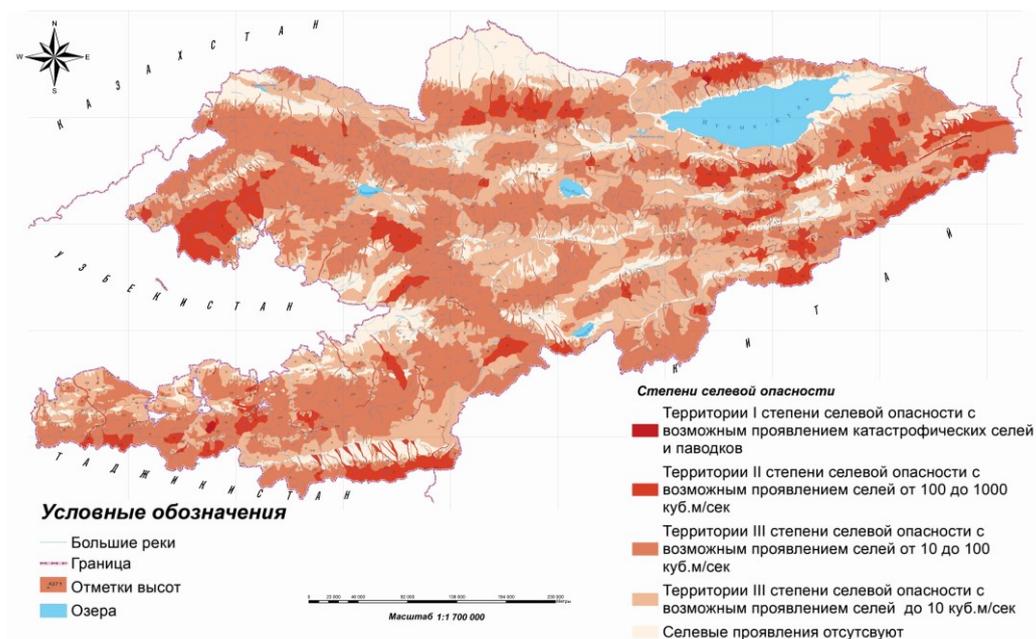


Рис. 3. Карта селевой опасности Кыргызской Республики



На рис. 4 приведен фрагмент каталога селеопасных рек Кыргызской Республики, содержащий на данный момент информацию о 729 водотоках. Каталог также содержит информацию об исторических селевых событиях, что является очень важным для составления и обновления карт селевой активности.

Отношение	Название водотока	Куда и с какого берега	Длина водотока, км	Площадь селеоборного бассейна, кв. км	Абсолютная высота, м		Средний уклон русла водотока	Даты прохождения селей или периоды селевой опасности	Карта-схема	Тип селевого потока	Возможные причины возникновения	Селевая активность	
			Общая	Общая	Истока водотока	Устья конуса выноса							
Бассейн озера Иссык-Куль	Чон-Сарыбулак	"	16	29,6	3080	1610	91	-	49	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	средняя	
	Чон-Сугеты	"	17	32,1	3330	1610	101	-	50	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	средняя	
	Карасу	"	9,8	66	2090	1610	49	29.07.1952	51	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	средняя	
	Тургень-Аксу	Р. Джиргалан (л)		50	412	3340	1760	32	17.06.2016, 23.06.2016, 22.09.2015	52	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	средняя
	Кудор	р.Тургень-Аксуу (л)		2,51	10	2735	2197	214	IV-VII	52A	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	средняя
	Боз-Учук	-		14,24	73,8	3141	1912	86	27.06.2011, 10.11.2016	52Б	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	средняя
	Джиргез	Аксуу		26	191	3029	1903	43	22.09.2015	52В	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	средняя
	Каракол	-		50	394			49	17.07.2012, 12.04.2012, 16.10.2020, 29.05.2020	52Д	Наносоводный, Грязекаменный	Ливневые	высокая
Сай междуручья Турсу-Актерек	Кан, Чон-Арык		-	75	-	-	-	28.07.1964	53	Наносоводные	Ливневые	средняя	

Рис. 4. Фрагмент каталога селеопасных рек Кыргызской Республики.

Заключение

Селевые потоки формируются в горных и предгорных долинах по всей территории Кыргызской Республики. По ходу своего движения они начинают распадаться, отлагать принесенный обломочный материал и трансформироваться в паводковые потоки, которые устремляются вниз на подгорные равнины. Таким образом, зона действия селевых процессов охватывает не только горы и предгорья, но и подгорные равнины, то есть значительную часть территории Республики

Формирование и развитие селевых процессов происходит при определенных условиях, складывающихся в горной долине под действием ряда факторов, которые разделяются на гидрологические и геологические. Первые определяют формирование водной составляющей селевого потока, от вторых зависит насыщение водного потока грубообломочным материалом, и его трансформация в селевой поток.

Селевые потоки характеризуются кратковременностью своего прохождения, высокой скоростью и разрушительной силой, насыщенностью твердым материалом, создающим характерные отложения. Сели обладают также большой эрозионной способностью, вызывая углубление русел и разрушение берегов, могут приводить к образованию паводков на реках. Сели формируются как на временных, так и на постоянных водотоках, при этом расход потоков резко возрастает и превышает паводковые расходы в несколько раз. Для селей характерно движение в виде последовательных волн (валов) с образованием заторов из обломочного материала, снежно-ледниковой массы, деревьев, кустарников с последующим их прорывом. Селевые потоки формируются при взаимодействии геолого-геоморфологических и гидрометеорологических факторов. К геолого-геоморфологическим факторам относятся – крутизна склонов и русел, наличие большого количества легкоразмываемых пород, селевых очагов и русел.

Для комплексной оценки селеопасности горных долин предлагается использовать комплекс факторов на основе селевых признаков, приведенных в таблицах 4 и 3.



Список литературы

- Ерохин С.А., Диких А.Н. Оценка опасности действия селевых и паводковых потоков на территории Ала-Арчинского национального парка // Известия НАН КР, вып. 4, Бишкек, 2003, с. 130–139.
- Ерохин С.А., Загинаев В.В., Чонтоев Д.Т. Прорывоопасные озера Кыргызстана. Бишкек, 2020, 272 с.
- Ильясов А.Т. Сели на территории Киргизии и условия их возникновения // Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1962, с. 115–118.
- Крошкин А.Н., Талмаза В.Ф. О селевых явлениях в Киргизии // Изв. АН Киргизской ССР, сер. естеств. и технич. наук, 1960, 2(4): 147–162.
- РД 52.30.238-89. Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям. Вып. 1. Организация и проведение работ по изучению селей. М., Гидрометеиздат, 1990.
- Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 14, Средняя Азия. Бассейн р. Сыр-Дарья, Гидрометеиздат, 1969, вып. 1.
- Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 14, Средняя Азия, Бассейны оз. Иссык-Куль и рек Чу, Талас, Тарим. Гидрометеиздат, 1973, вып. 2.
- Херхеулидзе И.И. Скорости течения и русловые характеристики селевых потоков // Тр. ЗакНИГМИ, 1972, Вып. 40 (46).
- Erokhin S.A., Zaginaev V.V., Meleshko A.A., Ruiz-Villanueva V., Petrakov D.A., Chernomoretz S.S., Viskhadzhieva K.S., Tutubalina O.V., Stoffel M. Debris flows triggered from non-stationary glacier lake outbursts: the case of the Teztor Lake complex (Northern Tian Shan, Kyrgyzstan) // Landslides, 2018, 15(1): 83–98. doi: 10.1007/s10346-017-0862-3.
- Narama C., Duishonakunov M., Kääh A., Daiyrov M., Abdrakhmatov K. The 24 July 2008 outburst flood at the western Zyndan glacier lake and recent regional changes in glacier lakes of the Teskey Ala-Too range, Tien Shan, Kyrgyzstan. // Natural Hazards and Earth System Sciences, 2010, 10(4), 647–659.
- Zaginaev V., Ballesteros-Cánovas J.A., Erokhin S., Matov E., Petrakov D., Stoffel M. Reconstruction of glacial lake outburst floods in northern Tien-Shan: implications for hazard assessment // Geomorphology, 2016, 269: 75–84. doi: 10.1016/j.geomorph.2016.06.028.
- Zaginaev V.V., Sakyev D.J., Nazarkulov K.B., Amanova M.T., Isaev E.K., Erokhin S.A. Monitoring the development of potential hazardous mountain lakes using remote sensing in the Kyrgyz Republic // International Journal of Geoinformatics, 2024, 20(12): 36–48.