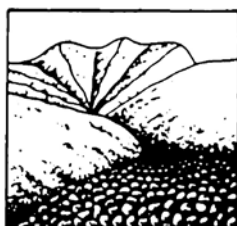


СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

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 (Tsotne 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



Проблемы управления селевым риском в Кыргызстане

И.А. Торгоев

*Научно-инженерный центр «Геоприбор» Национальной Академии наук
Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызская Республика, isakbektor@mail.ru*

Аннотация. В последние годы в Кыргызстане наблюдается стремительное нарастание количества климатически обусловленных катастроф, среди которых по величине экономического и экологического ущерба на первое место выдвинулись сели. За период 1990–2024 гг. на территории Кыргызстана по данным МЧС КР зарегистрировано 1876 чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с селевыми потоками различного генезиса, что составляет 42,5% от общего числа ЧС природного характера. За этот же период от селевых потоков погибло 72 человека. В этом отношении наиболее рекордным стал 2024 г.: только с апреля по август в Кыргызстане зарегистрирован 331 селевой поток, 22 человека погибли, разрушено более 400 км автомобильных дорог и около 30 км каналов, затоплены 5354 домохозяйств. В целом только экономический ущерб от селей в 2024 г. оценивается в 15 млн долларов. В настоящей статье представлены некоторые результаты анализа рекордной селевой активности, зафиксированной в 2024 г. Статья нацелена на разработку и реализацию комплекса первоочередных мер, направленных на предотвращение и/или снижение нарастающей селевой опасности и риска в условиях происходящих климатических и социально-экономических изменений

Ключевые слова: селевые потоки и селевые паводки, изменение климата, предотвращение и/или снижение селевых рисков

Ссылка для цитирования: Торгоев И.А. Проблемы управления селевым риском в Кыргызстане. 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. 433–443.

Problems of debris flow risk management in Kyrgyzstan

I.A. Torgoev

*Scientific and Engineering Center “Geopribor” of the National Academy of Sciences of
the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic, isakbektor@mail.ru*

Abstract. In recent years, Kyrgyzstan has seen a rapid increase in the number of climate-related disasters, among which debris flows have come out on top in terms of economic and environmental damage. According to the Ministry of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic, 1,876 emergencies related to debris flows of various origins were registered in Kyrgyzstan in the period 1990–2024, which is 42.5% of the total number of natural emergencies. During the same period, 72 people died from debris flows. In this regard, 2024 was the most record-breaking year: from April to August alone, 331 debris flows were registered in Kyrgyzstan, 22 people died, more than 400 km of roads and about 30 km of canals were destroyed. In general, the economic damage from debris flows in 2024 alone is estimated at \$15 million. This article presents some results of the analysis of record debris flow activity recorded in 2024. The article is aimed at developing and implementing a set of priority measures aimed at preventing and/or reducing the increasing debris flow danger and risk in the context of ongoing climatic and socio-economic changes.

Key words: debris flows and debris flow floods, climate change, prevention and/or reduction of debris flow risks



Cite of this article: Torgoev I.A. Problems of debris flow risk management in Kyrgyzstan. 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. 433–443.

Краткий обзор проблемы

Территория Кыргызской Республики в значительной мере подвержена воздействию селевых потоков и паводков. Селевые потоки фиксируются по всей горной и предгорной части Кыргызстана. Практически вся территория страны является селеопасной – всего насчитывается 3103 селеопасных бассейнов. Наибольшее количество селеопасных русел имеется в бассейнах р. Чу – 479, Талас – 254, Нарын – 789, Карадарья – 666, озеро Иссык-Куль – 375 [Атлас, 2025].

На рис. 1 представлена карта селевой опасности территории Кыргызстана, составленная на основе карты С.С. Кубрушко, на которой представлены результаты расчетов по категориям селевой опасности [Кубрушко, 1990]. Следует обратить внимание на то, что рассматриваемая карта селевой опасности была разработана в 1982 г. и, поэтому не учитывает изменение климатических условий за последние 40 лет, а также изменения, вызванные человеческой деятельностью (антропогенный фактор). По указанным причинам по сравнению с 1982 г. существенно возросла подверженность территории страны селевым процессам и явлениям, причём селеопасными стали не только сельские районы, но и города Ош, Чолпон-Ата, Раззаков, Кызыл-Кия, Кок-Жангак, Кочкор-Ата, Базар-Коргон, Майлуу-Суу, Сулюкта и другие крупные населённые пункты Арстанбап, Сумсар, Самаркандек, Чаувай.

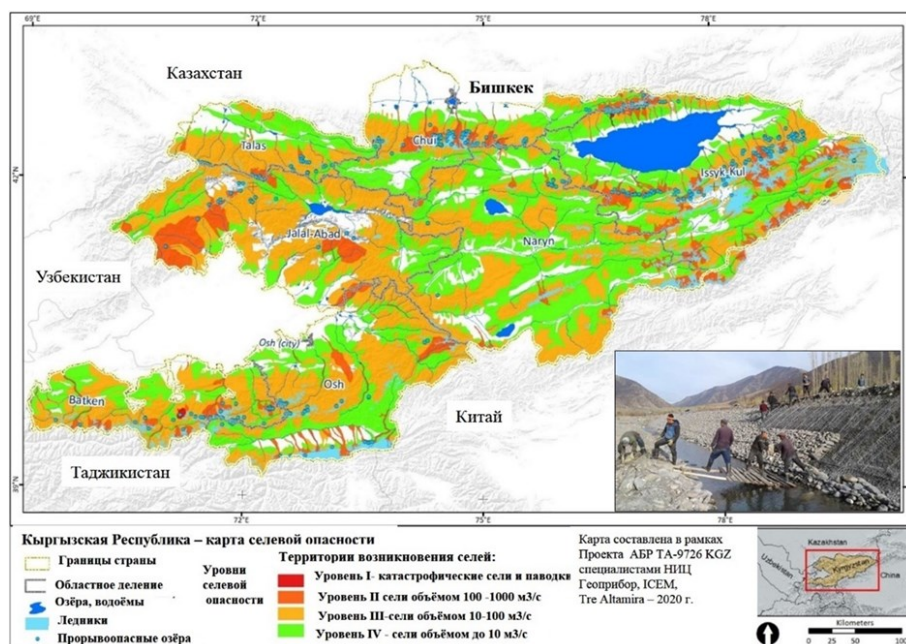


Рис. 1. Карта селевой опасности территории Кыргызстана, составленная на основе карты С.С. Кубрушко. На врезке внизу справа – укрепление габионами и каменной наброской селеопасного русла реки.

В этой связи для эффективного управления селевыми рисками давно назрела необходимость в уточнении пространственной оценки селевой опасности и риска (карт) в контексте происходящих климатических и социально-экономических изменений, которые должны учитываться в прогностических моделях, базирующихся в основном на статистическом понимании прошлого опыта. В результате необходимо получить перспективную карту селевой опасности, учитывающую все эти факторы и процессы вместе с оценкой их эволюции в среднесрочной и долгосрочной перспективе с учетом условий изменения климата. Точная информация о том, где и когда произошли сели, а



также понимание ключевых факторов, вызывающих селевые потоки различного генезиса, имеет важное значение для смягчения будущих воздействий селей на общество.

Природные факторы формирования селей

Селевые потоки на территории Кыргызстана обусловлены сочетанием многих природных (физико-географических, геологических, геоморфологических, гидрометеорологических) факторов. Геоморфологические факторы, такие как крутизна склонов, уклоны русел горных рек, площади водосборов, наличие рыхлообломочных материалов из года в год меняются мало. Поэтому основное влияние на возникновение селевых потоков оказывают гидрометеорологические характеристики и климатические факторы: ливневые дожди, резкие повышения температуры воздуха (волны жары) в высокогорных районах, увлажнённость почвы, мощность снежного покрова.

Существуют сложные взаимосвязи между гидрометеорологическими факторами, изменением климата, связанными с ними селевыми потоками. Недавние исследования показывают ошутимое влияние изменения климата на количество и частоту селевых потоков как в целом по Кыргызстану (рис. 2), так и в отдельных районах [Загинаев, 2022; Торгоев, 2023]. Как показано на рис. 2 в последние годы из-за изменения климата наблюдается стремительный рост селевых ЧС, характеризующийся экспоненциальным трендом их возрастания. Помимо устойчивой закономерности роста количества селей отмечается их расширяющаяся география.

Наглядный пример селевых потоков, обусловленных экстремальными осадками, это сели, вызванные необычными режимами выпадения осадков в Иссык-Кульском районе от города Чолпон-Аты до села Темировка. Так, 11 августа 2024 г. по данным автоматической метеорологической станции МЧС, установленной выше, г. Чолпон-Ата, только за один час с 20:00 до 21:00 выпало 167 мм осадков при среднегодовой норме 157 мм, причем интенсивность локального дождя достигла в 20:50 небывалого значения 8 мм/мин. Как известно, количество осадков и их распределение во времени являются ключевыми параметрами, которые напрямую влияют на масштабы селевого потока и сценарии селевого паводка. Сочетание рекордного количества осадков с их небывалой интенсивностью стало причиной мощных селевых потоков в указанном районе. Отметим, что средняя интенсивность осадков, вызывающая селевые потоки в горах Тянь-Шаня, составляет 22–28 мм/день, в зависимости от водосбора.



Рис. 2. Статистика селевых чрезвычайных ситуаций в Кыргызстане за период 1990–2024 гг.

Буквально через неделю, 18 августа в 11:30 был поставлен новый рекорд интенсивности локального ливня, составивший 10,9 мм/мин и в итоге впервые за много лет наблюдений в районе г. Чолпон-Аты селевые потоки возникали в период с 6 по 18 августа три раза – также своеобразный рекорд. Описываемые экстремальные



ливневые события в Иссык-Кульском районе, ставшие причиной и триггерным механизмом разрушительных селей, безусловно представляют собой последствия всё более усиливающегося изменения климата.

В ледниковых бассейнах действуют дополнительные природные факторы селевой активности, такие как интенсивное таяние снега, ледников и подповерхностного льда и, что важно, расширение ледниковых озёр. Усиливающееся потепление климата приводит не только возникновению волн жары на больших высотах, но и к увеличению доли жидких осадков весной и осенью, что продлевает селеопасный сезон и смещает зону возникновения селевых потоков в нивально-гляциальный пояс гор.

К числу опасных событий, вызванных сочетанием аномальных осадков и волн жары (рис. 3), относится прорыв (опорожнение) высокогорного озера Акпай, который произошёл 2 августа 2021 г. в Сокулукском районе Чуйской области [Торгоев, 2023]. Прорыв этого моренно-ледникового озера вызвал разрушительный селевой паводок по рекам Акпай и Сокулук. На графиках, представленных рис. 3, наглядно показано, что за две недели с 1 по 14 июня 2021 г. на северном склоне хребта Киргизский Ала-Тоо выпало большое количество атмосферных осадков (75,6 мм) в виде дождя и снега, а начиная с 13 июня было зафиксировано устойчивое увеличение максимальной температуры воздуха с 5,3°C до 12°C (волна жары) к 29 июня 2021 г. Сочетание большого количества жидких и твёрдых осадков, выпавших на площади водосбора ледника Акпай (5,2 км²), с устойчивым ростом температуры вызвали интенсивное таяние снежного покрова и постепенное наполнение чаши озера ливневыми дождями и талыми водами.

С 1 по 20 июля 2021 г. количество выпавших осадков составило 30,7 мм, что в сочетании с относительно высокой температурой воздуха способствовало дальнейшему росту площади и объёма воды в озере за счёт жидких осадков и таяния ледника. За сутки 21–22 июля 2021 г., то есть за 10 дней до опорожнения озера выпало аномально большое количество осадков (28,4 мм) в виде дождя и снега, и после этого было вновь зафиксировано резкое повышение максимальной температуры воздуха с 3,4 °C до 18,2 °C к 25 июля (волна жары). Это вызвало ещё более сильное таяние снега и льда с дальнейшим увеличением объёма воды в озере до критического уровня.

За сутки 30–31 июля вновь выпало большое количество осадков (16 мм) в виде дождя и снега. При достижении критического объёма оз. Акпай опорожнилось по внутриледниковым каналам, вызвав мощный селевой поток вниз по рекам Акпай и Сокулук с расходом до 20 м³/с, который разрушил 400 метров дорожного полотна на 37 км дороги Сокулук — Тёш-Булак, а также мост-путепровод выше села Сокулук.

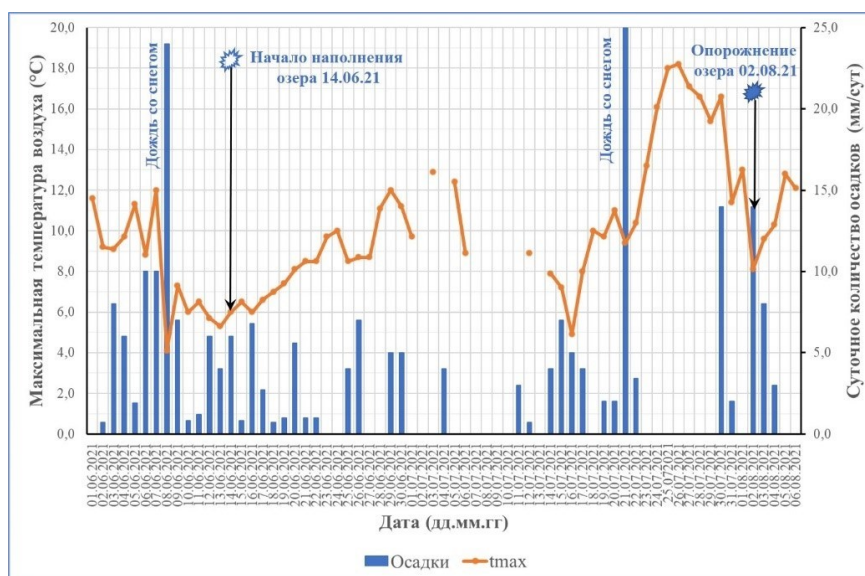


Рис. 3. Характер изменения максимальной температуры воздуха и количества осадков в высокогорной зоне Киргизского хребта, где расположены ледник и озеро Акпай (по данным ГМС «Тёо-Ашу», высота 3800 м)



Анализ эволюции и опорожнения озера Акпай в 2017–2021 гг., сделанный на основе космоснимков, позволил вовремя предупредить население и местные органы власти об угрозе прорыва и селевом риске, что позволило предотвратить человеческие жертвы. Незадолго до прорыва озера Акпай была закрыта автодорога Сокулук-Шаркыратма, проведена эвакуация 8 семей чабанов и поэтому жертв при прохождении волны прорыва не было.

Рассмотренные примеры возникновения дождевых селей в августе 2024 г., прорыва оз. Акпай с селевым потоком в августе 2021 г. показывают, как важно получать своевременную информацию для мониторинга селевых процессов различными методами, включая дистанционное зондирование Земли [Загинаев, 2022] и мониторинг гидрометеорологической обстановки (климатических характеристик), имеющими важное значение для заблаговременного выявления экстремальных погодных условий, которые могут вызвать возникновение разрушительных селевых потоков.

К числу прочих природных факторов, вызывающих возникновение селей, относятся землетрясения, оползни, длительные засухи и лесные пожары.

Землетрясение является природной опасностью, которая может повлиять на возникновение селевых потоков. Во время землетрясений образуется большое количество рыхлых осадочных пород в результате камнепадов, каменных лавин и оползней, происходящих одновременно. Повышенная доступность наносов, подверженных переносу в результате выпадения осадков, и широко распространенная нестабильность в горных водосборах увеличивают вероятность селевых потоков в первые годы сразу после землетрясения. Действительно, порог осадков для инициирования селевого потока, по-видимому, значительно снижается по сравнению с порогом, наблюдавшимся до землетрясения. Наряду с этим землетрясения могут выступать в качестве триггеров (спусковых механизмов) прорывов ледниковых и завальных озёр, сопровождающихся формированием гидродинамической волны прорыва, трансформирующейся в селевой поток.

Оползни

Во многих исследованиях экзогенных геологических процессов (ЭГП) показано, что оползни могут вызывать селевые потоки [Торгоев, 2023]. В большинстве случаев сели и оползни проявляются независимо друг от друга. Однако иногда, как например, в бассейне р. Майлы-Суу, между ними возникает парагенетическая связь, предопределяющая дальнейший ход ЭГП. В этом случае нередко источником возникновения селей являются оползневые массы, которые попадая в русло рек, служат источником питания селей (твёрдой составляющей). Оползни часто изменяют морфологию русла и увеличивают количество рыхлообломочных отложений. Кроме того, оползневые отложения могут внезапно обрушиться или разжижиться, увеличивая общую магнитуду селевого события или создавая серьёзную нагонную волну, чреватую прорывом искусственных и естественных плотин. Подобные сценарии возможны при продолжительных ливнях, которые доводят до насыщения рыхлые оползневые отложения, затем разжижают их и создают условия для текучести селевой массы.

Многочисленное повторение процессов перекрытия русла р. Майлы-Суу на участке оползней Тектоник, Кой-Таш, в долинах р. Ашваз, Бедре-Сай сопровождалось возникновением временных подпрудных озёр (водоёмов). При переполнении этих водоёмов происходил размыв оползневых запруд, сложенных рыхлыми отложениями оползней, с трансформацией волны прорыва в наносоводные и грязевые селевые потоки [Торгоев, 2023].

Деградация лесного покрова и вырубка леса

Участившиеся в последние годы из-за потепления климата и волн жары лесные пожары, приводят к полной или частичной утрате лесного покрова и подстилки, отложению золы, изменению свойств почвы и горных пород, образованию



водоотталкивающих почв. В результате пожаров гидрологические условия водосборного бассейна претерпевают глубокие изменения. Гидрологическая реакция на изменения водосборного бассейна обусловлена снижением инфильтрационной способности почвы к атмосферным осадкам. Потеря органического вещества в приповерхностном почвенно-растительном слое может привести к снижению стабильности почвы и её более легкой эрозии. Следовательно, поверхностный и русловый сток увеличится, что повысит скорость поверхностной эрозии и объём влекомых наносов. Инициирование селевых потоков, связанных с пожарами, вызвано в основном эрозией и уносом материала поверхностным стоком.

Потепление климата наблюдается по всей Центральной Азии, увеличиваясь с высотой [Shahgedanova, 2018], причём будущее потепление и продление безморозного периода прогнозируются по климатическому сценарию СМIP6 и региональным климатическим моделям. Неопределенность в прогнозах осадков весьма значительна, но для гор прогнозируется увеличение осадков в теплый сезон и доли жидких осадков [Jang, 2020]. В этой связи необходимы более подробные оценки для успешного управления селевыми рисками как в целом по стране, так и по областям, но они требуют понимания изменений климатических условий, способствующих нарастанию селевой активности. Назрела настоятельная необходимость разработки порогов атмосферных осадков, которые предопределяют наиболее важные предшествующие условия селевых потоков в сочетании с анализом приближающихся ливней. Это, в свою очередь, требует всеобъемлющих наборов гидрометеорологических данных по селеопасным бассейнам с расширением наблюдательной сети метеостанций и гидрологических постов Кыргызгидромета. Особую значимость для прогнозирования селей приобретает внедрение радар-мониторинга осадков

Согласно Докладу о глобальных рисках, сделанном на Всемирном экономическом форуме 2024 г. в Давосе, экстремальные погодные явления в настоящее время считаются вторым по значимости глобальным риском для общества, и, по прогнозам, они будут представлять собой главный глобальный риск в течение следующих 10–15 лет, увеличивая частоту ливневых и гибридных селей (сочетание осадков со снеготаянием) на территории Кыргызстана.

Антропогенные и техногенные факторы активизации селей

Изменение климата — не единственный фактор, увеличивающий угрозу, создаваемую селями. Изменения, вызванные человеческой деятельностью, рассматриваются как фактор, имеющий такую же, если не большую, важность, чем изменение климата, в воздействии на возникновение оползней и селей. Антропогенная деятельность, быстрая урбанизация и другие социально-демографические изменения являются ключевыми факторами в изменении временных и пространственных закономерностей возникновения селей и числа людей, объектов экономики и инфраструктуры, подверженных селевому риску. Подробный анализ основных антропогенных факторов, вызывающих возникновение оползней и селей в Кыргызстане был дан нами ранее [Торгоев, 2023]. Здесь лишь перечислим основные антропогенные причины активизации селей: перевыпас чрезмерного количества скота с нарастающей эрозией горных склонов вблизи населённых пунктов; распашка склонов и водоразделов под сельскохозяйственные культуры с обустройством арычной сети и чрезмерным поливом сельхозугодий; неконтролируемая урбанизация и всё возрастающие масштабы строительства (зачастую незаконного) жилых, туристических (горнолыжных) и рекреационных объектов в предгорной зоне и в бассейнах рек; прокладка местных автодорог и других объектов локальной инфраструктуры; добыча грунтов и инертных материалов (песка, гравия, галечника) в руслах и поймах селеопасных рек; вырубка пойменных лесов и сведение растительности на склонах; выжигание травы и кустарников и т.п.

Возникновение селевых потоков на высотах свыше 2500 м над уровнем моря мало зависит от антропогенной деятельности человека, однако техногенные факторы,



связанные с добычей в высокогорных районах полезных ископаемых, строительством транспортных коммуникаций и гидротехнических сооружений может изменить сложный горный рельеф, а также нарушить пути поверхностных потоков и тем самым увеличить восприимчивость к селям, а следовательно, и селевой риск.

В Кыргызстане сели техногенного генезиса вызывались неадекватной эксплуатацией различного рода промышленных накопителей, в первую очередь отвалов и хвостохранилищ на горнорудных предприятиях. Сели подобного типа отличаются катастрофичностью проявления и масштабностью последствий, включающих, помимо всего, возможность загрязнения водосборных территорий и сельскохозяйственных угодий в низовьях горных рек. Примерами таких селей могут служить радиоактивный сель 16 апреля 1958 г., образовавшийся в результате прорыва дамбы уранового хвостохранилища № 7, расположенного выше г. Майлуу-Суу [Торгоев, 2024], а также токсичный сель, возникший при обрушении дамбы хвостохранилища № 2 в Ак-Тюзе, содержавшего тяжёлые металлы и радиоактивные тории.

Этапы и процесс управления селевым риском

Проблемы, влияющие на процесс управления рисками селей в эпоху быстрых изменений климата, социально-экономических изменений и меняющихся общественных приоритетов, представлены в виде схемы оценки и управления рисками, представленной на рис. 4. Процесс управления селевым риском, можно разделить на пять этапов, причём каждый последующий этап включает в себя предыдущие, а все вместе они образуют интегрированную структуру, схематически проиллюстрированную на рис. 4.

Схема эффективного управления риском селей включает:

- анализ подверженности территории селевым процессам является первым шагом в рабочем процессе управления риском селей путем разработки (создания) карт подверженности селям для последующего анализа по категориям селевой опасности (рис. 1). Как правило, карты подверженности представляют собой статические изображения, отражающие потенциал того или иного бассейна к селям с учётом иницирующих условий. Один из классических подходов при анализе подверженности к селям заключается в том, что «прошлое — это ключ к будущему». Однако такой подход не учитывает изменение климатических условий, а также причинно-следственные связи селевых потоков, вызванные последовательными природными событиями (например, оползнями, лесными пожарами, речной эрозией и т.д.) и/или деятельностью человека (например, изменения в землепользовании, новые здания, сооружения и объекты инфраструктуры;

- анализ селевой опасности, включающий характеристики селевого потока (тип, размер и масштабы, скорость, механику, зону поражения) и соответствующую частоту (годовую вероятность) возникновения;

- анализ селевых рисков предусматривает анализ опасностей и анализ последствий. Анализ последствий включает выявление и количественную оценку элементов риска (имущество, люди), их временную пространственную вероятность, их уязвимость либо как условную вероятность ущерба для условной вероятности ущерба имуществу, либо как условную вероятность потери жизни или травмы;

- оценка рисков селей предусматривает синтез (объединение) данных, полученных при анализе рисков и оценивает их по оценочным суждениям и критериям принятия риска;

- управление рисками включает совместный анализ результатов оценки рисков и предусматривает разработку комплекса мер и плана по смягчению селевых рисков, включая восприятие риска, снижение вероятности, сокращение последствий, например путем разработки планов мониторинга, оповещения и эвакуации или передачи риска (например, страхованию). Эффективное управление риском включает также мониторинг результатов риска, обратную связь и итерацию при необходимости.

Весь процесс является интерактивным в рамках любого одного исследования и должен периодически обновляться по мере поступления результатов мониторинга.



Управление селевым риском включает ряд заинтересованных сторон, включая владельцев, арендаторов, затронутую общественность, уполномоченные и регулирующие органы, а также специалистов по гидрологии и аналитиков риска.

Неотъемлемой частью управления рисками является сравнение оцененных рисков с критериями приемлемости (количественными или качественными). Специалисты по гидрологии и гидрографии, скорее всего, будут задействованы в качестве аналитиков рисков и должны помочь в оценке и процессе принятия решений, но в конечном итоге именно владельцы, правительственные и регулирующие органы должны решить, являются ли рассчитанные риски приемлемыми или требуется их снижение.



Рис. 4. Схематизация этапов и процесса управления рисками селей и, связанных с этим проблем в условиях климатических, демографических изменений и социально-экономических изменений, и меняющихся социальных приоритетов

Современные технологии мониторинга и раннего оповещения об угрозе селей

Опыт ряда альпийских стран, Казахстана, Узбекистана, США и Японии однозначно свидетельствует о том, что радикальным способом предупреждения потерь людей и снижения экономического ущерба является создание эффективной системы мониторинга селевой активности (обстановки). Основная задача такой системы, которая должна быть создана в Кыргызстане при МЧС КР, – точное фиксирование всех случаев движения селевых потоков, ранее предупреждение и быстрое оповещение об угрозе их распространения.

Основу системы селевого мониторинга должны составлять станции слежения, которые фиксируют количество, интенсивность и продолжительность атмосферных осадков, температуру воздуха, расход водотоков во многих местах бассейнов селеопасных рек, а также контролируют перемещение селевой массы. Все приборы, включая автоматические метеостанции (рис. 5а), должны быть связаны между собой системой телеметрии. Данные измерений и наблюдений передаются с помощью сотовой связи и дублируются абонентской линией. Наряду с этим в селеопасный период целесообразно организовать службу непосредственного контроля с размещением гидропостов в верховьях бассейнов (рис. 5б)



Рис. 5. Гидрометеорологическая станция Майдантал (MTAL) в Узбекистане: а) общий вид площадки метеостанции с установленной спутниковой системой VSAT; б) автоматизированный гидропост, включающий датчик скорости воды и датчик уровня воды в реке типа Sommer RQ-24

Очевидно, что осуществление такой стратегии мониторинга потребует времени и средств на реализацию подобного проекта в Кыргызстане. А до той поры для контроля перемещения селевых масс необходимо широко применять простейшую аппаратуру (устройства), например, так называемые радиооповестители селя (РОС). Они представляют собой автоматизированную аппаратуру, передающую сигнал при прохождении селевого потока. Действие РОС основано на срабатывании датчиков при значительном подъёме уровня водотока и/или геофонов (сейсмоприемников), регистрирующих шум приближающегося селя. РОС – один из элементов системы предупреждения о надвигающейся селевой угрозе, устанавливаемый выше населённых пунктов, на расстоянии, достаточном для того, чтобы после получения тревожного сигнала хватило времени на эвакуацию населения из зоны возможного селевого поражения. Если системы раннего оповещения об угрозе селей хорошо спроектированы, внедрены, управляемы и проверены, оперативный прогноз селей, вызванных ливнями, осуществим, и он может помочь снизить риск селей.

К вопросу о краткосрочном прогнозировании селей

Реализация задач по прогнозированию селей возможна только в системе их мониторинга – системы регулярных наблюдений за режимом селей и прогноза их активности под воздействием природных и техногенных факторов. Один из основных подходов к прогнозированию, направленному на заблаговременное предупреждение об угрозе селей, состоит в том, что для краткосрочных прогнозов и предсказаний используются пороговые гидрометеорологические значения, т.е. численные характеристики количества, интенсивности и продолжительности атмосферных осадков, превышение которых свидетельствует о повышенной вероятности возникновения селей.

Исследователи и специалисты во многих странах определили критическое солеобразующее количество осадков, необходимое для возникновения селевых потоков. Выявление эмпирических пороговых значений количества атмосферных осадков, после накопления которых начинаются движения селевых потоков, может играть важную роль в предотвращении или смягчении селевых рисков. Для селей, вызванных осадками (ливнями), порог определяет количество осадков и гидрологические условия, при достижении или превышении которого инициируются селевые потоки. Основная проблема заключается в том, чтобы определить пороговые значения, которые являются надежными и эффективными. Например, для Кыргызстана в целом было установлено, что нижним порогом суточных норм осадков, приводящим к селям, является 30 мм [Кубрушко, 1990]. Верхним порогом суточных норм осадков, при котором сели имеют место практически всегда – 80 мм. Основной задачей Кыргызгидромета в сотрудничестве с научно-исследовательскими учреждениями является определение



эмпирических порогов по основным селеопасным бассейнам. Выявленные пороговые значения могут быть использованы в перспективе для улучшения прогноза селевых потоков в сочетании с новыми методами прогноза осадков на сложной местности, которые в настоящее время внедряются в регионе Центральной Азии.

Превентивные меры предотвращения и снижения селевого риска

Следует отметить, что масштабы борьбы с селевыми явлениями и горной эрозией почв в Кыргызстане пока не отвечают сегодняшним запросам. Во многом это объясняется экономическими трудностями, отсутствуют научно обоснованные рекомендации по проектированию противоселевых сооружений. Слабо используется опыт уже осуществленных в республике противоселевых мероприятий и сооружений, например, укрепление берегов рек с помощью габионов и каменной наброски, а самое главное, практически прекращены исследования и разработки по управлению селевыми процессами, включая мониторинг селевых бассейнов.

Так, для защиты от негативного действия селевых и наносоводных потоков автодороги Бишкек-Торугарт в Боомском ущелье свою рациональность и эффективность показали селехранилища, типа Кургактерекского, менее эффективны защитные стенки и селебросные каналы, так как они быстро заполняются рыхлообломочными материалами и теряют свои защитные качества. Поэтому рекомендации на данном этапе могут быть сведены к одному положению: строительство селехранилищ с водосбросами высокой пропускной способности.

Кардинальным решением защиты от селевых потоков являются так называемые дамбы САБО (SABO dam), представляющие собой инженерное решение, разработанное и внедрённое в Японии. Дамбы SABO обычно сооружаются в верховьях рек с крутым уклоном и быстрым течением. Они предназначены для задержания селевых потоков, камней, древесины и предотвращения разрушений в нижнем течении. На сегодняшний день, помимо более чем 64 тыс. дамб САБО различного типа и масштаба, построенных в Японии, инженерия САБО также широко применяется в Южной Корее, на Тайване, Северной Америке и других странах. Основное предназначение этих дамб состоит в следующем: уменьшение эрозии русел и берегов рек; улавливание и контроль сбрасываемых речных отложений и осадков; сортировка осадочного материала; снижение энергии селевых потоков.

Выводы и рекомендации

Сели причиняют огромный экономический ущерб населённым пунктам, объектам экономики и инфраструктуры Кыргызстана: вызывают гибель людей, смывают посевы, разрушают ирригационные каналы, скотомогильники, хранилища с токсичными материалами, сносят мосты, размывают автомобильные и железные дороги.

Из-за происходящего изменения климата в ближайшие годы количество и интенсивность атмосферных осадков в горных районах будет нарастать, вызывая рост частоты и распространённости селей.

Создание системы мониторинга за развитием селевых процессов является эффективным и надёжным инструментом управления рисками и смягчения последствий селей, обеспечивающим низкое воздействие на население, объекты экономики и инфраструктуры за счёт использования критических значений факторов (порогов), обуславливающих формирование селевых потоков.

Главными прикладными задачами научно-исследовательских учреждений исследований Кыргызстана по селевой проблеме являются: выявление эмпирических порогов количества и интенсивности атмосферных осадков по селеопасным бассейнам.

В целях расширения сети гидрометеорологических наблюдений Кыргызгидромета в горных районах и селевых очагах необходимо обустроить свыше 60 гидропостов с обязательным оснащением их радиооповестителями селей. В последние годы в Кыргызстане по разным проектам установлено около 100 автоматических



гидрометеостанций, которые должны стать станциями слежения, объединёнными в единую систему мониторинга селевой обстановки.

Список литературы

- Атлас селе-паводковой опасности на территории Кыргызской Республики. Бишкек: МЧС КР, 2025, 164 с.
- Загинаев В.В., Ерохин С.А., Аманова М.Т. Использование методов дистанционного зондирования для мониторинга участков проявления опасных экзогенных гидрогеологических процессов // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (Изд. 19-е с изм. и доп.), Бишкек: МЧС КР, 2022, с. 720–721.
- Кубрушко С.С. Географические особенности проявления и распространения селей в Киргизии // В сб.: Исследование гидрометеорологических факторов, методика расчета их параметров для целей районирования и прогнозирования природоохранных мероприятий. Фрунзе, «Илим», 1990, с. 74–85.
- Торгоев И.А. Ледниковые катастрофы, вызванные волнами жары в высокогорных районах // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (Изд. 20-е с изм. и доп.), Бишкек: МЧС КР, 2023, с. 769–773.
- Торгоев И.А. Оползневые процессы и риски на территории Кыргызстана. Бишкек: ОсОО Oreta Group, 2023, 548 с.
- Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Радиоактивные сели в долине реки Майлуу-Суу (Кыргызстан) // 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, с. 500–510.
- Чуб В.Ю., Трофимов Г.Н., Меркушкин А.С. Селевые потоки в Узбекистане. Узгидромет, Ташкент, 2007.
- Jiang J., Zhou T., Chen X., Zhang L. Future changes in precipitation over Central Asia based on CMIP6 projections // Environ. Res. Lett, 2020, 15: 054009.
- Shahgedanova M.M., Afzal M., Severskiy I., Usmanova Z., Saidaliyeva Z., Kapitsa V., Kasatkin N., Dolgikh S. Changes in the mountain river discharge in the northern Tien Shan since the mid-20th Century: Results from the analysis of a homogeneous daily streamflow data set from seven catchments // J. Hydrol. (Amst.), 2018, 564: 1133–1152.