

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 7th International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



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

Geomarketing LLC
Moscow
2024

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



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

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2024

泥石流： 灾害、风险、预测、防治

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

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

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

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

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

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

ISBN 978-5-6050369-6-8

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

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

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

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

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



Об основных природных угрозах и рисках в Таджикистане

Ф.А. Кариева, А.А. Гулахмадов

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан, karaeva-27@mail.ru

Аннотация. Наиболее опасные природные процессы в Таджикистане – землетрясения, камнепады, оползни, сели, быстрые подвижки ледников и эрозия почв, которые можно назвать общим термином «геологические угрозы». Кроме того, Таджикистан подвержен «гидрологическим угрозам», таким как засухи и наводнения, а также снежные бури и лавины. Они могут возникать как независимо друг от друга, так и во взаимосвязи: одно из них может повлечь за собой другое. Некоторые из них часто возникают в результате не всегда разумной деятельности человека.

Сели – это паводки с очень большой концентрацией минеральных частиц, камней и обломков горных пород (от 15 до 75% объема потока), возникающие в бассейнах небольших горных рек и сухих логов и вызванные, как правило, ливневыми осадками, реже интенсивным таянием снега, а также прорывами горных озер, обвалами, оползнями, землетрясениями.

По составу переносимого твердого материала селевые потоки могут быть грязевыми (смесь воды с мелкоземом при небольшой концентрации камней, объемный вес $\nu = 1 \text{ т/м}^3$), грязекаменными (смесь воды, гальки, гравия, небольших валунов, $\nu = 2,1\text{--}2,5 \text{ т/м}^3$) и водокаменные (смесь воды с преимущественно крупными валунами, $\nu = 1,1\text{--}1,5 \text{ т/м}^3$). Скорость селевого потока обычно составляет 2,5 м/с, но при прорыве заборов она может достигать 8–10 м/с и более.

Формирование селевых потоков в Таджикистане связано со скоплением большого количества рыхлообломочного материала на склонах и в руслах водотоков обильным выпадением осадков, запруживанием рек, деятельностью современных ледников. В некоторых случаях причиной формирования селей могут одновременно стать несколько факторов. Так, например, в разные периоды времени из-за обильного выпадения осадков, подвижек старых оползней, подпруживания ручьев и рек прошли очень мощные селевые потоки в Гармском (1969 и 1998 гг., кишлаки Ялдамич и Навди), Тавильдаринском (1998 г., кишлак Лангар) районах и г. Нурек (1998 г., кишлак Навдех). Каждому горному району свойственны свои причины возникновения селей. В последние годы к естественным причинам формирования селей добавились техногенные факторы: нарушение правил и норм работы горнодобывающих предприятий, взрывы при прокладке дорог и строительстве других сооружений, рубки леса, неправильное ведение сельхозработ и нарушение почвенно-растительного покрова.

Ключевые слова: сели, природные угрозы, риски, землетрясения, оползни, обвалы, техногенные факторы, геологические угрозы, гидрологические угрозы, засухи, наводнения, ледники, эрозия почв, горные районы

Ссылка для цитирования: Кариева Ф.А., Гулахмадов А.А. Об основных природных угрозах и рисках в Таджикистане. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 232–237.

About the main natural threats and risks in Tajikistan

F.A. Karieva, A.A. Gulakhmadov

Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, karaeva-27@mail.ru



Abstract. The most dangerous natural processes in Tajikistan are earthquakes, rockfalls, landslides, debris flows, glacier surges, and soil erosion, which can be called by the general term geohazards. In addition, Tajikistan is subject to hydrological hazards, such as droughts and floods, as well as snowstorms and avalanches. They can occur both independently of each other and in conjunction: one of them can lead to another. Some of them often occur as a result of not always reasonable human activity. Debris flows are floods with a very high concentration of mineral particles, stones, and rock fragments (from 15 to 75% of the flow volume), occurring in the basins of small mountain rivers and dry ravines and caused, as a rule, by heavy rainfall, less often by intense snowmelt, as well as outbursts of mountain lakes, avalanches, landslides, earthquakes. According to the composition of the transported solid material, debris flows can be mud (a mixture of water with fine earth with a small concentration of stones, bulk density $\nu = 1 \text{ t/m}^3$), mud-stone (a mixture of water, pebbles, gravel, and small boulders, $\nu = 2.1\text{-}2.5 \text{ t/m}^3$) and water-stone (a mixture of water with predominantly large boulders, $\nu = 1.1\text{-}1.5 \text{ t/m}^3$). The speed of a debris flow is usually 2.5 m/s, but when breaking through jams it can reach 8–10 m/s or more. The formation of debris flows in Tajikistan is associated with the accumulation of a large amount of loose debris on slopes and in the beds of watercourses, heavy precipitation, damming of rivers, and the activity of modern glaciers. In some cases, several factors can simultaneously cause the formation of debris flows. For example, in different periods of time, due to heavy precipitation, the movement of old landslides, and the damming of streams and rivers, high-magnitude debris flows occurred in the Garm (1969 and 1998, Yaldamich and Navdi villages), Tavildara (1998, Langar village) districts and the city of Nurek (1998, Navdekh village). Each mountainous region has its own causes of debris flows. In recent years, man-made factors have been added to the natural causes of debris flows: violation of rules and regulations for the operation of mining enterprises, explosions during road construction and the construction of other structures, logging, improper agricultural work, and disturbance of the soil and vegetation cover.

Key words: *debris flows, natural hazards, risks, earthquakes, landslides, avalanches, man-made factors, geological hazards, hydrological hazards, droughts, floods, glaciers, soil erosion, mountainous areas*

Cite this article: Kariyeva F.A., Gulakhmadov A.A. About the main natural threats and risks in Tajikistan. In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhiyeva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 232–237.

Как известно, Республика Таджикистан – это горная страна, 93% территории которой покрыто горами, достигающими максимальной высоты в 7495 м н.у.м. Климат варьируется от субтропического и континентального до полярного и зависит от региона и высоты. Высокогорные районы, как правило, подвержены различным угрозам.

Наиболее опасными для людей являются землетрясения, камнепады, оползни, сели, быстрые подвижки ледников и эрозия почв, которые можно назвать общим термином «геологические угрозы». Кроме того, Таджикистан подвержен «гидрологическим угрозам», таким как засухи и наводнения, а также снежные бури и лавины. Они могут возникать как независимо друг от друга, так и во взаимосвязи: одно из них может повлечь за собой другое. Некоторые из них часто возникают в результате не всегда разумной деятельности человека.

Под землетрясениями понимают подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии Земли и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний. Они возникают внезапно и распространяются быстро. За это время невозможно провести подготовительные и эвакуационные мероприятия, поэтому последствия землетрясений связаны с огромными экономическими потерями и многочисленными человеческими жертвами.

Число пострадавших зависит от силы и места землетрясения, плотности населения, высотности и сейсмостойкости строений, времени суток, вероятности



возникновения вторичных поражающих факторов, уровня подготовки населения, сил и средств ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Разрушительная сила землетрясения огромна, но не безгранична. При соответствующих мерах по прогнозированию, предотвращению, своевременному оповещению населения о приближении момента их возникновения, своевременному принятию мер защиты и губительных последствий вполне можно избежать или свести к минимуму.

Землетрясения антропогенного характера возникают в результате деятельности человека и являются следствием взрывов большой мощности, обрушения подземных инженерных сооружений, продавливания верхнего слоя земной поверхности при сооружении искусственных водохранилищ с большим объемом содержания воды, возведения городов с высокой плотностью застройки многоэтажными зданиями. Наиболее разрушительные и часто повторяющиеся из перечисленных выше землетрясений тектонические. Они являются результатом внезапного разрыва сплошного вещества Земли и смещения отдельных участков коры.

Предполагается, что земная кора состоит из прочных участков (блоков), расположенных относительно друг друга под разными углами, которые соединены между собой участками меньшей прочности. В зонах сочленения развиваются большие скользящие напряжения, что вызывает движение блоков и приводит к возникновению землетрясений. Такие зоны называются сейсмическими швами, а область возникновения подземного удара – очагом землетрясения. Он может находиться на глубине до сотен километров. Центр очага землетрясения называется гипоцентром. В зависимости от глубины гипоцентра землетрясения подразделяются на нормальные (при глубине до 70 км), промежуточные (от 70 до 300 км) и глубокофокусные (более 300 км).

Землетрясения, в зависимости от интенсивности колебаний поверхности земли, разделяются на следующие группы: слабые (1–3 балла); умеренные (4 балла); довольно сильные (5 баллов); сильные (6 баллов); очень сильные (7 баллов); разрушительные (8 баллов); опустошительные (9 баллов); уничтожающие (10 баллов); катастрофические (11 баллов); сильно катастрофические (12 баллов).

При 1 балле землетрясение незаметное, отмечается только сейсмическими приборами. 2 балла – очень слабое, ощущается отдельными людьми. 5 баллов – довольно сильное, ощущается общее сотрясение зданий, колебание мебели. 7 баллов – очень сильное, трещины в стенах каменных зданий. Антисейсмические и деревянные здания остаются. При 8 баллах появляются разрушительные трещины на крутых склонах гор и сырой почве. 9 баллов – опустошительное и сильное повреждение. При 10 баллах – уничтожающее, крупные трещины в почве, оползни и обвалы, при 12 баллах – сильная катастрофа. Последствия землетрясений многообразны и чрезвычайно опасны.

Территория Таджикистана расположена в зоне взаимодействия трех крупных горных структур: Памирской, Гиндукушской и Южно-Тяньшаньской. Здесь ежегодно регистрируется более 5000 землетрясений. Хотя землетрясения катастрофического масштаба случаются редко, Таджикистан в 20 в. испытал воздействие нескольких разрушительных сейсмогенных событий. К ним относится, например, Каратагское землетрясение 1907 г.

Часто землетрясения не вызывают непосредственно возникновения опасных склоновых явлений: они ускоряют развитие опасных процессов, которые могут проявиться через достаточно долгое время после самого землетрясения.

23 января 1989 г. в 25–30 км западнее Душанбе, в кишлаке Шарора, произошло землетрясение. Сила подземного толчка в эпицентре достигла 7 баллов. Сами по себе землетрясения силой 7 баллов для Таджикистана не так уж страшны и разрушительны. Однако подобные события, как правило, приводят к вторичным негативным явлениям: образованию завалов в руслах рек и водоемов, угрожающих затоплением нижележащим населенным пунктом, оползневым явлениям, сходу снежных лавин, камнепадам и другим явлениям.

Не стало исключением и Гиссарское землетрясение. Оно привело к образованию огромных оползней, которые, в конечном итоге, и явились основной причиной человеческих жертв и большого материального ущерба. Всего погибло 277 человек, из



них трое умерло в больницах, из-под завалов было извлечено 87 погибших. В общей сложности пострадало 5235 дворов с семьями (33 251 человек).

Погибло 816 голов скота, разрушено около 40 км автомобильных дорог, 6 км междугородних и 15 км местных кабельных и воздушных линий связи, общая протяженность пострадавших линий электропередач составила 120 км.

Оползни – это смещение масс горных пород вниз по склону, возникающее из-за нарушения равновесия, вызываемого различными причинами. Они бывают как естественными, так и искусственными (антропогенными).

К естественным причинам относятся:

- увеличение крутизны склонов;
- размыв их оснований речными водами;
- сейсмические толчки.

Искусственными причинами являются:

- разрушение склонов дорожными выемками;
- чрезмерным выносом грунта;
- вырубкой леса;
- неразумным ведением сельского хозяйства на склонах.

Согласно международной статистике до 80% современных оползней связано с деятельностью человека. Подавляющее большинство оползней (90%) происходит в горах на высоте от 1000 до 1700 м н.у.м.

Оползни могут происходить на всех склонах, начиная с крутизны 19°. Однако на глинистых грунтах они случаются и при крутизне склона 5–7°. Для этого достаточно избыточного увлажнения пород. По масштабам оползни подразделяются на крупные, средние и мелкие. Крупные вызываются, как правило, естественными причинами и образуются вдоль склонов на сотни метров. Их толщина достигает 10–20 м и более. Оползневое тело часто сохраняет свою монолитность. Средние и мелкомасштабные оползни имеют меньшие размеры и обычно являются следствием антропогенной деятельности.

Масштаб оползней часто характеризуется площадью, вовлеченной в процесс. В этом случае они подразделяются на грандиозные (400 га и более), очень крупные (200–400 га), крупные (100–200 га), средние (50–100 га), мелкие (5–50 га) и очень мелкие (до 5 га). По скорости движения оползни весьма разнообразны.

На территории Таджикистана отмечено более 50 тыс. оползней. Они группируются в сейсмогенные и несейсмогенные. Основной причиной сейсмогенных оползней являются сильнейшие землетрясения. Объемы таких оползней во много (10–15) раз больше, чем у обычных и перемещаются они в отдельных случаях на расстояние несколько километров от стенки отрыва. Примером может быть оползень, возникший после 9–10-балльного Хаитского землетрясения. Двигаясь с высокой скоростью, он опустошил большое количество кишлаков, погребая под собой 28 тыс. человеческих жизней. Наряду с главным оползнем, одновременно на большой площади образовались сотни других, нанесших огромный ущерб в Хаитском, Таджикабадском, Гармском и Джиргатальском районах.

В качестве другого примера можно привести оползень-обвал, возникший после Сарезского землетрясения 1911 г., происшедшего на Центральном Памире. Под обломками глыб обвала был полностью погребен кишлак Усой со всеми его жителями. Перегороженная оползнем река Мургаб вскоре затопила крупный кишлак Сарез. Образовавшееся озеро было названо Сарезским. В настоящее время площадь озера составляет 80 км², а длина около 70 км.

Не сейсмогенные оползни и обвалы связаны в основном с известными факторами. Наиболее существенными из них являются подмыв основания склона гор реками, овражная эрозия, гидрогеологическое и техногенное воздействие. Сейсмический фактор при таких оползнях может быть подчиненным. Примером может быть оползень, полностью уничтоживший часть кишлака Шарора в Гиссарском районе. Основной причиной формирования оползня был чрезмерно активный полив, постоянная утечка



воды из проложенного вдоль склона ирригационного канала и насыщение его верхней части этими водами. Спусковым механизмом, было землетрясение 23 января 1989 г. Под этим оползнем было погребено более 200 жителей кишлаков Шарора, Оккули Боло, Оккули Поен Гиссарского района.

Сели – это паводки с очень большой концентрацией минеральных частиц, камней и обломков горных пород (от 15 до 75% объема потока), возникающие в бассейнах небольших горных рек и сухих логов и вызванные, как правило, ливневыми осадками, реже – интенсивным таянием снегов, а также прорывами горных озер, обвалами, оползнями, землетрясениями.

По составу переносимого твердого материала селевые потоки могут быть грязевыми (смесь воды с мелкоземом при небольшой концентрации камней, объемный вес $\nu = 1 \text{ т/м}^3$), грязекаменными (смесь воды, гальки, гравия, небольших камней, $\nu = 2,1\text{--}2,5 \text{ т/м}^3$) и водокаменные (смесь воды с преимущественно крупными камнями, $\nu = 1,1\text{--}1,5 \text{ т/м}^3$). Скорость течения селевого потока обычно составляет 2,5 м/с, но при прорыве заторов она может достигать 8–10 м/с и более.

Формирование селевых потоков в Таджикистане связано со скоплением большого количества рыхлообломочного материала на склонах и в руслах водотоков, обильным выпадением осадков, запруживанием рек, деятельностью современных ледников. В некоторых случаях причиной формирования селей могут одновременно стать несколько факторов. Так например, в разные периоды времени из-за обильного выпадения осадков, реализации старых оползней, подпруживания ручьев и рек прошли очень мощные грязевые потоки в Гармском (1969 и 1998 гг., кишлаки Ялдамич и Навди), Тавильдаринском (1998 г., кишлак Лангар) районах и г. Нурек (1998 г, кишлак Навдех).

Каждому горному району свойственны свои причины возникновения селей.

В последние годы к естественным причинам формирования селей добавились техногенные факторы: нарушение правил и норм работы горнодобывающих предприятий, взрывы при прокладке дорог и строительстве других сооружений, рубки леса, неправильное ведение сельхозработ и нарушение почвенно-растительного покрова.

Внезапные паводки в узких долинах рек в холмистой и горной местности особенно разрушительны. На равнинах юга страны и в широких речных долинах масштабные наводнения случаются, когда реки выходят из берегов, прорывают дамбу или переливаются через нее и иногда меняют свое русло. Обильные снегопады в 2004 г. и жаркое лето 2005 г. стали причиной резкого таяния снегов и ледников, и в июне-августе 2005 г. многие регионы страны подверглись наводнениям. В районе Хамадони паводок полностью разрушил 136 домов; более 2000 человек лишились своих домов и более 6,5 тыс. человек пришлось эвакуировать.

Аналогичное бедствие произошло в Пенджикентском районе, где паводок разрушил 466 домов и нанес ущерб 3 тыс. жителей.

7 августа в результате стихийного бедствия сошла селевой поток в кишлаке Дашт Рошткалинского района. Погибло 24 человека и более 500 семей остались без жилья.

Анализ Государственной службы наблюдений Управления «Таджикглавгеология» выявил следующие долины рек в качестве наиболее подверженных паводкам и селям:

- Могиендара, Шинг, Фороб, Кштут в Пенджикентском Фондаря и Ягноб в Айнинском районе;
- Зеравшан в Пенджикентском и Айнинском районах;
- Понгаз, Ошоба и Шаидон в Аштском районе;
- Ванч, Язгулем, Бартанг, Гунт, Шохдара в Горно-Бадахшанской автономной области;
- Пяндж, Кафирниган, Яхсу, Тоирсу и Кызылсу в Хатлонской области.

Почти 50% всех паводков и селей происходит в Гиссарской и Каратегинской долинах т.е. в районах республиканского подчинения, где было выявлено в общей сложности 466 населенных пунктов, подверженных селевым потокам и наводнениям.

По данным КЧС и ГО ПРТ в 2020 г. зарегистрированы 213 чрезвычайных случаев природного характера, в том числе 95 случаев схода лавин, 36 случаев селей, 30 случаев



землетрясений, 21 случаев сильных ветров, 9 случаев проливных дождей, 9 случаев камнепадов, 6 случаев оползней, 4 случая подъема уровня воды в водохранилищах и 2 случая гроз [Сафаров, Фазылов, Гулаезов, 2021]. В 2021 г. на территории республики зарегистрировано 359 стихийных бедствий, в том числе: 153 схода лавин, 53 селя, 42 камнепада, 40 сильных ветров, 33 землетрясения, 19 подъемов уровня воды в водохранилищах, 8 проливных дождей, 7 оползней, 1 случай эрозии почвы с обрушением, 1 случая сильного холода и 2 – грома и молний. Количество опасных природных явлений за период 2017–2021 гг. представлено в таблице 1.

Таблица 1. Опасные природные явления за 2017–2021 гг.

Виды стихийных бедствий	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Землетрясения	33	30	25	30	33
Лавины	720	8	445	95	153
Сели	41	48	80	36	53
Камнепады	21	44	37	9	42
Сильный ветер	13	7	18	21	40
Повышение уровня воды	32	11	32	4	19
Гром и молния	–	3	1	2	2
Оползни	23	8	13	6	7

В 2020 г. в результате стихийных бедствий погибло 8 человек, 4 из которых – в результате схода селевого потока. Сумма ущерба по стихийным бедствиям и катастрофам за 2020 г. составила 58 911 400 сомони, из которых 20 289 300 сомони – от последствий схода селей. В 2021 г. в результате стихийных бедствий погибло 42 человека. Сумма ущерба по стихийным бедствиям за 2021 г. составила около 142 млн сомони, из которых 104 млн сомони – от последствий схода селевых потоков (около 73%) [Сафаров, Фазылов, Гулаезов, 2021].

Для оценки риска стихийных бедствий и решения задач по предотвращению и управлению стихийными бедствиями необходимо использовать современные геоинформационные технологии. В частности, фотограмметрию и дистанционное зондирование, наиболее эффективные при управлении рисками стихийных бедствий, а также, в частности, при мониторинге и картографировании.

В настоящее время для картографирования и мониторинга районов, пострадавших от стихийных бедствий, все чаще используются небольшие системы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Мониторинг осуществляется путем захвата отдельных аэрофотоснимков или видеопотоков и передачи изображения в режиме реального времени непосредственно на землю. Опыт зарубежных стран показывает, что использование БПЛА для экстренного расследования локации чрезвычайных ситуаций значительно сокращает время, расходы и риски, связанные с работой на месте, и обеспечивает ценную, высокоточную информацию с высоким разрешением, которая приводит к эффективному решению возникших проблем.

Засуха – это комплекс метеорологических факторов в виде продолжительного отсутствия осадков в сочетании с высокой температурой и понижением влажности воздуха, приводящих к нарушению водного баланса растений и вызывающий их угнетение или гибель.

Засуха в Таджикистане явление редкое. За последние годы на территории страны это явление наблюдались в 2000–2001 гг. Засуха была очень высокой, в общей сложности по республике пострадало 3 млн человек.

Список литературы

Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Гулаезов М.Ш. Оперативный мониторинг и картирование в общей системе управления рисками стихийных бедствий. С. 111–112.