

туризми Муассисай давлатии таълимии “Донишгоҳи давлатии Ҳуҷанд ба номи академик Б.Фафуроҳ”.
E-mail: amriddin.misirov.1991@mail.ru

Сведения об авторах: Собиров Мурод Собитджонович - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и охраны природы факультета геоэкологии и туризма Государственное образовательное учреждение «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова». E-mail: m.s.sobirov@mail.ru; Мисиров Амридин Амонович - преподаватель кафедры геоэкологии и методики её обучения факультета геоэкологии и туризма ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова». E-mail: amriddin.misirov.1991@mail.ru

About the authors: Sobirov Murod Sobitjonovich - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Nature Protection of the Faculty of Geoecology and Tourism of the State Educational Institution "Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov." E-mail: m.s.sobirov@mail.ru; Amriddin Amonovich Misirov - lecturer in the Department of Geoecology and Methods of Teaching, Faculty of Geoecology and Tourism, Khujand State University named after Academician Bobojon Gafurov. E-mail: amriddin.misirov.1991@mail.ru

УДК 551.583:551.54 (575.3)

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ, ТАКИХ КАК СЕЛИ И ОПОЛЗНИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗЕРАФШАН

Расулзода Х.Х.^{1,*}

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников» Национальной академии наук
Таджикистана

*Автор-корреспондент: E-mail: hamidjon1966@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности проявления селевых и оползневых процессов в бассейне реки Зерафшан, являющихся одними из наиболее распространённых и опасных природных катастроф региона. Отмечается, что формирование этих явлений связано с сочетанием климатических, геологических и сейсмических факторов, а также с интенсивным антропогенным воздействием. Приведены примеры катастрофических событий прошлых лет, повлекших значительный материальный ущерб и человеческие жертвы. Подчёркивается, что ежегодные убытки от селей и оползней достигают миллионов сомони, что выражается в разрушении инфраструктуры и деградации земель. Отдельное внимание уделено проблемам мониторинга и прогнозирования стихийных бедствий, а также перспективам применения геоинформационных технологий и систем раннего предупреждения. В заключение обосновывается необходимость комплексных мер по снижению риска и минимизации последствий опасных экзогенных процессов в бассейне реки Зерафшан.

Ключевые слова: Зерафшан, бассейн реки, сели, оползни, природные катастрофы, климатические факторы, геология, сейсмичность, антропогенное воздействие, мониторинг, прогнозирование, снижение риска.

Введение

Слово «сель» происходит от арабского слова «сайль», которое обозначает «бурный поток». Сель – это внезапный поток с высоким содержанием твёрдого материала, возникающий в гористых местностях, где имеются огромные запасы рыхлообломочного материала. Сели возникают во время сильных дождей, интенсивного таяния снега или льда, а также при прорыве завальных озёр [1-2]. Сели отличаются от других русловых процессов кратковременностью в сочетании со

значительным количеством одновременно перемещающихся рыхлообломочных продуктов выветривания горных пород, а также внезапностью возникновения. Именно неожиданность и внезапность возникновения делают сель опасным природным явлением.

В селевых потоках доля твёрдого материала, как правило, составляет от 15 до 70%, тогда как во временных или постоянных водотоках она обычно не превышает 1% от общего объёма. В результате при формировании селя в зоне его разгрузки

за короткий срок выносится огромное количество твёрдого материала – иногда миллионы кубометров. Такая высокая насыщенность твёрдым материалом и обуславливает огромную разрушительную силу селей [3].

На основе проведенного анализа мы пришли к выводу, что большинство ученых придерживаются мнения о существовании трех групп факторов формирования селей:

1. Климатические и ландшафтные. К ним относятся ливневые осадки, таяние снежного покрова и горных ледников, наличие многолетней мерзлоты, а также характер почвенно-растительного покрова.

2. Геологические и геоморфологические. Эта группа включает особенности рельефа, состав и свойства горных пород, а также проявления эндогенных процессов (неотектоника, сейсмическая и вулканическая активность).

3. Антропогенные. К факторам этой группы причисляются вырубка лесов, чрезмерный выпас скота, последствия ведения горнодобывающих работ и другие виды хозяйственной деятельности.

Согласно многолетним статистическим данным [4], в том числе 95% селей вызваны ливнями или затяжными дождями. При этом пороговые значения солеобразующих осадков варьируют от 15-20 мм/сутки, а в засушливых регионах до 100-200 мм/сутки во влажных.

Роль снежного покрова в селевом процессе, несмотря на недостаточную интенсивность чистого снеготаяния для формирования селевого расхода, проявляется в трёх ключевых аспектах:

- Синергия с дождями: Талая вода усиливает эффект ливней в период снеготаяния, провоцируя массовый сход селей.

- Снежниковые сели: Формирование специфических селей, питаемых талыми водами снежников.

- Водо снежные потоки: Зарождение

переходных явлений между селем и лавиной.

Сели. Согласно [5], в Республике Таджикистан в 2015 г. в результате резкого повышения температуры и выпадения осадков в виде дождя и снега произошёл массовый сход селей. Произошёл процесс наложения атмосферных осадков на интенсивное снеготаяние

Ледники вносят значительный вклад в селевую активность, выступая источником специфических гляциальных селей и формируя рыхлые толщи, которые долговременно снабжают селевые потоки твёрдым материалом. Эти сели способны формироваться как в периоды наступления, так и деградации ледников, однако их активность резко возрастает на этапах отступания [6]. Именно в это время у концов ледников образуются озёра, а непосредственными причинами схода селей становятся прорывы приледниковых и внутриледниковых водоёмов, а также обрушения моренных и фирново-ледяных масс.

В Таджикистане сели стоят на одном из первых мест по причинённому ущербу, наряду с наводнениями, приводящими к размыву берегов. Анализ статистических данных Агентства по гидрометеорологии КООС при Правительстве Таджикистана и Государственной службы наблюдений Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан показывает, что наиболее опасными и подверженными паводкам и селям являются долины следующих рек [7-9]:

1. Пенджикентский район: Могиёндара, Шинг, Фароб, Киштут;

2. Айнинский район: Фондарья и Ягноб;

3. Пенджикентский и Айнинский районы: Зерафшан.

Таким образом, на всей территории Таджикистана ежегодный ущерб от селевых потоков оценивается свыше 300 тысяч долларов США.

В настоящее время в Агентстве по гидрометеорологии КООС при Правительстве РТ создано мониторинговое подразделение, в котором ведутся наблюдения за формированием селей, а также делаются прогнозы на 24-48 часов. Прогнозы даются на основе синоптического анализа [10].

В бассейне реки Зерафшан встречаются в основном сели дождевого происхождения, образующиеся во время затяжных дождей. Редко образуются сели смешанного типа, в основном в верховьях реки Зерафшан. В их формировании кроме ливневых и затяжных дождей участвует и интенсивное таяние снега.

На карте показаны области накопления селевых отложений и пути транзита и частичного формирования селей. Образование селя происходит в селевом очаге, а его формирование продолжается в процессе движения селевых масс в русле водотока. Происходит размыв русловых и прислоновых отложений, которые вовлекаются в процесс обогащения селя твёрдой составляющей.

Среди селевых очагов были выделены локальные очаги, которые формируют селевой поток, а также рассредоточенные селевые очаги. В первой группе – очаг рассматривается как индивидуальный объект, во второй – как площадь, в пределах которой находится большое количество локальных микро очагов. Иногда к последней группе относились несколько сближенных селевых очагов, образующих общий конус выноса.

Среди всего многообразия классификаций селей можно выделить селевые потоки и селевые паводки [3]. К селевым паводкам относятся мощные водные потоки, возникающие во время паводков, которые несут с собой большое количество взвешенных наносов и обладают хорошей транспортирующей способностью. Выявлено несколько типов селевых паводков, различающихся по скорости, обломочному материалу и временными рам-

кам. Аккумулятивные формы селевого рельефа представлены грядами, террасами и конусами выноса. Основная форма воздействия селевых паводков – переформирование русла. Ярко выраженных очагов зарождения в этих районах практически нет, и сели возникают здесь при ливневых дождях, вызывающих размыв русловых отложений и бортов водотока. Селевых конусов выноса также практически нет. Селевые отложения скапливаются в расширениях русла, иногда не достигая устья водотока. Из-за незначительных уклонов русла, его извилистости скорость паводковых селей ниже, чем других типов селей. Поэтому они практически не вызывают разрушений, а лишь затапливают грязекаменной смесью возникающие на пути препятствия. Селевые паводки широко распространены в низко- и среднегорьях. Селевые паводки распространены в долине реки Зерафшан на обоих бортах долины в районе от Пенджикента до селения Дардар [9].

Надо отметить, что выделялись только те селевые явления, которые имеют ярко выраженные дешифровочные признаки. В принципе, при достаточно интенсивных дождях селевые процессы могут возникнуть практически в каждой долине при наличии достаточного количества рыхлого материала в русле и по бортам долины.

В селевых бассейнах районов, где присутствуют современные ледники, могут формироваться не только дождевые, но и гляциальные сели. Их возникновение напрямую связано с прорывными паводками, которые, взаимодействуя с рыхлыми моренными отложениями, превращают их в подвижную массу. Источником таких паводков служат ледниковые или под пруженные моренами озера, подверженные катастрофическим прорывам.

Существующие методики позволяют рассчитать параметры прорывного паводка, если имеются данные о морфометрии озера, свойствах его естественной

плотины и температуре воды. Проведенные оценки демонстрируют, что потенциальную селевую опасность представляют лишь 15-20% озер в моренно-ледниковых комплексах, так, как только их прорыв способен инициировать формирование разрушительного селя.

Опасность гляциальных селей усугубляется крайней сложностью, а зачастую и принципиальной невозможностью их точного прогноза. Наиболее вероятные прорывы приледниковых озёр происходят в пик летнего сезона или в его второй половине. Это связано с адвекцией чрезвычайно тёплых воздушных масс с южных направлений, вызывающей резкое, на 10-15°C, потепление в высокогорье. Данный процесс приводит к интенсивному таянию льда, переполнению озёрных чащ и, как следствие, к их катастрофическому прорыву.

Хотя на основе синоптических прогнозов о вторжении горячего воздуха можно предсказать саму вероятность таких событий, определить точное место схода селя практически нереально.

Что касается терминологии, в научной и практической сфере произошла существенная эволюция. Ранее широко использовался общий термин «селевая опасность». Однако в последние годы его вытеснило более комплексное понятие — «селевой риск». Оно интегрирует в себе не только активность селевых процессов, но и степень хозяйственного освоения потенциально опасной территории. «Селевая опасность — источник потенциально-го ущерба либо вреда или ситуация при формировании селевого потока с возможностью нанесения ущерба, а селевой риск — это сочетание частоты или вероятности формирования селя с определёнными характеристиками и последствий от этого опасного события» [11]. В данной работе термин «селеопасный» применяется с чисто качественных позиций, без рассмотрения возможного риска (ущерба)

для объектов. Селевые очаги, которые не представляют опасности для народно-хозяйственных или жилищных объектов показаны как не опасные.

Селеопасным периодом принято считать временной интервал в течение года, для которого характерно наличие предпосылок к зарождению селей. Разумеется, для непосредственного схода селевого потока требуется внешний триггер — таким импульсом может служить ливень, интенсивность и продолжительность которого превышают критические пороги, либо прорывной паводок с расходом воды, достаточным для мобилизации рыхлого материала.

Непосредственная фаза, когда возникает реальная угроза формирования селя, определяется как селеопасная ситуация.

Для точного определения границ селеопасного периода проводится ретроспективный анализ условий, приводивших к сходу селей в прошлом. Его начало, и окончание устанавливаются по датам устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C — весной в сторону положительных значений и осенью в сторону отрицательных. При этом обязательному учету подлежит внутригодовое распределение осадков, способных инициировать селевые процессы.

Согласно ряду исследований, ключевым условием является форма выпадающих осадков: при среднесуточной температуре воздуха $\geq 2^{\circ}\text{C}$ они, как правило, имеют жидкую фазу, что существенно повышает риски.

Ещё 22 мая 1873 года город Пенджикент пострадал от селей. Наибольшее количество селевых потоков в долине р. Зерафшан прошло весной 1969 года после уникально многоснежной зимы, когда склоны гор оказались насыщенными талой водой. Самые благоприятные условия для образования селей в долине р. Зерафшан складывались тогда, когда ливни выпадали на увлажнённую талыми

снеговыми водами территорию. Селями была охвачена зона от 1100 до 5100 м над уровнем моря - в высокогорной нивальной зоне прорывались переполненные приледниковые озёра, образуя гляциальные сели [7-9].

Согласно авторами [7], из селей в бассейне Зерафшана преобладают грязекаменные, затем наносоводные и грязевые. Средний объём селей 2-5 тысяч кубометров. Наиболее часто селевые потоки возникают в бассейнах рек Хушекат, Урметан, Иоры, Дуоба, Оби-Крут, Амандара, Чинор, Киштут, Могиёндарья, Шинг, то есть на всем протяжении долины р.Зерафшан от города Пенджикента до посёлка Айни.

Упрощённо можно выделить в долине Зерафшана четыре зоны селеобразования. Высокогорная зона: твёрдое пита-

ние – морены, жидкое – таяние ледников и снежников. Мощность селей значительная, но повторяемость редкая. Время образования – вторая половина лета. Среднегорная зона: преобладают грязекаменные сели. Твёрдое питание – материалы осыпей и оползней, жидкое – весеннего снеготаяния в сочетании с ливнями. По сравнению с предыдущим типом объёмы селей менее значительные, но повторяемость чаще. Среднегорная и низкогорная зоны: твёрдое питание – оползни, осыпи, неоген-четвертичная толща, жидкое питание – ливни в сочетании с весенным снеготаянием. Время образования апрель-май. Низкогорная зона: твёрдое питание – лёссы и молассы. Сели образуются при выпадении интенсивных дождей в течение весенне- летнего сезона. Преобладают селевые потоки грязевые и грязекаменные.

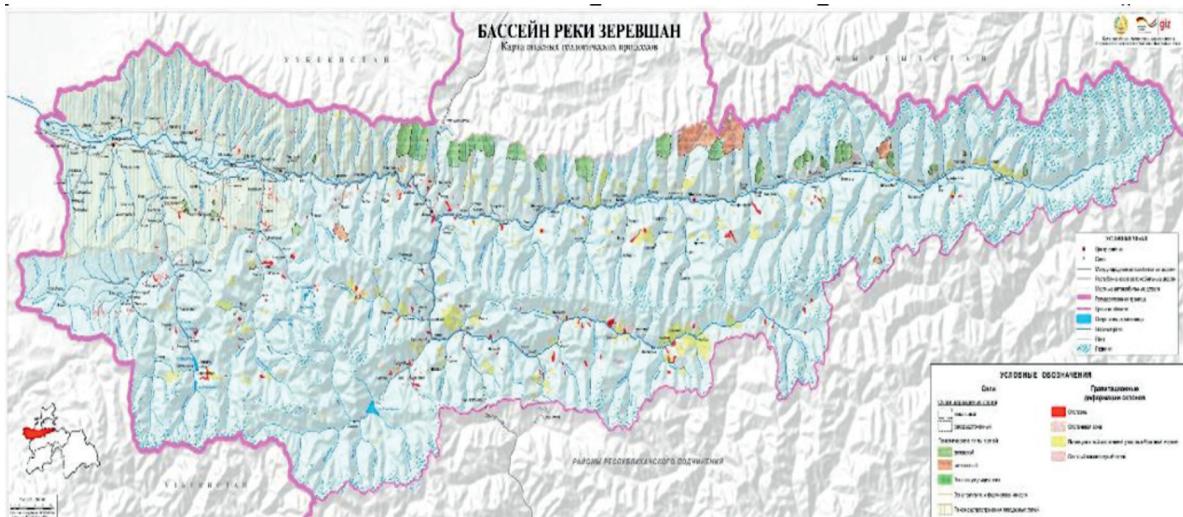


Рисунок 1. Карта опасных геологических процессов

Селеопасные районы присутствуют на протяжении всего бассейна реки Зерафшан, начиная от границы с Узбекистаном до самых истоков реки. Выделение районов обусловлено и тем, что высокогорные районы бассейна реки Зерафшан, а также её притоков по-разному подвержены влиянию фронтальных климатических вторжений, формирующих климат долинных горных районов данного бассейна и соответственно влияющих на образование селевых явлений.

Первый район (г. Пенджикент - п. Айни) захватывает долину реки, окружённую с севера и юга склонами Туркестанского хребта – южной экспозиции, склонами Зерафшанского хребта – северной экспозиции. А также бассейн реки Могиёндарья, являющейся левым притоком р.Зерафшан и протекающей в физико-географическом районе Фанских гор, сливающихся с отрогами Зерафшанского и Гиссарского хребтов. Высотная зона располагается в пределах 1000 м. у. м. у

города Пенджикент до 3100-4500 м. у. м – район Фанских гор [7].

По данным ряда ГМС среднемноголетнее количество выпадающих осадков (мм) составляет:

Таблица 1. Среднемноголетние суммы осадков (мм) за март–июнь

ГМС	III	IV	V	VI
Пенджикент	-	58	56	48
Искандеркуль	44	54	42	-
Сангистон	-	28	40	33
Перевал Шахристан	60	74	72	53

Не смотря на столь незначительное месячное выпадение осадков селе проявления отмечаются в данном районе ежегодно. Особенно активны месяцы апрель, май, июнь. Большое влияние на выпадение осадков оказывают западное вторжение и северо-западное вторжение осадков, которые нередко приносят в весенние месяцы значительное количество осадков. И нередки в этом районе осадки локального характера. В этом случае количество осадков колеблется от 25 до 38 мм/сутки, что приводит к случаям проявления селей. В мае 2015-2016 гг. в городе Пенджикент произошли селевые явления катастрофического характера. Сели, преимущественно грязекаменного типа. Но нередки сели и наносоводные (паводкового типа). Породы слагающие предгорья хребтов как

правило рыхлые и это приводит к образованию грязекаменных селей, приносящих значительный ущерб социальным и жилым объектам. 2007 году селевой поток в бассейне реки Могиёндарья, у озёр Нофин, Соя вызвал значительные разрушения автодорог и жилых строений.

Айнинский район селеобразования. Территория этого района включает в себя долину, предгорья и горные территории реки Зерафшан от посёлка Айни до истоков реки ледника Зерафшанский. Высотная зона простирается от 1500 м н.у.м. до 3200 м н.у.м. [7]. Окружают долину Туркестанский и Зерафшанский хребты соответственно южной и северной экспозиции.

По данным многолетних наблюдений количество осадков (мм) здесь:

Таблица 2. Среднемноголетнее количество осадков (мм)

ГМС	III	IV	V	VI
Мадрушкент	25	33	36	26
Дехавз	32	45	51	39

Как видно из таблицы, осадки в районе немногочисленны. Но опять же в верховьях реки Зерафшан нередки выпадения осадков локального характера. Когда в течении суток выпадает до 28-30 мм осадков. 16.07.2009 года в течении суток по данным ГМС Дехавз выпало всего 2.6 мм осадков. Тогда как в 2 км ниже метеостанции в это время прошёл селевой поток грязекаменного типа, разрушивший дорогу и мост через реку. Кроме того,

породы селевых очагов представлены рыхлообломочными фракциями, доломитов, порфиритов, песчаников и сланцев, что существенно влияет на образование селевых потоков грязекаменного типа. Следует отметить, что в районе наблюдаются и гляциальные сели. В июле 1982 год прошёл гляциальный сель в бассейне реки Рог (левый берег реки Зерафшан). Ледник, расположенный в верховьях реки Рог, просел и выдавил воду из озера, рас-

положенного под толщей льда. Вынесенные селем ледниковые обломки, были разбросаны не только в районе ледника, но и отложились по руслу реки и большая часть отложилась на пойме реки Зерафшан в 12км ниже зоны образования селя. Погибло два человека, двадцать голов мелкого рогатого скота. Причём, на левом борту р.Матча селевая деятельность менее активная, чем на правом. Объёмы селей здесь составляют 10-30 тыс. м³.

Таблица 3. Среднемноголетнее количество осадков (мм)

ГМС	III	IV	V	VI
Искандеркуль	44	54	42	21
Анзоб	68	86	34	18

Количество твёрдых осадков, выпавших в районе Анзобского перевала, способствует насыщенно влагой подстилающую поверхность селевых очагов. Водонасыщение массы грунта под воздействием выпадения жидких осадков локального характера, способствуют образованию как наносоводных селей, так и грязекаменных. Примерам тому могу служить Такфонский сель в июне 1999 года. Зона зарождения находилась на высоте 3100 м н.у.м. В бассейн реки Ягноб – Хширтабский и Зомбарский сели в июне 2002 года. В мае 2003 года селевой поток отметился в бассейне реки Сарытаг. Согласно [7-8], селям локального характера подвержены бассейны рек Покруд, Искандердарья .

Периоды прохождения селевых явлений – это III, VI, VII месяцы. В это время в горных районах нередки так называемые внутримассовые синоптические явления, вызывающие образование кучево-дождевых облаков, которые являются причиной образования осадков, локального характера. В этом случае прохождение селей сопровождается значительными разрушениями народно-хозяйственных объектов.

Основные геологические закономерности селе формирования в бассейне р.Зерафшан сводятся к следующему:

Фан-Ягнобский район. Территория района расположена в бассейнах рек Ягноб, Фондарья, Сарытаг, Покруд. Высотная зона простирается от 1500 м.у.м у посёлка Айни до ледникового узла Токали-Барзанги, расположенного в бассейне реки Ягноб и в верховьях реки Сарытаг, Покруд где высоты достигают 3200-4100 м н.у.м. и более [7].

По данным многолетних наблюдений количество осадков (мм) здесь:

1. Определяющую роль в распространении селевых бассейнов и их объёмов принадлежит в первую очередь литологическим факторам. Состав коренных пород (в основном сланцы) способствует интенсивному их выветриванию и образованию рыхлообломочных отложений в очагах селе образования и в руслах малых притоков р.Зерафшан.

2. Климатические факторы (высотная зональность): в высокогорной зоне сели приурочены к области распространения ледниковых и моренных отложений. Здесь формируются сели смешанного типа – дожди и интенсивное снеготаяние. В среднегорной части – преобладают сели дождевого типа, зависящие от наличия рыхлообломочного материала и интенсивности выпадения осадков.

3. Предпосылки к селю образованию возрастают на территориях распространения гравитационных образований – оползней, камнепадных склонов и неустойчивых скоплений бортовой морены. В них возможны сели, вызванные подпрруживанием локальных водотоков.

4. Очень существенную возможность формирования селей вызывают землетрясения, которые могут активизировать склоновые гравитационные процессы.

Оползни. Для высокогорных районов Согдийской области можно выделить три аспекта формирования оползней – историко-геологический, сейсмический и климатический. Масштабы, направленность, стадии и фазы развития тех или иных оползней функционально определяются соотношением этих трех ведущих природно-геологических факторов [7]. Историко-геологический аспект формирования оползней в Зерафшанской долине определяется длительным этапом подготовки оползня. После завершения полного оползневого цикла склоны приобретают устойчивость. Оползни на северном склоне Зерафшанского хребта отличаются большой шириной и протяжённостью, достигая нередко, в зависимости от геологического строения того или иного участка склона, нескольких километров. Оползни распространены от подошвы склонов до практически водораздельной части гор. Лёссы и лёссовидные породы в предгорных районах названной территории имеет широкое распространение, с которыми связаны многие оползни. В Зерафшанской долине (на северном склоне Зерафшанского хребта и на юго-восточных отрогах Туркестанского хребта) такие оползни возникают исключительно в отложениях склоновой формации и в интенсивно выветрелых породах, а также в палеозойских образованиях, которые наиболее чувствительны к изменению климатических условий.

В Зерафшанской долине в Согдийской области распространены, в основном, оползни в покровных отложениях. Крупные оползневые зоны сосредоточены в долине р. Зерафшан.

Как правило, больше всего оползней развивается на склонах крутизной от 50 до 300 и, преимущественно, в мягких, рыхлых породах, более сильно подверженных сезонному влиянию атмосферных осадков, в отличие от коренных скальных пород. В более мощных толщах рыхлых

пород (лёссовидные суглинки, супеси), расположенных, как правило, в нижних частях склонов, возникают более глубоко сидящие оползни, часто большого объёма и способные к вторичному проявлению. То есть, на крупном оползневом теле могут возникать новые неустойчивые участки, смещающиеся вниз по склону. Ближе к водораздельной части склона оползни, как правило, мелко сидящие и меньшего объёма.

Обсуждение

Надо отметить ещё очень важную особенность оползневых процессов, происходящих в лёссовых породах. Это важно при разработке оползне защитных мероприятий и оценке риска. Практически все оползни в лёссовых породах начинаются с момента просадки массива пород на склоне, которая вызывается как процессами просадки, так и супфозией. Далее при движении вниз по склону этот массив превращается в грязевой поток, способный продвинуться на большое расстояние, например, повернуть вниз по долине и превратиться в селевой поток. Это необходимо учитывать при оценке риска от оползневых процессов.

Оползневые поверхности сопровождаются характерными морфологическими элементами рельефа – стенками или поверхностями срыва. Стенки срыва оползней с прилегающими склонами отрыва представляют собой округлые, подковообразные, воронкообразные, фронтальные и прочие уступы различной крутизны и высоты. Создают перегиб склона. Пространственно они связаны с телами оползней. Отмечается также их приуроченность к разрывным нарушениям и трещиноватым зонам, часто обводнённым.

Форма оползневых тел часто зависит от смещающихся пород. В скальных породах форма оползней имеет угловатые формы в плане (треугольная, трапециевидная, многоугольная и т.д.) стенки срыва высокие, резко очерченные. В по-

лускальных породах оползни бывают фронтального типа, часто с оползневыми грядами, буграми. В глинистых и связных породах форма оползней самая различная: циркообразная, глетчеровидная, грушевидная, эллипсоидальная и т.д. Оползневые явления приводят к образованию весьма характерных форм мезо- и микрорельефа.

При составлении карты выделялись как отдельные оползни, которые можно различить при дешифрировании космоснимков, так и оползневые зоны. Оползневые зоны выделялись, исходя из следующих соображений. На определённом склоне имеются многочисленные мелкие оползни (менее $0,15\text{км}^2$), которые, в силу мелкого масштаба, выделить по отдельности не представляется возможным, или границы между отдельными оползнями нечёткие, часто один оползень переходит в другой, или на одном оползневом теле формируются другие более мелкие оползни. Коэффициент оползневой поражённости для выделяемой оползневой зоны должен быть более 60%. Следует иметь ввиду некоторую условность границ оползневых зон, поскольку довольно сложно спрогнозировать, в каких пределах этой территории могут проявиться оползневые процессы. Это связано с тем, что такие зоны выделяются, как правило, в зонах крупных активных разломов, где помимо гравитационных факторов большую роль играют и тектонические, в первую очередь сейсмические. Но, в целом, данные контуры отвечают поставленным задачам. В рыхлых четвертичных породах выделяются оползневые зоны, где оползни происходят по бортам многочисленных саёв, врезов и часто служат причиной возникновения селей.

Для высокогорной части бассейна р. Зерафшан впервые выделены так называемые тиллы сплывания (flow-till). Термин «тилл» в международной практике обозначает ледниковые отложения или соб-

ственно морену. Решением для их выделения послужило то, что эти формы рельефа являются потенциальными участками для оползневых деформаций. Очень часто на них формируются оползни-сплывы. Ранее такие формы рельефа выделялись как оползневые деформации на склонах, что является генетически неправильно. Тиллы сплывания формируются во время деградации ледника за счёт солифлюкционных процессов и температурного крипа. Это специфическая форма солифлюкционных отложений, развивающаяся в моренных отложениях (тиллах), причисляется к группе аллотиллов, которые относятся к ледниковому генетическому типу. Тиллы сплывания развиваются преимущественно на склонах в ледниковых отложениях бортовых морен. Для них характерно отсутствие стенок срыва. Часто между тиллами сплывания и коренным склоном отмечаются небольшие ложбины. Возникают при переувлажнении ледниковых отложений за счёт таяния погребённого льда. Это своеобразный тип солифлюкции. Очень часто сползание материала происходит на границе прислоновой ложбины бортовой морены. Тиллы сплывания часто образуют фестончатый рисунок на склоне. По форме и механизму образования сходны с каменными глетчерами, но имеют менее выраженную потоковую форму. В некоторых местах формируются совместно с прислоновыми каменными глетчерами, но часто являются более древними. Иногда в тиллах сплывания возникают оползни сползания с характерной стенкой срыва. Часто такие стенки срыва нечёткие и имеют прерывистый характер. Движение тиллов сплывания связано с переувлажнением моренных отложений (тиллов) за счёт содержащегося в них льда, а также сезонного промерзания-оттаивания моренных отложений. Границы тиллов сплывания на карте показаны пунктиром, т.к. границы их формирования часто определяют-

ся неуверенно. Такие участки отнесены к потенциально оползнем опасным склонам, т.к. при увлажнении ледниковых отложений в них могут сформироваться оползни.

В бассейне р.Зерафшан преобладают скальные и полускальные горные породы, часто высокой степени метаморфизма, нарушенные системами трещин различного, преимущественно тектонического происхождения. Типичной особенностью района является наличие покровных образований, которые на многих участках перекрывают коренные породы и имеют весьма низкую устойчивость. Эти и другие факторы предопределяют высокую активность оползневого процесса в долине р. Зерафшан. Борта долины р. Зерафшан покрыты мощным чехлом ледниковых отложений, что, собственно, и обеспечивает активное проявление оползневых процессов. Поражённость склонов оползнями здесь нередко превышает 30-40%, а иногда достигает 80-90%.

Основными факторами, обуславливающими возникновение, развитие, интенсивность и активность оползневых процессов являются: преобладание в верхних частях горных склонов слабо прочных горных пород; высокая расчленённость, особенности климатических условий; условия инженерно-хозяйственного воздействия человека на природную среду.



Рисунок 2. Оползень 1964 г. у села Айни

В горных и предгорных районах Зерафшанской долины, оползни встречаются во всех ландшафтно-климатических зонах и литолого-стратиграфических формациях горных пород, слагающих склоны разных генераций и возрастов [7]. Однако, наиболее сильно оползневой процесс проявляется в глинистых и молассовых отложениях, а также в элювиально-делювиальных и ледниковых образованиях. Оползни распространены от подошвы склонов до практически водораздельной части гор. В Зерафшанской долине (на северном склоне Зерафшанского хребта и на юго-восточных отрогах Туркестанского хребта) оползни возникают исключительно в отложениях склоновой формации и в интенсивно выветрелых породах, а также в палеозойских образованиях (терригенно-сланцевых толщах), которые наиболее чувствительны к изменению климатических условий.

Кроме оползней на карте выделены опасные камнепадные склоны, которые представляют опасность для автодорог и населённых пунктов. Часто они образуют подвижные осипные шлейфы и конусы, которые постоянно засыпают автодороги, ирригационные сооружения, особенно во время прохождения дождей различной интенсивности.



Рисунок 3. Классический оползень на северном склоне Зерафшанского хребта, бассейн р.Сурхат. (Снимок Google Earth)



Рисунок 4. Оползень-поток в бассейне р. Могиёндарья (Снимок Google Earth)



Рисунок 5. Ягнобский обвал в долине р.Ягноб (Google Earth)



Рисунок 6. Потенциально оползневой участок (флю-тилл) на левом борту р.Зерафшан



Рисунок 7. Оползень у с.Пиньон, р.Пасруддарья (Google Earth)



Рисунок 7. Оползень у с. Пиньён, р. Пасруддарья



Рисунок 8. Оползень у с.Зерихисор, бассейн р.Киштут (Google Earth)

Выводы

Таким образом, территория Таджикистана характеризуется высокой степенью пораженности оползневыми процессами, которые развиты во всех ландшафтно-климатических зонах. Наиболее активно оползни формируются в глинистых, молассовых, элювиально-делювиальных и ледниковых отложениях, а также в ин-

тенсивно выветрелых и палеозойских породах. Процессы распространены от подошв склонов до водораздельных пространств.

Помимо оползней, значительную опасность представляют камнепадные склоны, формирующие подвижные осипные шлейфы и конусы. Эти процессы создают прямую угрозу автомобильным дорогам,

населенным пунктам и ирригационным сооружениям, особенно в периоды интенсивных осадков [12-13].

Представленные рисунки наглядно иллюстрируют разнообразие оползневых явлений: от классических оползневых смещений и оползней-потоков до крупных обвалов и потенциально опасных участков. Это подтверждает широкое распространение и высокую активность гравитационных процессов, требующих постоянного мониторинга и проведения профилактических мероприятий.

Литература

1. Васьков И.М. Периодические селевые выбросы в долине р. Фастаг и их связь с современной тектоникой // Вестник Владикавказского научного центра, 2016. - Т.6. - №1. - С.28-32.
2. Васьков И.М. Катастрофические обвалы: происхождение и прогноз. - Владикавказ, 2016. - 370 с.
3. Докукин М.Д. К вопросу о типизации моренного рельефа (на примере Северного Кавказа) // Труды ВГИ, 1988 - Вып.73. - С.58-67.
4. Виноградов Ю.Б. Селевые паводки и методы их прогноза. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1967. - 195 с.
5. Кодиров А.С. Влияние климатических изменений на состояние водных объектов // Водные ресурсы, энергетика и экология, 2023. - Т.3. - №2. - С.9-17.
6. Курбонов Н.Б., Боев Б.М., Восидов Ф.К., и др. Изучение состояния и негативнее последствия ледниковых озер в высокогорных районах Таджикистана // Тезисы Международной конференции и Школы молодых ученых, посвященные памяти Н.К. Кононовой «Климатические риски и космическая погода». - Иркутск, 14-17.06.2021. - С.41. – EDN: НАКНДТ
7. Курбонов Н.Б., Фрумин Г.Т. Формирование состава водных ресурсов бассейна р. Зерафшан. Влияние изменения климата на условия формирования и химического состава водных ресурсов БРЗ. Монография. - Брюссель: LAP Lambert Academic Publishing, 2021. - 145 с.
8. Курбонов Н.Б. Мониторинг чрезвычайных ситуаций и их зависимость от метеорологических условий в бассейне реки Зерафшан // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, 2014. - №1-1 (126). - С.273-279. – EDN: VBХDUV
9. Маджидов О.Ш., Муртазаев У.И. Русловые процессы у истоков горных рек // Материалы IX международной научно-практической конференции «Наука – основа инновационного развития». - Душанбе, 2024. - С.303-307.
10. Фазылов А.Р., Гулаёзов М.Ш., Сафаров М.С., Наврузшоев Х.Д., Zhang Zh., Wang W., Liu Y., Bayandalai Мониторинг лавинной опасности в бассейне реки Майхура (автотрасса Душанбе-Худжанд, Таджикистан) // Известия НАН Таджикистана. Отделение физ.-мат., хим., геол. и тех. наук, 2023. - №2 (191). - С.108-117.
11. Таланов Е.А. Селевой риск: теоретические основы и практическая значимость // В сборнике: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды Международной конференции. 2008. - С. 74-77.
12. Курбонов Н.Б. Анализ чрезвычайных ситуаций и их влияния на социально-экономическое положение Республики Таджикистан // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, 2019. - №7. - С.10-15. – EDN: FNVSSЕ
13. Курбонов Н.Б. Анализ воздействия стихийных бедствий на социально-экономические отрасли и экологическое равновесие // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. - Душанбе, 2019. - №4. - С.130-139.

АРЗЁБӢ ВА ТАҲЛИЛИ ОФАТҲОИ ТАБӢ, БА МОНАНДИ СЕЛ ВА ЯРЧ ДАР ҲАВЗАИ ДАРЁИ ЗАРАФШОН

Расулзода Х.Х.^{1,*}

¹Муассисаи давлатии илмии «Маркази омӯзииши тириҳҳо»-и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул: E-mail: hamidjon1966@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола хусусиятҳои зуҳури равандҳои селӣ ва лагжииши замин дар ҳавзаи дарёи Зарафшон баррасӣ шудаанд, ки яке аз наҳишудатарин ва ҳатарноктарин оғатҳои табӣ дар минтақа ба шумор мераванд. Таъқид мегардад, ки ташаккули ин падидаҳо бо омезииши омилҳои иқлими, геологӣ ва зилзилавӣ, инчунин бо таъсири шадиди антропогенӣ вобаста мебошад. Мисолҳои рӯйдодҳои фалокатбори солҳои гузашта оварда мешаванд, ки боиси зиёни назарраси моддӣ ва талафоти ҷонӣ гардидаанд. Зикр мегардад, ки талафоти солона аз сел ва лагжииши замин ба миллионҳо сомонӣ мерасад, ки дар вайроншавии

инфрасохтор ва таназзули заминҳо ифода мейбад. Ба мушкилоти мониторинг ва пешгӯии оғатҳои табиӣ, инчунин ба дурнамои истифодаи технологияҳои геоинформационӣ ва системаҳои оғоҳқунии барвақт та-важҷӯҳи маҳсус дода мешавад. Дар анҷом зарурати тадбирҳои мукаммал оид ба кам карданӣ хавф ва ҳадди ақал расонидани оқибатҳои равандҳои экзогении ҳатарнок дар ҳавзаи дарёи Зарафшон асоснок мегардад.

Калидворожаҳо: Зарафшон, ҳавзаи дарё, сел, лағжисии замин, оғатҳои табиӣ, омилҳои иклими, геология, зилзилаҳезӣ, таъсирои антропогенӣ, мониторинг, пешгӯӣ, коҳии хавф.

ASSESSMENT AND ANALYSIS OF NATURAL DISASTERS SUCH AS DEBRIS FLOWS AND LANDSLIDES IN THE ZARAFSHAN RIVER BASIN

Rasulzoda H.H.^{1,*}

¹State Scientific Institution “Center for Research of Glaciers” of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Corresponding author: E-mail: hamidjon1966@mail.ru

Abstract. The article examines the characteristics of debris flow and landslide processes in the Zarafshan River basin, which are among the most widespread and hazardous natural disasters in the region. It is noted that the formation of these phenomena is associated with a combination of climatic, geological, and seismic factors, as well as with intensive anthropogenic impacts. Examples of catastrophic events from past years that caused significant material damage and human casualties are provided. It is emphasized that annual losses from debris flows and landslides reach millions of somoni, which result in the destruction of infrastructure and land degradation. Special attention is given to the problems of monitoring and forecasting natural disasters, as well as to the prospects for applying geoinformation technologies and early warning systems. In conclusion, the necessity of comprehensive measures to reduce risks and minimize the consequences of hazardous exogenous processes in the Zarafshan River basin is substantiated.

Keywords: Zarafshan, river basin, debris flows, landslides, natural disasters, climatic factors, geology, seismicity, anthropogenic impact, monitoring, forecasting, risk reduction.

Маълумот дар бораи муаллиф: Расулзода Ҳомидҷон Ҳасан – н.и.т., ҳодими пешбари илмии Муасисаи давлатии илмии «Маркази омӯзиши пиряҳҳо»-и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: 985496666; E-mail: hamidjon1966@mail.ru;

Сведение об авторе: Расулзода Ҳомидҷон Ҳасан – к.т.н., ведущий научный сотрудник Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников» Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: 985496666; E-mail: hamidjon1966@mail.ru;

Information about the author: Rasulzoda Khomidjon Hasan – Candidate of Technical Sciences, leading researcher at the State Scientific Institution “Center for Research of Glaciers” of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel.: 985496666; E-mail: hamidjon1966@mail.ru;

УДК: 551.324

ОЦЕНКА ЛЕДНИКОВЫХ ЛАВИН И СЕЛЕВОГО ПОТОКА БАССЕЙНА РЕКИ ШУРАКИ КАПАЛИ (ЛЕВЫЙ ПРИТОК РЕКИ СУРХОБ, ТАДЖИКИСТАН) И РАЗРАБОТКА МЕР ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА

Имомназаров Ф.С.^{1,*}, Зарипов Р.Г.¹, Абдулназаров Х.М.¹

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников» Национальной академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент: E-mail: firdavs.0389@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается комплексная оценка природных угроз в малых водосборных бассейнах. Водосборный бассейн реки Шураки Капали территориально приурочен к центральной части северного склона хребта Петра Первого, который является основной орографической единицей, левого борта долины р. Сурхоб. В пределах исследуемого водосборного бассейна одними из основных факторов возникновения ледниковых лавин и гляциальных селевых потоков, являются подвижки (пульсации) ледников № 504, 505 и Люлихарви. В результате выполненных полевых исследований летом 2018 года были уста-