



## Селеформирующая опасность завальных озер и водохранилищ Памира и других горных регионов

А.М. Лехатинов

*ФГБУ Национальный парк «Тункинский», Кырен, Республика Бурятия, Россия,  
lexam29@mail.ru*

**Аннотация.** Рассматривается проблема прогнозной оценки селевой опасности в случае прорыва Сарезского озера.

**Ключевые слова:** озеро, завал, каньон, оползень, сель

**Ссылка для цитирования:** Лехатинов А.М. Селеформирующая опасность завальных озер и водохранилищ Памира и других горных регионов. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 265–271.

## Debris flow hazard in case of the outbursts of dammed lakes and reservoirs in Pamir and other mountain regions

A.M. Lekhatinov

*FSBI National Park “Tunkinsky”, Kyren, Republic of Buryatia, Russia,  
lexam29@mail.ru*

**Abstract.** The problem of predictive estimation of mudflow hazard in case of Sarez lake breakout is considered.

**Key words:** lake, blockage, canyon, landslide, debris flow

**Cite this article:** Lekhatinov A.M. Debris flow hazard in case of the outbursts of dammed lakes and reservoirs in Pamir and other mountain regions. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 265–271.

В XX веке по мере развития научно-технического прогресса, человек начал стремительно продвигаться высоко в горы, усиливая транспортную, добывающую, энергетическую и познавательную деятельность. Добыча полезных ископаемых, развитие производственной и социальной инфраструктуры с недостаточным учетом сейсмической, лавинной, селевой, оползневой и других геологических опасностей, нередко сопровождается неприятными последствиями разрушений и гибели живых существ, включая человека. Из экзогенных геологических процессов наибольшей разрушительной силой обладают сели, сформированные прорывами горных водоемов – завальных, запрудных озер и водохранилищ. К завальным относятся озера с плотинами, сложенными оползневыми, обвальными, осыпными отложениями и материалами ледопада. Два первых типа плотин отличаются более надежной устойчивостью и меньшей опасностью. Запрудные озера, образование которых связано с временным перекрытием русел водотоков моренами, заломами, селевыми конусами выноса и техногенной деятельностью, чаще разрушаются - опаснее завальных запруд. Лавинно-снежные плотины, отличаются весьма слабой устойчивостью, чем другие запрудные скопления.

Из техногенных плотин надежными считаются железобетонные и сооружения комбинированной конструкции. Слабой устойчивостью характеризуются насыпные и

деревянные запруды. Прорыв любой плотины, как правило, сопровождается формированием селей, мощность и масштабность которых теснее связаны с объемом прорвавшейся воды с твердым материалом. Техногенные сели в большом количестве содержат продукты разрушения жилых, хозяйственных объектов, дорог, мостов и остатки бытового мусора. Однако, известно, что плотины строятся, прежде всего, для сбора воды на нужды производства и водоснабжения. Впервые в СССР плотина, с использованием направленных взрывов, была построена для борьбы с разрушительными селевыми потоками на р. Малая Алматинка (Медео, 1960-1966 гг.). Она надежно защищает г. Алма-Ата и другие поселения, расположенные ниже Медео.

В горах, особенно в молодых альпийской и тихоокеанской складчатостей, распространено большое количество завальных, запрудных озер и водохранилищ. Из них наиболее часто очагами селеформирования становятся непрочные ледниковые и насыпные запруды. За истекшие десятилетия трагические селевые потоки, вызванные прорывными водами, прошли в Таджикистане и горных регионах России. В Таджикистане при разрушении двадцатиметровой земляной плотины Саргазона был разрушен кишлак, погибли люди и животные. На реке Ясман в 1949 году во время Хаитского землетрясения произошел прорыв плотин из конусов выноса ее притоков, обвалов и оползней, сформировался грязекаменный поток с крупными глыбами шириной до 2-х километров. Селевой поток усилил трагическую катастрофу - погибло много людей города Хаит и кишлаков, разрушенных землетрясениями. Аналогичные с Хаитом следы схода селей, связанных с прорывными водами, сохранились ниже завальной плотины озера Яшилькуль (Памир), угроза повторного прорыва которого не обнаружена в 1968 году (Лехатинов). Грязевый сель, возникший при прорыве оползневой плотины в сае Ялдомич в 1969 г. уничтожил сохранившуюся от оползневого потока нижнюю половину одноименного кишлака. Летом того же года жуткую картину страдания людей пришлось пережить во время изучения причинно-следственных связей проявления трагических событий в районе кишлака.

От запрудно-ледникового и грязекаменного потока погибли люди в Кармадонском ущелье в 2002 году (Кавказ, Россия). Техногенный селевой поток 2019 года в Саянах сильно разрушил поселок золотодобытчиков. Прорвалась дамба водохранилища, были человеческие жертвы. В 2018 году без жертв обошелся оползень, который из Буреинского водохранилища поднял вал воды на противоположный склон. При накате и откате вода размывала рыхлые отложения склона вместе с лесной растительностью, сформировала склоновые сели с большим содержанием древесных остатков. Взрывами был построен канал и ликвидирована опасность прорыва оползневой плотины. Грандиозная селевая катастрофа, вызванная «выплеснутой» оползнем водой, произошла в долинах рек Вайонт и Пьяве в 1963 году (Альпы, Италия). Плотина гидроэлектростанции была построена в ущелистой V-образной долине р. Вайонт с эрозионно-тектоническими склонами, пораженными оползневыми трещинами отрыва, обвалами и осыпями. Строительство плотины началось в 1957 году и завершилось в 1959 году. Оползневая опасность была обнаружена до заполнения водохранилища, но «хозяева стройки» не обратили на неё внимания до первого случая обрушения пород небольшого объема. Попытались срочно понизить уровень воды водохранилища, но избежать трагедии не смогли. Затопление части склона и обильные осенние дожди 1960 года, сильно увлажнили трещиноватые, неустойчивые породы, которые с большой скоростью сползли в водохранилище (рис. 1).

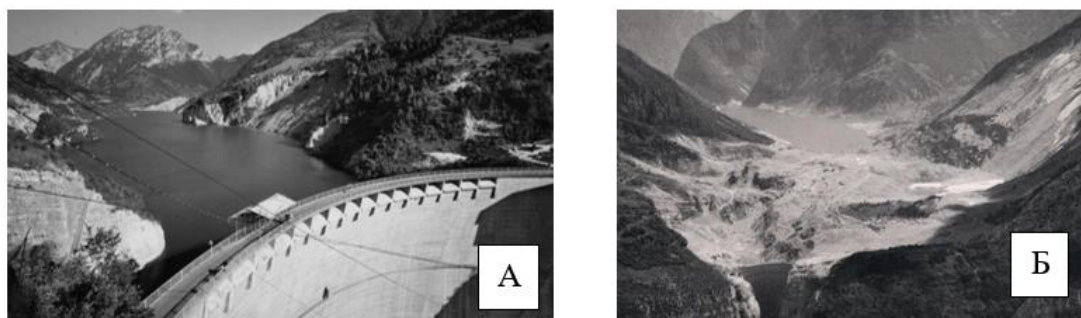


Рис. 1. Вайонт, Италия: А – водохранилище и левый оползнеопасный склон до катастрофы, Б – после катастрофы

Fig. 1. Vayont, Italy: А – reservoir and left landslide slope before the disaster, Б – after the disaster

Как утверждали очевидцы, вода в объеме более 50 млн. м<sup>3</sup> выплеснулась на противоположный застроенный склон, смыла грунты и объекты жизнедеятельности, и столбом высотой 250 м. поднялась и обрушилась в долину ниже плотины. Сформировался цунамиподобный водно-селевой вал, который разрушил г. Лонгароне и ещё 5 деревень (рис. 2).



Рис. 2. Вайонт – Пьяве: А – г. Лонгароне до селевой катастрофы; Б – после катастрофы

Fig. 2. Vayont-Piave: А – Longarone before the mudslide; Б – after the disaster

По разным данным погибло 2500–3000 человек. Техногенный селевой поток рр. Вайонт и Пьяве, в отличие от природных, был насыщен (уплотнен) природными, промышленно-гражданскими и биологическими компонентами.

Схожие с Вайонтом геодинамические и геоморфологические условия возникновения паводкоселевой катастрофы, связанной с поднятием и переливом воды через Усойский завал, имеются в котловине Сарезского озера (Памир). Известно, что огромный по объему 2,2 млрд. м<sup>3</sup> Усойский завал-оползень перекрыл долину р. Мургаб во время 9-ти балльного землетрясения в 1911 году. С правого борта долины р. Мургаб в сае Усой-Дара сползли гигантские по объему блоки пород. Образовалась завальная плотина из крупных скальных массивов и блоков местами с рыхлым чехлом. Её высота 650-700 м, ширина более 5 км, длина по долине 3,5–4,0 км. По названию погребенного завалом кишлака плотина именуется Усойской. У плотины образовалось озеро, затопившее кишлак Сарез. Это самое крупное в мире высокогорное, пресноводное озеро. Глубина его перед плотинной достигает 505 м, в 1968 г., сезонное колебание уровня происходит в пределах первой десятки метров. Длина озера составляет 70 км, максимальная ширина 3,4 км, объем воды 16–17 км<sup>3</sup>. С 1913 года (с перерывами) по 1956 г. исследователи завала приходили к выводам: одни находили признаки опасности прорыва, а другие – отсутствие такой угрозы (Д.Д. Букинич, Г.А. Шпилько, И.А. Преображенский, И.Л. Корженевский, О.К. Ланге и др.). В 1948 году В.В. Акулов

пришел к выводу, что катастрофа прорыва завала может произойти через 22 года, примерно в 1960–61 гг.

По заданию Правительства СССР и Таджикской ССР Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО) и Управление геологии Таджикской ССР в 1967–70 гг. совместно провели комплексные геологические, геофизические и инженерно-геологические исследования Усойского завала и побережья Сарезского озера, а также оценку активизации селей и гравитационных процессов Центрального Таджикистана в 1969 г. (А.М. Лехатинов – ответственный исполнитель, начальник партии ВСЕГИНГЕО, В.Д. Фоменко – начальник партии ТаджКГЭ; Ш.Ш. Деникаев, В.С. Гончаров, И.А. Моссаковская и др., научный руководитель работ А.И. Шеко). Были изучены генезис и прочность завала с выявлением закономерностей развития процессов разрушения его тела, включая фильтрацию воды через него и рост каньона. Изучены возможные сходы в озеро селей, способных сформировать цунамиподобные валы, которые могли бы нарушить прочность завальной плотины. Были обследованы все притоки озера, включая рр. Катта-Марджонай и Мургаб. Особое внимание уделялось скорости роста каньона, который, по мнению В. Акулова «должен прорвать завальную плотину». Установлено также, что завал представляет не обвальное, а оползневое тело из массивов, блоков, глыб нерастворимых и растворимых скальных пород, местами перекрытых щебнисто-суглинистыми образованиями. И по устойчивости к прорыву он состоит из двух главных частей: южной и северной. Южная представлена главной оползневой грядой и «буграми» выдавливания зоны интенсивного сжатия. Она водонепроницаема и отличается повышенной устойчивостью к прорыву. Северная часть сложена мелкими блоками и глыбами обратного смещения в сторону оползневой депрессии, в которой сформировался внутризавальный сток воды озера и каньон с грифонами (родниками). Согласно данным В.С. Гончарова [Гончаров, 1979], В.Т. Дубинчука, Ю.Н. Уханова, А.М. Лехатинова, в 1968 году в каньоне действовало 34 грифона с общим расходом воды 90 м<sup>3</sup>/сек. Средняя скорость воды через завал достигала 1,4 м/сек., а в каньоне она колебалась в пределах 0,5 – 2,26 м/сек. Расход воды грифонов изменялся от 0,4 м<sup>3</sup>/сек. до 7,4 м<sup>3</sup>/сек. Инфильтрация воды озера происходила по входам в верхнем бьефе в виде концентрированных участков общей протяженностью 800 м. Северная часть завала более понижена (35-40 м. над озером) и менее устойчива, чем южная. Здесь широко распространены гравитационные процессы в оползневом цирке и каньоне, овражная эрозия на конусе выноса и селевом поле и карстово-суффозионные, селевые формы рельефа.

Эрозионный рост каньона, скорость которого достигал 50 м/год, приостановился 35–40 лет тому назад до 1967 г. Скорость роста каньона повышалась ежедневными июль-августовскими таловодными селями сая Усой-Дара. Грязекаменная масса падала с 20–30 м борта каньона, разрушала его и разжижалась до состояния водокаменного потока. Позже направление селевых потоков изменилось в сторону озера, в каньоне прекратилась попятная эрозия. Направление селевых потоков сменилось с западного на восточный. Сели ежедневно в большом объеме выносят грязекаменную массу в озеро, усиливая кольматаж путей фильтрации. Кольматаж может обусловить опасный подъем воды озера. Усойский оползень разрушил ригели кара и трога сая Усой-Дара, поэтому талые воды ледника с моренными отложениями беспрепятственно и с грохотом низвергаются по обрывистой, высотой в несколько сот метровой стенке оползневого цирка, скапливаясь на вершине конуса выноса. При движении вниз эта масса трансформируется в плотный сель, который к вечеру летнего дня стекает в озеро. В русле с уклоном 6–10° лавоподобный сель движется в ламинарном режиме. Камни весом 15–20 кг положенные на его поверхность, «плывут» на протяжении 150-200 м, не погружаясь в него. Ежедневно в озеро поступает сотни тысяч кубометров твердого материала, который оседает в верхнем бьефе. Взвешенные наносы втягиваются фильтрационными водами в завал, затрудняя сток воды из озера. При образовании затора в восточном овраге – русле, селевые потоки будут вновь стекать в среднюю часть каньона. Сели

западного направления повысят активность формирования селевых потоков в русле Мургаба на участке до кишлака Барчадив (рис. 3).

Проблема не допустить возможной селевой катастрофы архиактуальна, она требует безотлагательного решения силами интеллектуального и делового сообщества, в том числе Селевой Ассоциации. С 1913 года исследователи по этой проблеме почти единодушно поддерживают гипотезу, что «Сарезское озеро не в состоянии ни прорвать завал, ни опрокинуть его», селевая опасность не рассматривалась до 1967 года. Как альтернатива гипотезе, существуют две версии о неустойчивости Усойского завала. Согласно первой версии «катастрофа может произойти при продвижении каньона до озера». Она не может подтвердиться, так как каньон «уперся» в прочную оползневую грядку и перестал расти. Ширина гряды от каньона до озера весьма внушительная. И она не может быть разрушена абразией, эрозией и растворением. Не исключается вероятность разрушения пониженной перемычки в случае перелива воды через неё под воздействием внешних факторов.

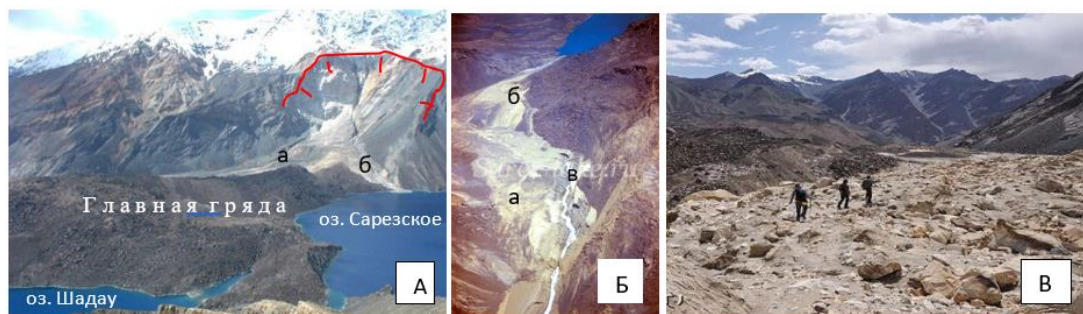


Рис. 3. А – Усойский завал с цирком оползней и селеактивным саям Усой-Дара, Б – селевые отложения сая Усой-Дара: а – западного направления потока и б – восточного направления потока, в – каньон; В - грязекаменные отложения селей каньона – Мургаба ниже Усойского завала в сторону Барчадива

Fig. 3. А – Usoy dam with the circus landslides and the frequent mudflow river Usoy-Dara, Б – debris deposits river Usoy-Dara: а – West flow direction and б – East flow direction, в – canyon; В – mudstone deposits mudflow canyon – Murgab the below Usoy dam in the direction to Barchadiv.

Вторая версия опасности прорыва – это проседание завала при таянии льдов и фирновых снегов, сохранившихся в нем при сползании пород зимой. Она беспочвенна и фантастична, потому что при быстром смещении, особенно на большие расстояния, каменный материал нагревается от трения и ударов до точки кипения. Лед и снег в такой массе пород переходит в жидкое и газообразное состояние. И, не может, он хранится в завале десятки и сотни лет в условиях положительной температуры тела завала. В зимних условиях образования завала речная вода и лед оказались между главным блоком и последующими оползневыми блоками, были выжаты в приповерхностные породы. При стаивании льдов сформировались просадочные формы вдоль простирания контакта. При современном режиме Сарезского озера Усойский завал является весьма устойчивым природным сооружением. **Селевая катастрофа возможна только в том случае, если сползут породы правого склона Сарезского озера.**

Впервые в истории изучения Усойского завала, оползневые трещины на правом склоне озера были обнаружены мною, А.М. Лехатиновым, при восхождении к вершине сая Биром-Банд в августе 1967 г. Рекогносцировочные работы проводились сразу же после обнаружения деформации поверхности склона совместно с геологами В.П. Свешниковым и В.С. Курдяковым. Трещины заинтересовали специалиста по оползням и селям А.И. Шеко, который на следующий 1968 г. в составе Правительственной комиссии на вертолете облетел склон, уточнил зоны разрывных нарушений, определил объем будущих оползней. Кулисообразные зоны трещин с зиянием до 5–10 м, протяженностью 3500–4000 м., простираются на восток от сая Биром-



Банд. Обнаруженные три зоны разрывных нарушений, расположенные друг над другом с интервалом 500–600 м, указывают на развитие трех оползневых блоков. Причина образования зон разрывных нарушений остается загадкой природы. Возможно, они образовались одновременно с Усойским завалом при сильном землетрясении и не повторили Усойский оползень, который образовался в условиях увлажнения пород р. Усой-Дара. Правый оползневой склон расположен между двумя саями и исключительно сухой. Поэтому трещины сохраняют свежий вид, признаки активизации их не прослеживаются. Однако, существование трех гигантских по размеру оползневых блоков на правом склоне, вызывает серьезное опасение. Комиссия согласилась с нашими выводами и рекомендовала проведение комплексных исследований на Усойском завале и смежных с ним склонах.

Работы были продолжены после 1968 г. Начатые геофизические, буровые и инженерно-геологические работы были приостановлены в связи с беспорядками в стране. Предварительные результаты исследований носят дискуссионный характер, мнения оползневой опасности до сих пор остаются спорными. Выявление генезиса трещин и закономерности их развития позволит минимизировать опасение, селевую угрозу, которая может возникнуть при сползании в озеро трех суперкрупных блоков пород (рис. 4).

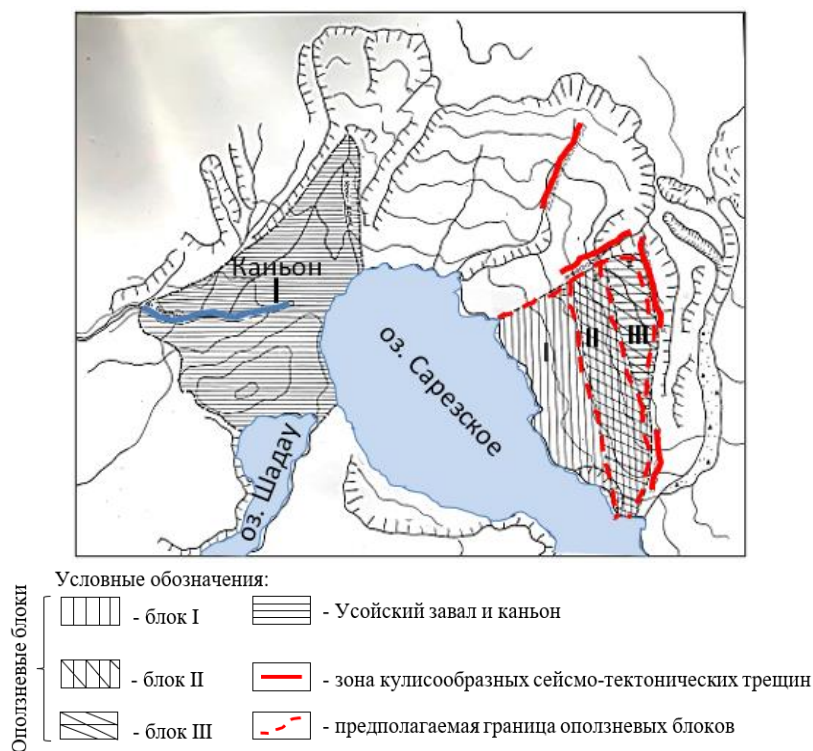


Рис. 4. Карта-схема оползневой опасности прорыва Сарезского озера. Масштаб 1:50 000. Составил: А.М. Лехатинов, 1967 г.

Fig. 4. Map-scheme of the landslide hazard breakout of the Sarez lake. Scale 1:50 000. Compiled by: A.M. Lekhatinov, 1967

По данным Л.П. Папырина (1986), могут сползти массивы пород объемом 1 млрд. 250 млн. кубометров. Соответственно объем поднятого оползнем воды озера может быть, как минимум, около миллиарда кубометров. Когда сползут породы и произойдет селевая и паводковая катастрофа – это вопрос времени. Причинами быстрого смещения пород могут стать: переувлажнение оползневого склона талыми водами и подъем воды озера на 30–40 м, 9–11-балльные землетрясения в ближайшие годы или через 100–1000 лет, катастрофа неизбежна. И не следует повторять ошибки итальянцев, допущенные на водохранилище долины р. Вайонт.

Из-за слабой изученности Правобережного оползня бытуют утверждения, исключающие опасность его проявления. Мониторинг состояния Усойского завала, проводимый за последние годы, не решит эту проблему, так как главная причина прорыва формируется за его пределами. Известно, что Комитет чрезвычайной ситуации (КЧС) Таджикистана убеждает жителей: «Завал надежное природное сооружение и оползни не могут угрожать его устойчивости, если понизить уровень воды озера на 100-150 м.». Спасет ли понижение уровня, если после него в озере сохранится 350–400 метровая толща воды объемом в миллиарды кубометров, когда обрушится в неё 1250 млн кубометров пород? В долине Вайонта оползень и вода водохранилища были в несколько сот раз меньше, чем ожидаемые объемы на Сарезе, а селевая катастрофа была самой тяжелой в прошлом веке. Представляется, что столб воды озера будет многократно выше завала, также как уклон Бартанга больше, чем уклон Вайонта. Трудно представляется масштаб возможной трагической селевой катастрофы в бассейне Амударьи. Ответ на вопрос, быть катастрофе или не быть, можно получить путем:

- Глубокого анализа результатов исследований, проведенных на Усойском завале, Правобережном оползне и озере в 1967-1986 гг.;
- Изучения глубинного строения правобережного оползневого склона и выявления поверхности скольжения пород;
- Проведения микросейсмического районирования завала и смежных склонов;
- Ведения мониторинга развития деформации склона и сейсмической активности оползневого района;
- Изучения роли селевых потоков сая Усой-Дара в развитии кольматажа, каньона и неустойчивости завала;
- Прогнозирования селевой катастрофы в долинах рек Бартанг, Пяндж и Амударья в случае прорыва Усойского завала, организации противоселевых мероприятий;
- Привлечения мирового научного и делового сообщества к проблеме изучения и разработки мероприятий для понижения уровня воды Сарезского озера до безопасной отметки или разработки других способов минимизации опасностей прорыва Усойского завала.

Недооценка опасности правобережных гравитационных процессов Сарезского озера может стать причиной повторения, по проявлению селевой трагедии, произошедшей в долине р. Вайонт. И повторится она, как планетарная катастрофа. Откладывание решения проблемы – это приближение паводкоселевой опасности. Вопреки скептикам и дилетантам, которые утверждают, что «Сарезское озеро не представляет угрозу жителям Таджикистана, Афганистана, Узбекистана и Туркмении», и отрицают Правобережный оползень, следует объединить международные усилия для уменьшения риска прорыва завала. Паводкоселевая беда может случиться в любое время. Причинами сползания пород могут стать: увлажнение склона в результате аномального таяния ледников, снежников, подъема уровня озера на 30–35 м и землетрясения силой 8-9 и более баллов. Катастрофа по времени может совпасть с аномальным проявлением факторов – явлений, ускоряющих оползневой процесс.

Усойский завал – надежное природное сооружение, которое выдержит любой напор воды при естественном подъеме уровня воды озера. Загадку природы о паводково-селевой опасности необходимо разгадать «всем миром»: нет Правобережного оползня – нет опасности прорыва завала и селевой катастрофы. Население может жить спокойно.

### Список литературы

- Гончаров В. С., Скомаровский А. Н. Изучение фильтрации через Усойский завал. – Атомиздат, М.: 1979. С. 57.
- Папырин Л.П. Результаты геофизических исследований оползней в районе Сарезского озера. ТаджикНИИНТИ, Душанбе, 1990. С. 1-5.