

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

*экспертной подкомиссии Государственной экспертной комиссии Госплана СССР по материалам инженерно-геологических исследований для оценки устойчивости склонов и прогноза развития геологических процессов в районе Сарезского озера. 22 декабря 1988г*

По приказу Госплана СССР от 12 сентября 1988г. №95 экспертная подкомиссия провела экспертизу материалов инженерно-геологических исследований для оценки устойчивости склонов и прогноза развития геологических процессов в районе Сарезского озера ("Материалы"), выполненных производственным объединением "Таджикгеология" и представленных Минводхозом СССР в следующем составе:

- Результаты инженерно-геологических исследований для прогноза дальнейшего развития оползней в нижней части Сарезского озера за 1981-1984 годы - 7 томов;

- Отчет "Комплексные инженерно - геологические исследования М 1:25000, в районе Сарезского озера для оценки устойчивости склонов и прогноза развития геологических процессов за 1985- 1987 годы" - 4 тома;

- Предварительный отчет по теме "Математическое моделирование волн вытеснения, вызванных оползневыми явлениями на озере Сарез" (Институт Союзгипроводхоз) - 1 том.

По просьбе экспертной подкомиссии были дополнительно представлены материалы: "Об оценке устойчивости Правобережного оползнеопасного массива и скорости его смещения", "О фильтрации через Усойское перекрытие", "Мероприятия по приведению Сарезского озера в безопасное состояние".

### **История вопроса**

Сарезское озеро располагается на территории Горно-Бадахшанской автономной области Таджикской ССР в бассейне р. Аму-дарья, на правобережном притоке р. Пянджа - р. Бартанг (Мургаб), в 143 км от ее устья.

На карте сейсмического районирования 1981 года это 9-балльная зона. Сотрясения указанной балльности в этом районе возможны

один раз за 2000 лет, а 7-ми балльные имеют средний период повторяемости 100 лет. Озеро образовалось в 1911 году в результате 9-балльного землетрясения, вызвавшего оползень, перегородивший реку. Высота плотины-завала (Усойский завал) над руслом реки от 400 до 650 м, длина его от ниши отрыва до левого борта долины - 5 км, ширина по основанию до 5 км, площадь - 12 кв. км, объем - 2,2 куб. км. В настоящее время длина озера составляет 61 км, площадь - 78 кв. км, максимальная глубина - 500 м, объем воды - 16 куб. км. Часть Усойского завала перекрыла долину левобережного притока р. Мургаб - руч.Шадау, образовав озеро объемом 0,24 куб. км, которое отгорожено от Сарезского озера перемычкой шириной 300-350 м.

Госэкспертиза Госплана СССР трижды рассматривала (1979 г., 1980 г., 1984 г.) материалы связанные с решением проблемы Сарезского озера, и отмечала, что не были выполнены инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания по оползнеопасным склонам озера, не выяснена степень устойчивости Усойского завала от волнового воздействия при обрушении оползней и фильтрации, не определены безопасные уровни и необходимые объемы сработки озера и т.д.

Производственное объединение "Таджикгеология" в период 1981 - 1987 годы выполнило инженерно-геологические исследования в районе Сарезского озера в целях:

- оценки устойчивости берегов и прогноза развития геологических процессов;

- изучение "Правобережного" оползневого массива, его объема и динамики;

- продолжение топогеодезических наблюдений за деформацией "Правобережного" оползневого массива и Усойского завала.

### **1. Краткое содержание**

В "Материалах» рассмотрено строение и устойчивость Усойского завала. Он состоит преимущественно из сомкнутых крупных массивов; более мелкие массивы сосредоточены в правом примыкании перекрытия. Пригребневая часть перекрытия представлена, вероятно, блоками сильнотрещиноватых пород, с зонами дробления на контактах. На верховом и низовом откосах перекрытия происходили вторичные смещения оползневых массивов, их дробление и перетирание с обрушениями на уступах отрыва и образованием глинисто-обломочно-глыбовых потоков переменной мощности (видимо до 30-40 м). В нише основного отрыва возникли крупные обломочно-глыбовые потоки, перемещавшиеся вверх и вниз по долине за контур перекрытия, соответственно на 0,5 и 1,0 км при

мощности до 90-130 м. На пониженное положение гребня перекрытия в правой части отразилось оползание на низовом и верховом откосах, где развит глыбовый материал, который перекрыт последующими селевыми и обвальными суглинисто-обломочными накоплениями мощностью до 10-15 м. По электро- и сейсморазведочным, гравиметрическим данным, не подтвержденными разведочными выработками, здесь, вероятно, до глубины 40-50 м, а на откосах больше, залегают наиболее разрушенные породы. По данным карт 1914 г., 1967 г., аэроснимков 1948 г., 1968 г. и эпизодических геодезических измерений, начиная с 1969 г., на локальных участках в правой части низового откоса перекрытия происходили опускания его поверхности.

Исследования, выполненные объединением "Таджикгеология" в 1981-1987 годы выявили большую гравитационную и эрозионную устойчивость массивов пород Усойского перекрытия, чем предполагалось в 70-х годах.

По результатам физического моделирования НИИ механики МГУ, скорость смещения Усойского оползня оценивается, примерно, в 25 м/с, по данным математического моделирования - 46 м/с.<

По данным ВСЕГИНГЕО фильтрация воды через Усойское перекрытие происходит в правом его примыкании на участке длиной по фронту около 2000 м; суммарные расходы фильтрационного потока по многолетним наблюдениям изменяется от 31 до 70 куб. м/с, иногда достигали 90 куб.м/с. Трассерные опыты с запуском индикаторов показали, что фильтрационный поток является неравномерным и нестационарным, вероятно, имеет сосредоточенные пути и значительные скорости. Установлено, что основная фильтрация из озера Сарез происходит до глубины 50-70 м от уровня озера; ниже глубины 60-100 м фильтрация практически прекращается.

С 40-х годов среднее повышение уровня Сарезского озера составляет 20 см в год, которое не сопровождается заметным изменением суммарной фильтрации через перекрытие. Причины повышения уровня озера достоверно не установлены.

Химический состав воды озера и низовых родников, примерно, одинаков. Однако, только по этому признаку судить об отсутствии выщелачивания пород перекрытия не следует.

В низовом обломочно-глыбовом потоке, перекрывающем оползневые массивы, с 1914 г. по настоящее время сформировался эрозионный каньон длиной 2,4 км, глубиной до 30-35 м, объемом около 7 млн. куб. м. С 1914 г. по 1934 год голова каньона

продвигалась в глыбовом покрове со средней скоростью 100-140 м/год (при объеме размыва за год 350-360 тыс. куб. м), с 1939 года по 1956 год - со скоростью 6,5 - 7,6 м/год. С 1956 года каньон практически не растет.. Представления о строении левобережного междуречья Ирхт-Шадау, где предполагалась проходка тоннелей-водоспусков - противоречивы. Его слагают сильнотрещиноватые песчаники и сланцы сарезской свиты, сильно нарушенные разрывами. Это неотектонический блок или краевая часть древнего оползня. По данным сейсморазведки на междуречье имеются древние погребенные долины глубиной до 150 - 170 м, что не подтверждено другими данными. Имеется действующий оползень объемом 120 млн.куб.м, а в условиях высокой сейсмичности не исключается возможность формирования здесь более крупного оползня.

"Правобережный" оползне-обвальный склон расположен в 5-6 км от Усойского перекрытия. Склон, высотой около 2000 м, слагают переслаивающиеся трещиноватые песчаники и сланцы сарезской свиты, падающие в северо-западной части вглубь склона под углами 30-40 град. В диагональных направлениях массив пересекают трещины и разрывы шириной до 3 - 5 метров и один крутой разрыв прослеживается в северо-восточном направлении с зоной смятия до 6-8 метров. В отличие от Усойского участка, здесь нет региональных или крупных омоложенных разрывов. Поэтому "Правобережный" склон является менее благоприятным для формирования грандиозных оползней, чем Усойский склон.

В северо-западной части склона находится древний оползень, представленный согласной системой из 4-5 огромных пластин, мощностью 25-40 м. По данным бурения скважины, глубиной 243 м и сейсморазведки захват склона оползнем в среднем 180-200 м, объемом - 0,45 куб.к. Пластины пород налегают на озерные пески и упираются в субгоризонтальную широкую (около 1,5 км) поверхность древнего Мургабского оползня, что является благоприятным фактором для современной устойчивости склона.

Оценка устойчивости склона и прогнозы типов гравитационных смещений осуществлены сравнительно-геологическим методом и по прямым признакам детального инженерно-геологического картирования, геодезических измерений 52 поверхностных и одного глубокого реперов и прогнозных построений. Юго-восточная часть склона потенциально неустойчивая. В 1911 году при 9-ти балльном землетрясении отчленился массив объемом около 100 млн. куб. м, часть его перекрыла долину до высоты 170 м. Общий объем оползнеопасного "Правобережного" массива равен 0,8 куб. км. а с

учетом обрамления ниши отрыва - 0,9 куб. км.

По данным геодезических измерений 1974-1982 годов на поверхности локальные участки горного склона испытывают горизонтальные смещения до 15 см/год. Более точные светодальномерные наблюдения 1985-1988 годов, показали смещения реперов со скоростью до 5-7см/год. Репер в прочных неветрелых песчаниках в зоне предполагаемого отчленения массива, два репера на локальном водоразделе - неподвижны. Тросовый репер в скважине не фиксирует существенных деформаций; активизация смещения при малых землетрясениях также не обнаружена.

Несмотря на отсутствие явных признаков возможность глубокого (до 200 м) смещения оползней при 8-9 балльном землетрясении полностью исключить нельзя, затопление нижней части склона после 1911 года надо рассматривать как потенциальный фактор снижения устойчивости склона с древним оползнем.

Преобладающая ориентировка векторов смещения поверхностных реперов на обоих массивах в диагональном направлении, в сторону юго-восточного массива, указывает, что по инициативе древнего оползня медленно смещается присклоновая область обоих массивов при глубине захвата около 100 м и объеме 0,6 куб.км. По предположению, такое смещение является наиболее реальным; менее вероятно раздельное смещение юго-восточного и северо-западного массивов при максимальном захвате склона 200 м.

В материалах делается вывод, что при дальнейших работах над защитными мероприятиями надо рассматривать три варианта оползневых смещений массивов объемами: 0,9 куб. км, 0,6 куб. км и 0,35 куб. км. Первые два смещения более сложные: оползневое в северо-западном и оползне-обвальное в юго-восточном массиве.

Изучение сейсмонапряженного состояния склонов методом динамической фотоупругости, выполненное в 1983-1985 годах в МИСИ им. В.В.Куйбышева на однородных плоских моделях, показало, что при землетрясении 1911 года оба склона находились в сходном сейсмонапряженном состоянии; растягивающие напряжения выявлены в основании склона (отм. 2750) и у бровки ледникового отрога (отм.4600-4700м).

По данным объемного физического моделирования с термопластичными материалами скорость смещения юго-восточной части "Правобережного" массива при объемах 0,15 и 0,3 куб. км (выполнено в НИИ механики МГУ в 1987-1988 годах) оценивается в

14 м/с.

Горные склоны, обрамляющие Сарезское озеро, сложенные различными комплексами дислоцированных пород с многочисленными тектоническими разрывами разных порядков и неравномерно выветрелых, являются потенциально-неустойчивыми, а нередко находятся в запредельном состоянии. На них как в периоды относительно сейсмического покоя, так и особенно при сильных землетрясениях неизбежно возникают крупные оползни. Подтверждением сказанному является оползень обвал 22 августа 1987 г., объемом около 20 млн. куб. м, возникший в массиве гранитов в зоне Рушано- Пшартского разлома, образовавший заплеск высотой 16-17 м на противоположном берегу озера и волну, дошедшую до Усойского перекрытия (12 км) высотой 1,5-2 метра.

Участок Базайташ находится в 12 км от Усойского перекрытия, и на нем возможно формирование нового оползня объемом до 200 млн. куб. м. Еще три потенциально неустойчивых оползнеопасных массива таких масштабов установлены в 26, 47, 55 км от Усойского перекрытия. Предположительно, при их смещении волновое воздействие осложнит возведение защитных сооружений.

Исследования, касающиеся прогноза ожидаемого волнового режима в Сарезском озере, возникающего в результате внезапного обрушения в озеро больших масс скального грунта с его склонов, проводились институтом «Союзгипроводхоз» на физических (гидравлических) моделях и путем математического моделирования с использованием ЭВМ по программе, разработанной институтом САНИИРИ (Ташкент).

Для построения математических моделей в работе использовались модели, описывающие движение длинных волн в открытых руслах в одномерной постановке, основанные на допущениях (гипотезах) Сен-Венана.

Результаты исследований представлены в предварительном отчете «Математическое моделирование волн вытеснения, вызванных оползневыми явлениями на оз. Сарез», основные выводы которых следующие:

1. При уменьшении объема оползня уменьшается и высота волны и объем перелива.

Объем оползня км <sup>3</sup>	Математическая модель		Физическая модель	
	Высота волны, м	Объем перелива, млн. м <sup>3</sup>	Высота волны, м	Объем перелива, млн. м <sup>3</sup>
0.35	0	0		
0.45	55	16		
0.5			50- 60	30-50
0.6	87	47		
0.8	107	88		
0.9	115	107		
1.0			100-125	70-110
2.0	180	225	150-175	145-170

2. С уменьшением высоты волны и объема перелива уменьшается и ее энергия. Например, при уменьшении амплитуды волны с 150 мм до 100 и 50 м энергия уменьшается в 3 и 12 раз. Поэтому следует ожидать и меньших размывов Усойского перекрытия.

3. При объеме оползня 0,35 куб. км никаких серьезных последствий не будет. Если же принять в расчет максимально возможный объем оползня 0,9 куб.км, то произойдет излив волны в р. Бартанг в объеме 70-80- млн. куб. м (часть аккумулируется в оз. Шадау). Размыв Усойского завала может быть в пределах до 10 м; волна излива трансформируется в долине реки Бартанг

## II Замечания и предложения

По оценке устойчивости Усойского завала, склонов Сарезского озера и объемам возможных подготовленных к обрушению оползней.

1. Инженерно-геологические исследования, проведенные в 1981-1987 годах ПО «Таджикгеология» в районе Сарезского озера (Усойское перекрытие 1911 года, потенциально неустойчивый склон «Правобережный», оползень 1987 года в 12 км от Усойского завала и др.) и их результаты, представленные в виде инженерно-геологических оползневых карт М:25000 по всему побережью озера и 1:5000 для опасных участков, выполнены на высоком уровне. «Материалы» дают достаточное представление об основных закономерностях геологического строения, о формировании, типах и объемах обвально-оползневых и иных явлениях, а также об современной общей устойчивости склонов.

2. Горный склон «Правобережный» в 5-6 км от Усойского перекрытия находится в потенциально-неустойчивом запредельном состоянии на нем возможны, особенно, при сейсмическом воздействии обвально-оползневые смещения, объемами 0,3 – 0,9 куб. км, наиболее вероятны 0,5 – 0,6 куб. км со скоростями движения блоков пород от 14 до 25 м/год. Вопрос о расчетной скорости разных объемов оползней подлежит уточнению.

3. Современное состояние Усойского оползневого перекрытия 1911 года в целом оценивается как устойчивое, которое, однако, может измениться в связи с нарушением сложившегося фильтрационного потока и интенсификацией подъема уровня озера, в частности, под влиянием сейсмичности и естественного уплотнения завала.

4. Подкомиссия отмечает существенные недостатки «Материалов» - отсутствие данных по изучению:

- строения и литологического состава пород верхней зоны в пределах гребня и откосов Усойского перекрытия, что затрудняет прогнозную оценку образования прорана размыва при переливе волны вытеснения;

- сейсмического режима района Усойское перекрытие – «Правобережный» оползневой массив:

- достоверного режима фильтрационного потока через Усойское оползневое перекрытие; нет гидропоста непосредственно ниже выхода родников из перекрытия;

- путей и расходов водных потоков из озера Шадау и Сарезского и



их режимов, что исключает возможность составления фильтрационно-деформационной модели процессов; об уплотнении перекрытия и о снижении его проницаемости.

Дальнейшие инженерно-геологические исследования целесообразно ограничить комплексными наблюдениями, по специально разработанной программе: за режимом фильтрации через Усойское перекрытие в увязке с его определяющими, за развитием и прогнозом геологических процессов на Усойском завале и горных склонах Сарезского озера, а также изменением их состояния, в первую очередь на «Правобережном» оползневом массиве.

Минводхозу СССР с привлечением Мингео СССР и Минэнерго СССР следует выполнить детальные инженерно-геологические изыскания пониженной части Усойского перекрытия с характеристикой строения верхней его зоны на глубину не менее 50 метров для суждения о реальности и опасности размыва волнами вытеснения разной высоты и для вариантного рассмотрения защитных мероприятий.

По определению параметров волны обрушения, характера ее распространения и взаимодействия с завалом:

1. В основу расчетов были приняты оползни объемами до 0,9 куб. км со скоростью смещения их в озеро 24-32 м/с.

В расчетах Союзгипроводхоза объем вытесненной оползнем в сторону Усойского обвала воды принят равным половине объема оползня; это может иметь место, если поверхность обвала не будет превышать над уровнем воды озера, и в два раза превышает принимавшийся НИСом Гидропроекта в расчетах, проводившихся в прошлые годы.

Принятая в материалах одномерная схематизация волновых движений в озере, имеющая достаточно сложную форму в плане должна быть дополнена двумерной.

В расчетах применена разностная схема, разработанная в САНИИРИ, однако, материалы проверки не приводятся.

В связи с этим, проведенные волновые расчеты и определенная по ним при объеме нового оползня в 0,9 куб. км высота волны над гребнем Усойского завала в 115 метров и объем возможного перелива через него в 107 млн. куб. м следует считать предварительными и они

не могут быть положены в основу разработки проектных мероприятий по Сарезскому озеру.

2. При волновом переливе через гребень Усойского завала, вызванным возможным оползнем, его гребень в пониженной части будет размываться. Так как неизвестно, какими грунтами и породами сложен гребень завала, то невозможно оценить на какую глубину он может быть промыт волновым переливом воды и его общую устойчивость от размыва

3. По данным гидрометрических наблюдений за стоком р. Бартанг средний приток воды в Сарезское озеро составил 1,42 куб. км в год (от 1 до 2,1 куб. км), а фильтрационный поток ее – 1,37 куб. км, то есть объем аккумуляции - 0,05 куб. км /год, что привело к подъему уровня в нем на 20 см в год за последние 30 лет. Сравнительно небольшие уменьшения фильтрационных потерь могут привести к значительному увеличению скорости подъема уровня в озере. Поэтому необходимо особое внимание уделить оценке режима фильтрационных потоков из Сарезского озера с обоснованием их изменений при возможных деформациях Усойского завала и в зависимости от этого уточнить водный баланс озера.

### **III. Выводы**

1. Экспертная подкомиссия отмечает, что проведенные ПО «Таджикгеология» инженерно-геологические исследования в 1981-1987 годы в районе Сарезского озера показали, что «Правобережный» склон озера (в 5-6 км от Усойского завала) находится в потенциально – неустойчивом состоянии и на нем возможны, особенно, при сейсмическом воздействии, обвалооползневые смещения объемами 0,3-0,9 куб. км.

Дальнейшие инженерно-геологические исследования на склонах Сарезского озера целесообразно ограничить комплексными наблюдениями за развитием и прогнозом геологических процессов на них и изменением их состояния и, в первую очередь, на Правобережном оползневом массиве.

2. Существенным недостатком представленных «Материалов» является отсутствие следующих исследований и данных наблюдений:

- литологического строения и сложения верхней зоны в пределах гребня и откосов Усойского завала;

- сейсмического режима в районе Сарезского озера;
- достоверного режима фильтрационного потока через Усойский завал.

3. Выполненное институтом «Союзгипроводхоз» «математическое моделирование волн вытеснения, вызванных оползневыми явлениями на озере Сарез» имеет ряд недостатков. Поэтому определенная высота волны над гребнем Усойского завала при объеме нового оползня в 0,9 млн.куб. км в 115 м и объем возможного перелива через завал в 107 млн. куб. м следует считать предварительными и они не могут быть положены в основу разработки проектных мероприятий по Сарезскому озеру.

4. Сложная природа и грандиозные объемы современных оползне-обвальных явлений на горных склонах Сарезского озера, их развитие при влиянии труднопредсказуемой высокой сейсмичности, определяет неизбежную условность в оценке устойчивости склонов, объемов и скоростей смещения. Также условен прогноз возникновения высоких волн вытеснения и гидромеханика их прохождения через гребень Усойского оползневого перекрытия.

Экспертная подкомиссия считает недопустимым оставление в верховьях бассейна крупнейшей реки Средней Азии огромного Сарезского озера с нерегулируемым стоком и без гарантии полной надежности Усойского оползневого перекрытия.

5. Для уточнения технических мероприятий по приведению Сарезского озера в безопасное состояние необходимо рекомендовать Минводхозу СССР с привлечением Мингео СССР и Минэнерго СССР выполнить детальные инженерно-геологические изыскания пониженной части Усойского перекрытия с характеристикой строения верхней его зоны на глубину не менее 50 метров с окончанием в 1989 году.

6. Экспертная подкомиссия считает необходимым рекомендовать Минводхозу СССР с привлечением: Минэнерго СССР, академических и учебных институтов провести модельные исследования и расчеты по возможности прорыва Усойского завала от волнового воздействия при обрушении оползней (после проведения инженерно-геологических и гидрологических исследований по Усойскому завалу), определить безопасные уровни озера и необходимость его сработки и разработать в 1989-1991 годах

ТЭО технических мероприятий по приведению в безопасное состояние Сарезского озера. Одновременно необходимо в проекте первоочередных мероприятий рассмотреть целесообразность наращивания пониженной части завала;

Академии наук СССР по хоздоговору организовать постоянные сейсмические наблюдения в районе Сарезского озера;

Мингео СССР и Госкомгидромету СССР продолжить соответствующие комплексные наблюдения для получения достоверных данных о режиме фильтрационного потока через Усойский завал.

7. Подкомиссия обращает внимание на недостаточную координирующую роль Минводхоза СССР и некомплексность проведения исследований в районе Сарезского озера, что в частности проявилось в отсутствии режимных наблюдений за сейсмичностью и недостаточности гидрометических данных.

8. При дальнейших исследованиях и проработках по проблеме Сарезского озера учесть замечания и предложения, изложенные в настоящем заключении.

*Председатель экспертной подкомиссии, член-корреспондент АН СССР -  
Н.А.Малышев*

*Заместитель председателя экспертной подкомиссии, доктор геолого-  
минералогических наук - Г.С.Золотарев*

*Ученый секретарь экспертной подкомиссии, инженер -  
Ю.И.Шиповников*

*Члены экспертной подкомиссии:*

*Член ГЭК, доктор технических наук - А.В.Михайлов*

*Доктор технических наук - А.Г.Асарин*

*Доктор геолого-минералогических наук - Г.К.Бондарик*

*Доктор геолого-минералогических наук - В.И.Бунэ*

*Доктор геолого-минералогических наук - К.А.Гулакян*

*Доктор геолого-минералогических наук - И.С.Комаров*

*Доктор технических наук - А.В.Мишуев*

*Доктор технических наук - Л.Н.Рассказов*

*Доктор технических наук - В.М.Шестаков*

*Кандидат технических наук - Б.Л.Историк*

*Кандидат геолого-минералогических наук - А.В.Количко*

*Кандидат геолого-минералогических наук - А.Б.Островский*

*Кандидат технических наук - Ю.А.Фишман*