

Алибаев К.У.

Сарезское озеро на реке Мургаб

ЧАСТЬ - 1



Алматы-2026г.

УДК. 627.824.33

Представлены общие технические сведения по Сарезскому озеру на реке Мургаб, расположенного в горах Таджикистана.

Книга составлена по материалам многолетних обследований и наблюдений Сарезского озера, проведенные различными организациями и исследователями, опубликованные в разное время и размещенные в общедоступной сети.

Подготовил: Алибаев К.У.- главный инженер проекта ТОО «Институт Казгипроводхоз», г.Алматы, моб. +77717663367, эл.адрес: karimalibaev@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ:

№ п/п	Наименования разделов	Страницы
1.	Введение	4
2.	Географическая характеристика территории	5
3.	Рельеф территории	7
4.	Климат территории	9
5.	Образование озера	11
6.	Наполнение озера	13
7.	Вероятность прорыва	13
8.	Изыскания и исследования озера	16
9.	Гидрология озера	24
9.1.	Общие данные	24
9.2.	Гидрография бассейна	25
9.3.	Морфометрия чаши озера	26
9.4.	Наполнение озера	30
9.5.	Прогноз изменений уровня воды	33
9.6.	Изменения уровня непериодического характера	33
9.7.	Оледенение территории озера	34
9.8.	Общие выводы	36
10.	Инженерно-геологические условия	38
10.1.	Общие сведения	38
10.2.	Геологические условия формирования оползней.	38
10.3.	Закономерности формирования оползней	41
10.4.	Оползневые перекрытия реки Мургаб	42
10.5.	Режим фильтрации завала	43
10.6.	Общие выводы по геологическим условиям	46
11.	Сейсмичность территории	47
12.	Технические аспекты	49
13.	Состав технических мероприятий	56
	Литература	59
	ПРИЛОЖЕНИЯ	60

1. ВВЕДЕНИЕ

На ряде горных рек Центральной Азии имеются озера, образованные естественными завалами. Высота таких завалов достигает нескольких сотен метров, а объем озер - десятков и сотен миллионов кубометров.

Примерами таких завалов служат Сарезское озеро на р. Мургаб, оз. Сары-Челек в Киргизии, оз. Ихначкуль и Шавур куль в бассейне р. Пскем, оз. Каратоко на р. Чаткал, оз. Чонколь и Кичикколь на р. Караколь, оз. Копкаташ и Карасу на р. Карасу-левобережное (приток р. Нарын) и многие другие.

Склоны горных хребтов, образующих бассейны рек, покрыты скоплениями ледников и снежников. С наступлением весны происходит движение лавин и морен вместе с продуктами выветривания скальных пород в виде осыпей и т. д. Все это, попадая в русло реки, превращается в донные наносы, значительная часть которых оседает в завальных озерах, являющихся естественными наносохранилищами.

Самым крупным из завальных озер является Сарезское озеро.

Сарезское озеро - расположено Республике Таджикистан на востоке страны, в горной красивой долине между хребтами Музкол и Северо-Аличурский (Памир), на высоте 3255мБС.

Сарезское озеро является всемирно известным и уникальным природным объектом, созданное самой природой в сложных геологических условиях.

Озеро завальное, образовалось в результате схода катастрофического оползня и перекрытия русла реки Мургаб **5-6 февраля 1911г.**, вызванного исключительно сильным землетрясением.

Образовавшийся завал огромной горной массы похоронил под собой кишлак Усой, отсюда его название – **Усойский завал**. Обвалившиеся горные породы образовали естественную природную плотину высотой 567 м, которая перекрыла русло реки Мургаб и её притока Шадау-Дарьи (озеро Шадау).

Заполнение водой озёрной котловины привело к постепенному затоплению кишлака Сарез, давшего впоследствии название озеру.

Основные притоки – ледниковые реки **Мургаб, Лянгар, Марджанай**.

Сток из озера проходит по реке Мургаб (приток реки Пяндж, бассейн реки Амударья), которая вытекает ниже тела Усойского завала, и ниже по течению впадает в р.Бартанг.

Озеро пресноводное, олиготрофное; поверхностный слой воды (до 50м) ультрапресный, насыщенный кислородом. Вода в озере чистая, светло-лазурная, прозрачная (до 15,6м). Берега озера покрыты древесно-кустарниковой растительностью. Ихтиофауна озера бедна (маринка, лжеосман, тибетский голец).

Внутригодовые колебания уровня воды в озере достигают до **12 м**.

Озеро является уникальным с точки зрения качества и объемов накопленной воды, одновременно имеет высокую опасность для нижерасположенных населенных пунктов и инженерной инфраструктуры, и в тоже время имеет большую экономическую и экологическую значимость для республики Таджикистан.

Сарезское озеро нужно рассматривать в качестве перспективного резерва пресной питьевой воды.

Расположенное в сейсмически активной зоне, территория считается опасной для населённых пунктов в долинах рек Мургаб, Пяндж, Амударья, т. к. в случае прорыва Усойского завала возможно катастрофическое наводнение колоссального масштаба. Известно, что в прошлом в долине р.Мургаб было несколько завальных озёр, прекративших своё существование после прорывов плотин.

Несмотря на сохраняющуюся угрозу Сарезского озера, необходимо отойти от накопившихся опасений и боязни, и перейти к практическим инженерным мероприятиям для формирования безопасного функционирования Усойского завала уже как инженерного сооружения.

2. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ

Бассейн Сарезского озера занимает юго-восточный угол Памира и в целом представляет собой высоко поднятую область с абсолютными отметками речных долин и бессточных впадин 3700-5000мБС и горных хребта в свыше 6000 мБС.

На севере по хр. Музкол и его отрогу хр. Акбайтал, а также по хр. Кызниджник он граничит с бассейном р.Кудара (правая составляющая р.Мургаб) и бессточной высокогорной котловиной оз.Каракуль.

Восточная граница проходит по отрогам Сарнкольского хребта, отделяющим также бессточную котловину озер Ранкуль-Шоркуль, а затем непосредственно по гребню этого хребта, который служит главным водоразделом между реками бассейна Амударьи и притоками р.Яркенд, рассеивающей свой сток в пустыне Такла-Макан в Китае.

На юге по осевой линии Рушанского и Северо-Аличурского хребтов проходит граница с бассейном р.Аличура-Гунта, с бассейном оз.Зоркуль (Виктория) и р.Вахандарьи. Последняя, сливаясь с р.Памир, вытекающей из этого озера, дает начало р.Пяндж.

На западе бассейн Сарезского озера примыкает к бассейнам левых притоков р.Мургаба.

Протяженность бассейна в пределах территории с северо-запада на юго-восток от Усойского завала до верховьев р.Беик около 255км, с севера на юг от стыка хребтов Сарыкольский и Кызниджник до верховьев р.Истык-150 км.

Площадь водосбора в Сарезское озеро до гребня Усойского завала составляет порядка 16,5 тыс.км².

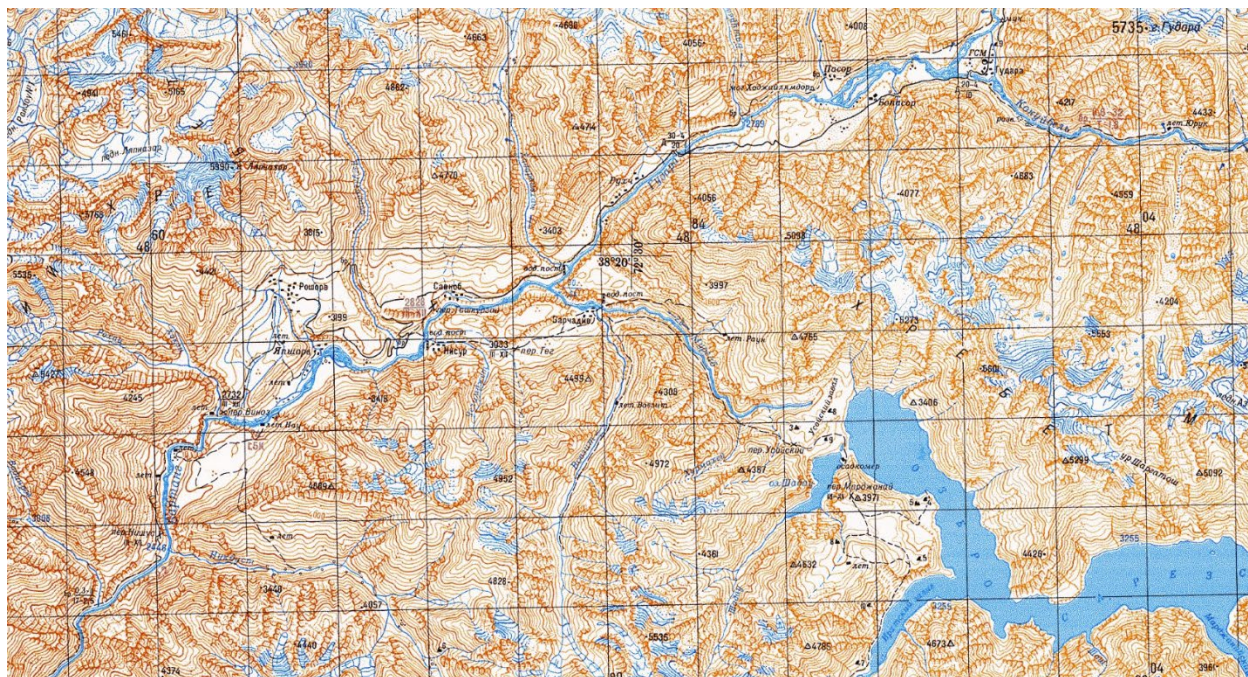


Рис.2.1. Карта русла реки Мургаб, до впадения в р. Бартанг.

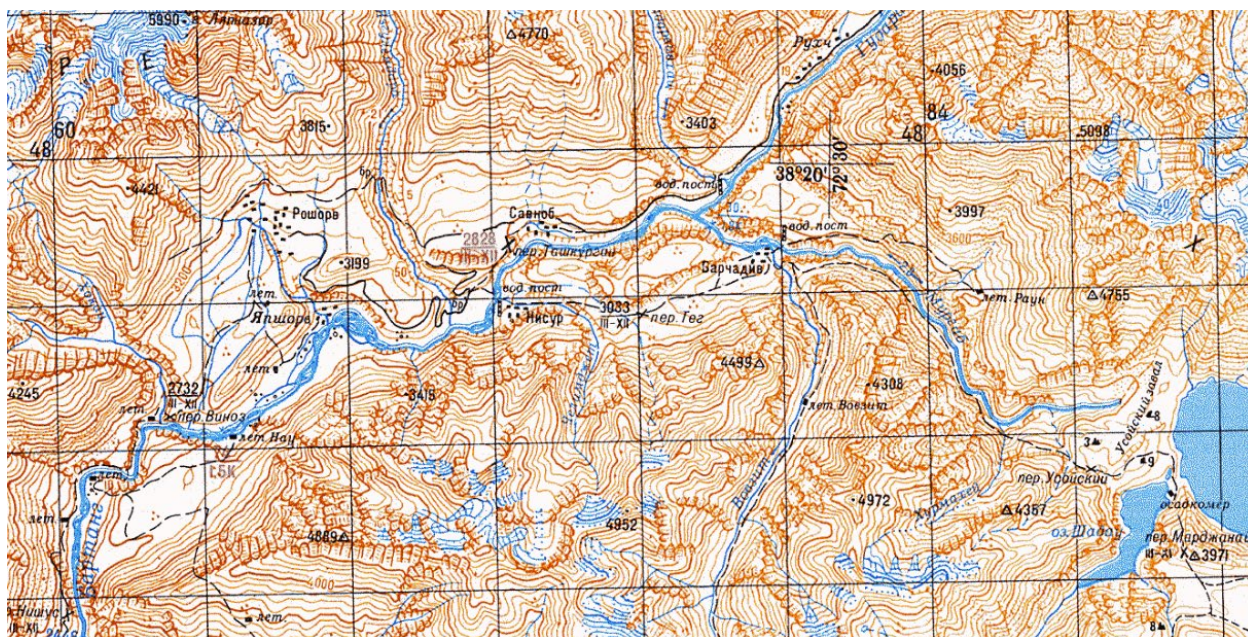


Рис.2.2. Участок впадения реки Мургаб в реку Бартанг.



Рис.2.3. Участок впадения реки Мургаб в реку Бартаг.

3. РЕЛЬЕФ ТЕРРИТОРИИ

Бассейн Сарезского озера находится в пределах внутренних частей Памирского нагорья, экранированных названными выше хребтам. Из них Музкол, Северо-Аличурский, Южно-Аличурский и Ваханский имеют почти широтное направление, а Сарнкольский хребет на большем протяжении меридиональное.

Большая часть бассейна обладает чертами восточно-памирского типа рельефа, характеризующегося малой изрезанностью и плавностью очертаний поверхности, небольшими относительными превышениями хребтов над днищами долин (до 800-1500 м). Средняя абсолютная высота Восточного Памира составляет 4000-4500м.

Для восточной части бассейна Сарезского озера характерны необыкновенно широкие, по сравнению с западной частью, плоскодонные долины шириной до 10-15км с медленным течением меандрирующих рек, обширные бессточные котловины с солоноватыми озерами.

Почти повсеместно распространена вечная мерзлота, которая создает в поймах рек и на низких террасах криогенные формы рельефа (бугры пучения, термокарст).

Здесь распространен рельеф ледниковой аккумуляции, представленный моренами нижнечетвертичного возраста. Перекрывая широкие днища и склоны современных речных долин, озерных котловин, они часто прослеживаются до гребней хребтов и даже на перевалах и в соседних долинах.

Почти сплошной нижнечетвертичный чехол на Восточном Памире свидетельствует о древнем оледенении полупокровного типа.

Среднечетвертичные морены с хорошо сохранившимся холмистым и грядовым рельефом расположены по днищам долин и невысоко поднимаются по их склонам.

Верхнечетвертичные-раннеголоценовые морены почти отсутствуют, так как эта область с начала верхнего плейстоцена превратилась в высокогорную пустыню с резко континентальным климатом, существующим и в настоящее время.

Западная часть бассейна Сарезского озера ниже слияния рек Акбайтал и Аксу начинает приобретать черты западно-памирского типа рельефа, который особенно четко выражен в бассейнах притоков р.Западный Пшарт, а также многочисленных левых притоков р.Мургаб и Сарезского озера.

В западной части долина р.Мургаб сужается, аккумулятивно-ледниковые формы рельефа Восточного Памира замещаются водно-эрозионными. Вертикальная амплитуда эрозионных врезов постепенно увеличивается к Сарезскому озеру. Склоны долин становятся круче, а сами долины приобретают V-образную форму. Одновременно увеличиваются абсолютные высоты хребтов, а относительные превышения гребней хребтов над дном долин достигают 1500-2000 м.

Морены нижнечетвертичного времени имеют здесь ограниченное распространение и приурочены лишь в основном к днищам нижнечетвертичных долин, что свидетельствует о существовании древних долинных ледников, размеры которых превосходили современные в 2-2,5 раза.

Среднечетвертичные морены отделены от нижнечетвертичных глубоким (800-1000 м) межледниковым эрозионным врезом, развиты по склонам долин и приурочены к нижнему ярусу рельефа.

Чертами западно-памирского типа рельефа обладает западная часть хр.Музкол, являющаяся водоразделом между реками Мургаб и Кудара, восточная часть Рушанского хребта до пер.Лянгар и западная часть Северо-Аличурского хребта между перевалами Лянгар и Ак-Архар.

Из внутренних хребтов района к этому типу рельефа принадлежат Ирхтские горы, хребты Сарезский, Караджилга, западная часть Пшартского хребта. Восточные части хребтов Музкол, Пшартский, Северо-и Южно-Аличурский, Ваханский, хребты Акбайтал, Кызылджиик и Сарыкольский полностью принадлежат к области формирования восточно-памирского типа рельефа.

Наибольшую протяженность в бассейне Сарезского озера имеет Сарыкольский хребет, затем хр.Музкол. При движении с северо-запада на юго-восток в глубь бассейна высоты горных хребтов снижаются. Так, если хр. Музкол имеет как в западной, так и в восточной частях среднюю высоту 5300 м, то средняя высота Сарыкольского хребта более чем на 300 м меньше, а Южно-Аличурский и Ваханский хребты ненамного превышают 5000 м.

Таким образом, хр.Музкол с его максимальной отметкой 6230м (пик Советских офицеров) после системы хребтов Академии Наук и Язгулемского является вторым орографическим барьером, препятствующим проникновению воздушных масс с запада на Восточный Памир.

4. КЛИМАТ ТЕРРИТОРИИ

Климат Сарезского озера отличается крайней континентальностью и суровостью. Примерно по линии, разделяющей бассейн на Восточный и Западный Памир, проходит граница между климатическими областями этой зоны - Переднеазиатской (Средиземноморской) с максимумом осадков в холодный период и Центральноазиатской с ничтожным количеством осадков и максимумом их в теплое время года.

Восточная часть бассейна находится в поясе сухого климата с холодным летом и суровой малоснежной зимой, западная часть - в поясе сухого климата с умеренно теплым летом и умеренно суровой зимой.

Сухость климата характеризуется индексом, представляющим собой отношение комплексной испаряемости к количеству осадков. Для бассейна Сарезского озера он более 3,0 - Памирское нагорье (средняя широта 38° с.ш.) расположено в условиях субтропического радиационного режима.

Широта местности обеспечивает высокое стояние Солнца в течение всего года: в декабре высота Солнца над горизонтом достигает 29°, в июне - 75°.

Значительные абсолютные высоты нагорья обуславливают очень большую интенсивность солнечной радиации. Благодаря особенностям географического положения Памир в пределах озера представляет территорию, климат которой определяется циркуляцией средней тропосферы.

Основные сезонные изменения циркуляционных процессов, влияющие на его климат, связаны с сезонным смещением пояса субтропических антициклонов и главных фронтов субтропиков и средних широт. В холодную часть года преобладают воздушные массы умеренных широт, в теплую - массы тропического воздуха.

Годовой ход температуры воздуха как на Восточном Памире, так и на Западном в основном совпадает с годовым ходом в свободной атмосфере.

Минимум температуры воздуха, как и везде на юг Центральной Азии, приходится на январь, максимум - на июль, однако в долинах Западного Памира он может смещаться на август.

Средняя многолетняя температура воздуха на Восточном Памире -5, 7°С.

Средняя суточная температура воздуха в январе -17 -18° С.

Абсолютный минимум в г.Мургабе -47°, а в расположенной западнее от описываемого бассейна Яшилькульской котловине даже -63°С. Безморозный период отсутствует.

Сильные ветры в сочетании с низкими температурами создают условия, сходные с арктическими. Лето продолжительное и прохладное. Положительные температуры наблюдаются, как правило, только днем. Ночью часты заморозки.

Годовая сумма осадков 70-120 мм, причем наибольшее их количество приходится на май-июнь, а наименьшее - на январь - декабрь.

Низкие значения средних температур создаются продолжительными периодами с условиями, благоприятными для радиационного выхолаживания, а высокие являются результатом частых ухудшений погоды с появлением облачности и усилением ветра, мешающих местному выхолаживанию.

Общей особенностью осадков на Восточном Памире, является преобладание их в летние месяцы. На Западном Памире наблюдается летом минимум атмосферных осадков. Годовой ход осадков Восточного Памира имеет много общего с годовым ходом осадков на 22 станциях Центрального и Восточного Тянь-Шаня, где летом также наблюдается максимум осадков.

В гляциальной области Западного Памира в районе Сарезского озера осадки повышаются до 300 мм в год. Большая часть влаги, приносимая циклонами с юго-запада, остается на периферийных частях Памиро-Алая, поэтому долины Восточного Памира обычно не имеют снежного покрова. Как зимние, так и летние осадки возрастают вблизи мощных горных массивов.

Весенний максимум осадков связан с активной циклонической деятельностью на полярном фронте, когда циклонический участок этой фронтальной зоны занимает свое наиболее северо-восточное положение, распространяясь на Памиро-Алай и Тянь-Шань.

При высоком положении нулевой изотермы в наиболее высокогорных районах выпадают значительные осадки. Летний максимум осадков имеет одинаковую природу с аналогичным максимумом Северного Тибета. Он связан с обострением субтропических фронтов на северной периферии субтропических антициклонов, происходящих как за счет выноса влажного (прежнего муссонного) воздуха в восточных частях ложбин, так и при сложениях среднеширотных (полярных) и субтропических фронтов.

Верховья Пянджа и Мургаба представляют собой орографическую ловушку для вторжений и отголосков муссона. Проникновение муссонного воздуха на Восточный Памир приводит к выпадению интенсивных ливневых осадков. Высокие средние максимумы осадков в августе зависят от отдельных исключительно больших для этого региона месячных сумм осадков, вызванных периодами дождливой погоды, во время которых их суточные суммы очень высоки, около 12-22 мм. Так, в сентябре 1908 г. в Мургабе выпало 103 мм осадков, а наибольшее их суточное количество равно 83 мм.

Оценка испарения с водной поверхности с учетом материалов наблюдений за скоростью ветра, абсолютной влажностью и температурой воздуха на ГМС Ирхт с приведением их к открытой водной поверхности показала средний годовой слой

испарения за период 1940 - 1980 гг. - 875 мм. С 1957 г. на ГМС Ирхт производились наблюдения над испарением с водной поверхности по испарителю ГТИ - 3000. Средний годовой слой испарения по испарителю оценивался в 1060 мм, а введение редуцированного коэффициента, равного 0,85, показало близкую величину к расчетной - 890 мм. Таким образом, **величину испарения в 890 мм** можно использовать для предварительных расчетов. Однако величина испарения требует уточнения, с учетом всего климатического 115-летнего ряда метеорологических наблюдений.

5. ОБРАЗОВАНИЕ ОЗЕРА

Усойский завал образовался после сильного землетрясения (9 баллов) в ночь с 5-го на 6-е февраля 1911 года, в 23 часа 15 минут (по Ташкентскому времени).

В результате завала горные породы образовали естественную каменно-набросную перемычку (плотину) высотой - **567 м**. В ходе сильного оползня на ширине около 4,5 км река Мургаб была перекрыта завалом упёршегося в противоположный борт долины.

Усойский завал перекрыл также впадавшую в Мургаб небольшую реку Шадау-Дарья, что привело к образованию другого, меньшего по размеру озера Шадау.

Усойский завал является крупнейшим не только в современном мире, но и в нашу историческую эпоху, и имеет следующие параметры:

- высота завала - 567 м, высота от уровня озера в самой низкой точке - 38 м,
- объём грунта завала - около 2,2 км³,
- масса завала - около 6,0 млрд тонн,
- длина завала - около 5,0 км,
- ширина завала - около 3,2 км,
- площадь завала - около 10,8 км²,
- количество родников в нижнем бьефе - 57.

Наименее высокой частью завала является северная, сложенная из обломков доломитов, гипса и мраморов.

Основание завала представляет собой гряду, вытянутую с северо-востока на юго-запад и сложенную из кремнистых и глинистых сланцев.

Западная часть состоит из мелкого обломочного материала.

В связи с тем, что при землетрясении были разрушены тропы в район образования завала, последствия землетрясения стали известны только к марту 1911 года.

По историческим данным из кишлака Усой, похороненного под завалом, из трехсот жителей выжили только три жителя. По словам выживших, плотная завеса пыли над их родным кишлаком осела только через три дня.

В первые годы после образования завала ученые исследователи считали изначальной причиной - землетрясение. Исследователи отмечали, что до завала, склоны ущелья представляли собой подвижные осыпи, а обвалы пород происходили регулярно.

Расчёты, исследователей проведенные в 1915 году, подтвердили, что обвал 6,0 млрд тн породы, произошёл из-за подмыва склона, и сам мог вызвать подобное землетрясение. Позже, к 40-м годам XX века, было обозначено, что причиной обвала было все-таки сильное землетрясение.

За период с 1915 по 1980 годы высота осадки завала составила около 60м, и осадка имела пульсационный и не стабильный характер. В среднем скорость осадки завала составила около 1,10 м/год или 3,0 мм/сутки.



Рис.5.1. План озера и завала (Г.А. Шпильков, 1913 г.).



Рис.5.2. Продольный разрез озера и завала (Г.А. Шпильков, 1913г.).

Нужно отметить, что Сарез не был первым завальным озером в долине Мургаб. Известно о 9 озёрах-предшественниках, образовывавшихся путём

заваливания русла оползнями и прекращавших своё существование с разрушением плотин.

Последним таким было Прасарезское озеро, образованное Ирхтским завалом. Завал этот был обнаружен и впервые исследован И. А. Преображенским. Согласно исследованиям, возраст завала — среднечетвертичный или ранее, о чём свидетельствуют ледниковые отложения среднечетвертичного периода, лежащие поверх обвальных слоёв.

При этом Ш. Ш. Деникаев отметил, что до завала старое русло Мургаба проходило западнее и южнее, через современное озеро Шадау; а при прорыве размыло восточную часть плотины. Размеры этого завала составляли около 4 км вдоль русла и 1,5 км поперёк долины.

Длина Прасарезского озера составляла около 25-30 км, глубина составляла около 200 метров. Толщина глинистых отложений позволяет судить о том, что озеро просуществовало достаточно долго, прежде чем завал был размыт.

6. НАПОЛНЕНИЕ ОЗЕРА

После образования Усойского завала, началось постепенное заполнение чаши в русле реки Мургаб и образование Сарезского озера. Вода, заполнившая котловину, менее чем год спустя постепенно затопила кишлак Сарез, который и дал название озеру.

В 1913 году глубина озера у завала достигла 279 метров. Озеро оставалось непроточным до 1914 года, когда в завале появились первые родники.

С 1914 года было отмечено начало фильтрации воды через Усойский завал.

В 1915 году измерения глубины возле завала показали 352 метра,

В 1926 году при глубине в 477 метров озеро вытянулось на 75 километра вдоль ущелья, его объём был оценён в 17 км³.

Вплоть до 1925 года отмечалось ежегодное увеличение глубины озера на 9 метров.

К 1938 году максимальная глубина озера превысила отметку в 480 метров. Снижение интенсивности роста озера в этот период — следствие роста площади водного зеркала, что, в свою очередь, увеличило испарение, а также увеличения количества фильтрационных каналов в теле завала.

С 1926 по 1938 — на 1,2 метра в год.

С 1915 по 1939 год число родников в его тыльной стороне увеличилось с 2 до 57, а расход воды, в 1915 году фиксировавшийся на уровне 2 м³/с,

в 1926—1930 годах определялся объёмом в 60—80 м³/с.

Впервые иллюстрации озера были выполнены начальником Памирского отряда Г.А.Шпильковым в октябре 1913 года, и являются важными исходными отправными топографическими материалами для последующих исследований.

В 1939—1941 годах уровень озера оставался стабильным.

В 1942 году в результате уплотнения завала произошёл скачкообразный рост уровня на 4,0 м.

С 1943 года озеро имело стабильный прирост примерно в 0,2 м в год.

С 1946 года озеро относительно стабилизировалось. Его глубина возле завала с тех пор колеблется в районе отметки в 500 м, объём — между 16 и 18 км³, а длина вдоль ущелья в разные годы составляла от 65 до 75 км.

В 1994 году в озере наблюдался рекордный паводок: уровень на 3 м превысил расчётный при стабильном увеличении менее чем на 20 см в год.

Необходимо отметить, что из-за отсутствия систематических наблюдений за наполнением озера и состоянием Усойского завала, в настоящем трудно определить какой из факторов явился определяющим при относительно резком его наполнении: климатический, геологический или гидрологический.

В этой связи, рекомендуется провести очень подробный анализ всех имеющихся данных изысканий и исследований начиная с 1913 года и с учетом современных технологий попытаться восстановить все пробелы в климатических, геологических и гидрологических данных.

7. ВЕРОЯТНОСТЬ ПРОРЫВА

Вероятность прорыва Усойского завала с самого начала его образования, остается актуальной и по настоящее время не нашла своего окончательного технического решения.

Сарезское озеро находится в сейсмоактивной зоне Памира, повторяемость землетрясений силой в 8-9 баллов весьма высока - 1 раз в 250 лет, по другим данным - 1 раз в 2000 лет, а в 7 баллов - 1 раз в 100 лет.

Известно, что Усойский завал является не первым озерообразующим завалом в этой долине: предыдущие 9 завалов, образовавшихся за четвертичный период, но все они были разрушены естественным путем.

В 1914 году с появлением первых родников в нижнем бьефе появились опасения, что движение вод внутри завала может привести к его размыву и обрушению под давлением массы озера. Однако по наблюдениям начальника Памирского отряда подполковника Г. А. Шпилько, завал был достаточно прочен и мог выдержать давление воды Сарезского озера. По его прогнозу, вода должна была промыть более или менее крупный сток и на этом интенсивное размывание должно было прекратиться. Прогноз оправдался.

В 1947 году начальник метеостанции Ирхт В.В.Акулов высказал мнение, основанное на измерениях изменений геометрии завала, что растущий со стороны озера каньон может в скором времени достигнуть доломитовых отложений, что серьёзно ускорит его рост, а значит, приблизит разрушение Усойского завала.

Однако с 1956 года какого-либо увеличения каньона не наблюдалось.

В начале 1970-х годов институт Союзводпроект разрабатывал возможность постройки деривационного тоннеля. Проект включал в себя создание гидроэлектростанции с подводным тоннелем и снижение уровня воды в озере на 100 метров. Это свело бы вероятность прорыва к нулю, дало электроэнергию для развития инфраструктуры Памира и запас воды для Средней Азии.

Однако этот и другие предлагаемые проекты имеют серьезные риски связанные с недостаточной изученностью геологического строения, в первую очередь Усойского завала и особенно территории вокруг завала, на наличие крупных трещин и слабых участков берегов.

В декабре 1995 года Правительство Таджикистана приняло Постановление №716, утвердив «целевую комплексную программу по приведению Сарезского озера в безопасное состояние...».

Учитывая такое положение вопроса, в конце 1997 года Международная организация по миграции и Правительство Таджикистана созвали в Душанбе Международную конференцию по проблемам Сарезского озера. Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон рассказал о катастрофических последствиях возможного прорыва, и мировое сообщество не должно отстраняться от этой проблемы.

В 2000 г. правительства стран Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана, обратились к мировому сообществу с просьбой оказать интеллектуальную и финансовую поддержку в решении проблемы Сарезского озера. В том же году под управлением Всемирного банка был запущен международный проект по снижению риска прорыва Сарезского озера на 2000-2006 годы.

Правобережный оползень:

В 1967 году на правом берегу озера был обнаружен участок с опасностью оползня, так называемый «Правобережный оползень». По прогнозам некоторых учёных, при землетрясении может произойти обрушение оползня, что вызовет водяной вал, который перельётся через завал и, во-первых, создаст мощный селевой поток, а во-вторых, размочит тело завала.

При этом объём рыхлых отложений с годами оценивался по-разному.

В 1968 году А. И. Шеко по результатам исследования с воздуха оценивал его объём в 2 км³.

В 1981 году В.С.Федоренко называл цифру в 0,9 км³.

В 1990 году Ю.М.Казаков, Н. Р. Ишук и Ю.Акдонов оценили объём Правобережного оползня в 0,633 км³.

В 2002 году на основании этих же материалов А. Р. Ишук, Н. Р. Ишук и С. Х. Негматуллаев на докладе в Институте физики Земли заявили об отсутствии оползня как такового. Дональд Алфорд и Патрик Дроз в этот же период приняли объём оползня равным 0,5 км³,

В 2006 году Министерство Таджикистана в докладе ЕврАзЭС сообщило о существовании двух оползней, объемом по 0,6 км³ каждый, только один из которых представляет опасность.

По оценкам Л. П. Папырина, основывающегося на данных единственной пробуренной в оползне скважины, его объем составляет 1,25 км³, из которых 0,5 км³ приходится на чехол из более рыхлых пород.

Можно предположить, что геологические условия для обрушения огромной массы каменного материала и образования Усойского завала началось гораздо раньше, не менее 100 лет назад.

Годами, образование большого количества глубоких трещин и происходящие деформации внутри скал в результате землетрясений, а также ежегодная эрозия, приводят к скоплению значительных внутренних напряжений грунтов и слабых участков. Скопившиеся за многие годы деформации при сильнейших землетрясениях, приводят к обрушению всей ослабленной массы каменного грунта.

В этой связи, при организации современной системы комплексного мониторинга и наблюдений за Усойским завалом и его прилегающей территории, можно заранее оценить риски возникновения других аналогичных завалов и провести соответствующие технические мероприятия безопасного функционирования Сарезского озера и Усойского завала.

8. ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРА

Опыт изучения Сарезского озера и Усойского завала имеет более чем 100 летнюю историю, изучение завала началось уже через 4 года после образования завала.

В 1915 г. Российский геологический комитет направил на Памир для изучения Сарезского озера экспедицию под руководством И.А.Преображенского. Экспедиция провела инженерно-геологическое обследование и топографическую съемку Усойского завала в масштабе М1:21000.

По результатам геодезических измерений и сведений, полученных от местных жителей, И.А.Преображенский составил схему рельефа местности до образования Усойского завала. По его расчетам, объем завальной плотины Сарезского озера равен 2,7 км³, а объем подготовленных к обрушению горных пород до их смещения был равен 2,2 км³.

В 1947 г. была проведена плановая топографическая съемка в районе Сарезского озера и на всей территории ГБАО в масштабе М1:100000 (планшеты Генштаба).

И.А.Преображенский был первый и до 1967г. единственный профессиональный геолог, изучавший Усойский завал. Его работа «Усойский завал», опубликованная в С-Петербурге в 1920 г., до 1970 г. являлась единственным

профессиональным отчетом об инженерно-геологических исследованиях Усойского завала и Сарезского озера.

В дальнейшем до 1967 г. эпизодически проводились случайные маршрутные визуальные обследования Усойского завала и Сарезского озера. Малочисленные экспедиции пешком и на вьючном транспорте с большим трудом пробирались к Сарезскому озеру. Поэтому выполнить более сложные исследования (бурение скважин, геофизические работы и т. д.) эти экспедиции не могли.

В 1967 г., когда проводилось аэровизуальное обследование озера, никаких других карт, кроме сотки, не было.

В 1967 г. Управление геологии Таджикской ССР впервые получило возможность обследования селеопасности высокогорных озер. При осмотре района Сарезского озера геологи института ВСЕГИНГЕО (А. И. Шеко и А. М. Лехатинов) и Южной гидрологической экспедиции Таджикского управления геологии, обнаружили на правом берегу озера на высоте 4000-4300 м трещины длиной до 2-х километров и пришли к выводу, что они являются реальными предвестниками схода грандиозного оползня. Для проверки сведений о громадном оползне в августе 1967 г. на Сарез была направлена государственная комиссия во главе с академиком В. В. Пославским. Она подтвердила наличие опасности.

В 1967-1968 г.г. на Усойском завале были выполнены топографические и инженерно-геологические съемки масштаба М1:5000. Выполнялись они в условной системе координат и в относительной системе высот, т. к. системы триангуляционных пунктов для выполнения крупномасштабных съемок в районе озера тогда не было. Позднее эта же партия (также в относительной системе координат и высот) провела топографическую и трещинную съемки Правобережного склона в масштабе М1:5000. Затем составила детальные карты рельефа дна на двух локальных участках (селевого конуса-выноса Усой-Дара и Правобережного оползня), выполнила режимные наблюдения и определила подвижки геодезических реперов на Правобережном оползне.

В 1968-1970 гг. А. И. Шеко и А. М. Лехатинов развили гипотезу И. А. Преображенского об образовании Усойского завала. Руководствуясь этой гипотезой, они построили карту динамики развития Усойского завала в масштабе М1:5000 и иллюстрировали ее 10-ю инженерно-геологическими разрезами. В пределах завала они выделяли основной массив, зоны обратных блоковых смещений и обвальноползневых накоплений, другие элементы.

В теле завала они обнаружили две ослабленные зоны: северную и центральную. В северной части в случае перелива воды они прогнозировали размыв тела завала до глубины ста метров от современного уровня озера. Для подтверждения своих построений они предлагали провести на поверхности завала геофизические исследования и бурение скважин.

С 1968 г. инженерные геологи, руководствуясь визуальными оценками, считали, что вертикальная мощность рыхлых отложений на склоне равна 400-500 м, а объем Правобережного оползня – 2 км³.

В 1975-1977 г. в районе Сарезского озера была выполнена инженерно-геологическая съемка масштаба М1:100000.

Совмин СССР 27 марта 1975 г. принял распоряжение № 678р “О составлении схемы комплекса мероприятий по предупреждению прорыва вод озера Сарез и возможному использованию его водных ресурсов для нужд орошения и энергетики”.

В соответствии с этим постановлением в период с 1975 по 1977 г.г. в районе Сарезского озера были проведены комплексные инженерно-геологические исследования организациями Таджикгеология: Инженерно-геологической партией Южной гидрогеологической экспедиции; Памирской (Гидрогеофизической) партией Южной геофизической экспедиции; Топомаркшейдерской партией Таджикской геологосъемочной экспедиции.

Отчет о результатах комплексных исследований по программе МИНГЕО СССР был составлен в марте 1977 г. Отчет состоял из десяти томов, и у него было много авторов, т. к. работы выполняли четыре организации. Заданием МИНГЕО СССР определить объем Правобережного оползня поручалось Ташкентскому институту ГИДРОИНГЕО.

В отчете объем Правобережного оползня оценочно был принят равным 2,0 км³, прогнозировались разрушение завальной плотины до глубины 100м и катастрофический паводок до низовий Аму-Дарьи.

В ходе комплексных исследований в 1975-1976 г. Гидрогеофизической партии Южной геофизической экспедиции было поручено провести геофизические исследования на Усойском завале для решения следующих задач:

- определение общей мощности суглинистых и грязекаменных отложений в пределах селевого поля в северной части Усойского завала;
- оценка общей мощности Усойского завала и конфигурации коренного ложа реки под завалом;
- выявление участков повышенной и пониженной плотности отложений завала;
- определение пространственного положения зон тока воды в верхнем бьефе Усойского завала и оценки положения путей фильтрации воды в плане.

В 1975 г. геодезическая партия ГУГКа (Главного управления геодезии и картографии СССР) создала в этом районе сеть триангуляционных пунктов, составила карту Усойского завала масштаба М1:5000 и западной части Сарезского озера в масштабе М1:25000 уже в современной системе координат и высот. При этом было установлено, что высотные отметки на картах топомаркшейдерской партии превышают отметки, полученные партией ГУГКа, на 18 м.

Геофизические работы были выполнены на четырех ключевых участках: Усойском завале, Правобережном оползне, Левобережном участке и участке

исследовании фильтрации через завальную плотину. Выполнены небольшие по объему исследования на трех участках в средней части озера.

В условиях повышенной сейсмичности, сложной тектоники и высокогорного рельефа изучение устойчивости берегов и плотины Сарезского озера технически очень сложная, физически очень трудная и дорогостоящая задача. Еще более сложная задача – проведение инженерных изысканий под строительство гидротехнических сооружений. Возможности маршрутных, аэровизуальных, аэрокосмических инженерно-геологических исследований в этом районе практически исчерпаны.

При изысканиях для строительства насыпной пятисотметровой плотины потребовалось бы пробурить несколько сотен скважин и провести в них геофизические и гидрогеологические исследования, а затем во время строительства и после его окончания проводить постоянные контрольные измерения в нескольких скважинах. Но на Усойском завале не пробурено ни одной скважины.

В 1977 г. на акватории Сарезского озера группой сотрудников кафедры сейсмометрии и сейсмоакустики МГУ под руководством А. В. Калинин была выполнена водная сейморазведка по заказу института САО Гидропроект. Исследования были проведены с целью изучения участков проектируемых порталов гидротуннелей.

Проектно-изыскательские институты активно вели проработку различных схем мероприятий по обеспечению безопасности. В проектных институтах Сарезскими проектами занималось гораздо больше специалистов, чем в полевых работах. Но было совершенно ясно, что без детальных исследований ключевых участков – Усойского завала и Правобережного оползня – обосновать такую схему не удастся.

В начале восьмидесятых годов прошлого века с новой гипотезой строения завала выступил В.С. Федоренко. Он считал, что после остановки основного массива блоки начали двигаться не в обратном направлении, а вверх и вниз по долине, а по бокам оползня возникли низовой и верховой глыбовые потоки. В. С. Федоренко считал, что в северной части оползня западины нет, а есть более плотное ядро и при переливе воды начнется медленная эрозия. В какую сторону двигались блоки при смещении оползня, никто не видел. Но эта маленькая деталь основательно изменяла оценку опасности. При переливе воды он предсказывал медленную эрозию дна прорана и оптимистически считал, что за это время можно будет принять меры по обеспечению безопасности.

В районе Сарезского озера В. С. Федоренко по аэровизуальным наблюдениям и аэрофотоснимкам выделил крупный древний оползень (правильней говорить «систему оползней») и дал ему название Мургаб. Ниша этого оползня расположена на правом берегу Сарезского озера. В. С. Федоренко считал, что Усойский и Правобережный оползни являются частями оползня Мургаб. И если первый из них уже сместился, образовав Усойский завал и Сарезское озеро, – смещение

Правобережного, как задержавшегося на склоне остатка оползня Мургаб, в длительном геологическом времени неизбежно.

Восточней Усойского завала есть еще один, не сместившийся остаток оползневой системы Мургаб в виде клина, который при определенном сейсмическом воздействии также может сместиться. Если придерживаться этой гипотезы, то левый берег Сарезского озера на участке от озера Шадау до мыса Лагерный представляет собой фронтальную часть оползня Мургаб, которая возвышается над уровнем озера на 600-750 метров. На крутой поверхности левого берега возможно возникновение оползней вторичной генерации.

Верхняя часть ниши Усойского завала на высоте 4500-5500 м ослаблена многочисленными трещинами, и здесь возможно обрушение значительных объемов горных пород.

Сейсмические исследования непосредственно на Правобережном участке были начаты в 1983г. Для измерений партию обеспечили новейшими портативными цифровыми сейсмостанциями СНЦ-1 и Талгар-3.

Первые сейсмические измерения показали, что поверхностные отложения Правобережного склона сильно разрушены и характеризуются очень низкими значениями скоростей продольных волн. Поэтому их “пробиваемость”, по сравнению с Усойским завалом и другими участками в районе Сарезского озера, оказалась очень высокой.

В 1982-1984 г. Гидрографическая партия ГУГКа (из г. Баку) провела изучение рельефа дна озера по более детальной сети с помощью портативного эхолота. Эта карта позволяла получить более детальные графики объема и площади озера в зависимости от отметки уровня озера. Работы проводились по заказу САО Гидропроекта, ГМС Таджикистана таких материалов не имела, по-моему, более точные графики объемов и площадей озер по этим материалам не были построены.

В 1968, 1976 и 1986 г. группа сотрудников ВСЕГИНГЕО проводила изучение фильтрации воды через Усойский завал с помощью запусков индикаторов – радиоактивных изотопов.

В 1981-1992 г. была сделана инженерно-геологическая съемка масштаба М1:25000 мегасклонов озера вплоть до главных водоразделов. Детально, в масштабе М1:5000, изучены 5 участков с наиболее опасными, потенциально неустойчивыми склонами и Усойское перекрытие, пробурена одна скважина. В теле завальной плотины выявлены льдопроявления.

В 1987-1988 г.г. выполнена топографическая съемка масштаба М1:5000 на четырех оползневых участках в средней части озера.

В 1988 г. геолог из Союзгипроводхоза Л.Л.Козловский первым обследовал этот участок. В верхней части ниши Усойского завала он выделил два подготовленных к обрушению участка, общий объем которых может достигать 0,7 км³. Активизацию оползневых процессов он объясняет таянием ледника на северном склоне Музкола. Естественно, что этот участок нуждается в детальном изучении.

В 1990 г. была составлена новая инженерно-геологическая схема Усойского перекрытия в масштабе М1:5000.

В 1991 г. работниками института Союзгипроводхоз проводилось изучение грубообломочных пород Усойского завала дистанционными методами. Для решения поставленных задач применялся комплекс камеральных и полевых, наземных и дистанционных методов, включающий: анализ опубликованных и фондовых материалов по району работ; предварительное дешифрирование аэрофотоснимков (АФС), космофотоснимков (КФС) и наземной фототеодолитной съемки (ФТС) исследуемой территории с выявлением дешифровочных признаков, отражающих состав и строение массивов горных пород, а также другие инженерно-геологические особенности. Были организованы специализированные разномасштабные и разнозональные дистанционные съемки территории со спутников и самолетов АН-30, АН-2.

В процессе полевых работ выполнялись аэровизуальные облеты территории на вертолете, рекогносцировочные и специализированные инженерно-геологические маршруты, полевое дешифрирование АФС и составление рабочих карт, выбор ключевых участков для оценки степени раздробленности смещенных массивов и фототеодолитная съемка на них. Изучалась общая устойчивость, механизм и характер смещения оползнеопасных и оползневых склонов, сейсмогенные деформации и проявления других геологических процессов: суффозионно-карстовых, эрозионных, селевых и др. По результатам исследований была составлена схема районирования Усойского завала и таблицы гранулометрического состава пород Усойского завала.

О гидрологии Сарезского озера написано порядка 150 статей. Но только в 4 или 5 из них сообщаются какие-то новые, принципиальные сведения. В остальных пересказывается история первоначального географического изучения озера. Такое же положение с сейсмологическими исследованиями.

Различными авторами построено три варианта карты изосейст Усойского землетрясения 1911 г. И все они абсолютно разные. Еще в конце 1967 г. Управление геологии СМ Таджикской ССР обращалось к Совмину Таджикистана с просьбой открыть на озере постоянно действующую сейсмологическую станцию.

В зимний период 1975-1976 г. Гидрологическая партия ГМС Таджикистана провела со льда промеры глубин озера по сети 1000x250 м. По этим материалам были получены графики объема и площади озера в зависимости от отметки уровня воды.

Начиная с 1985 года, в связи с развитием космоса, в общедоступной сети стали публиковаться космические снимки Сарезского озера и Усойского завала. На платформе GOOGLE размещено несколько снимков начиная с 1985 года. Космические снимки позволяют оценить общие параметры Сарезского озера и Усойского завала. Все основные геологические и топографические параметры оцениваются только наземными изысканиями.

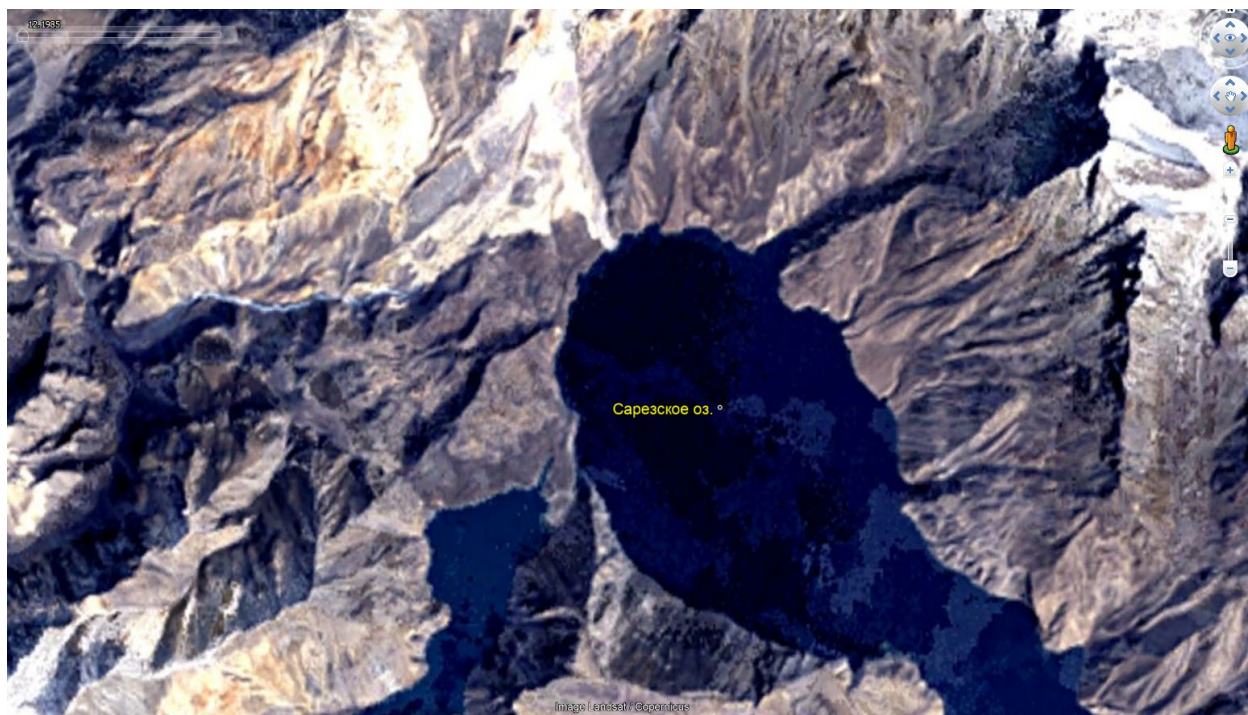


Рис.8.1. Космоснимок 1985 г.



Рис.8.2. Космоснимок 2008 года.

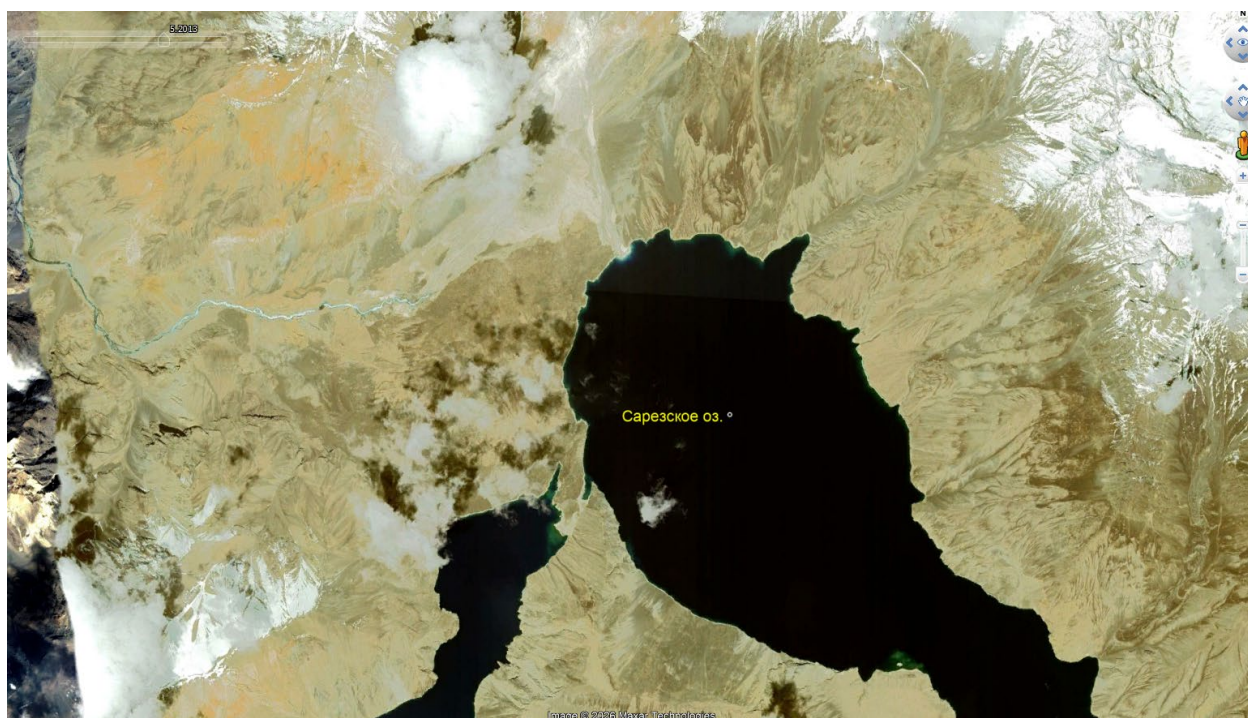


Рис.8.3. Космоснимок 2013 года.

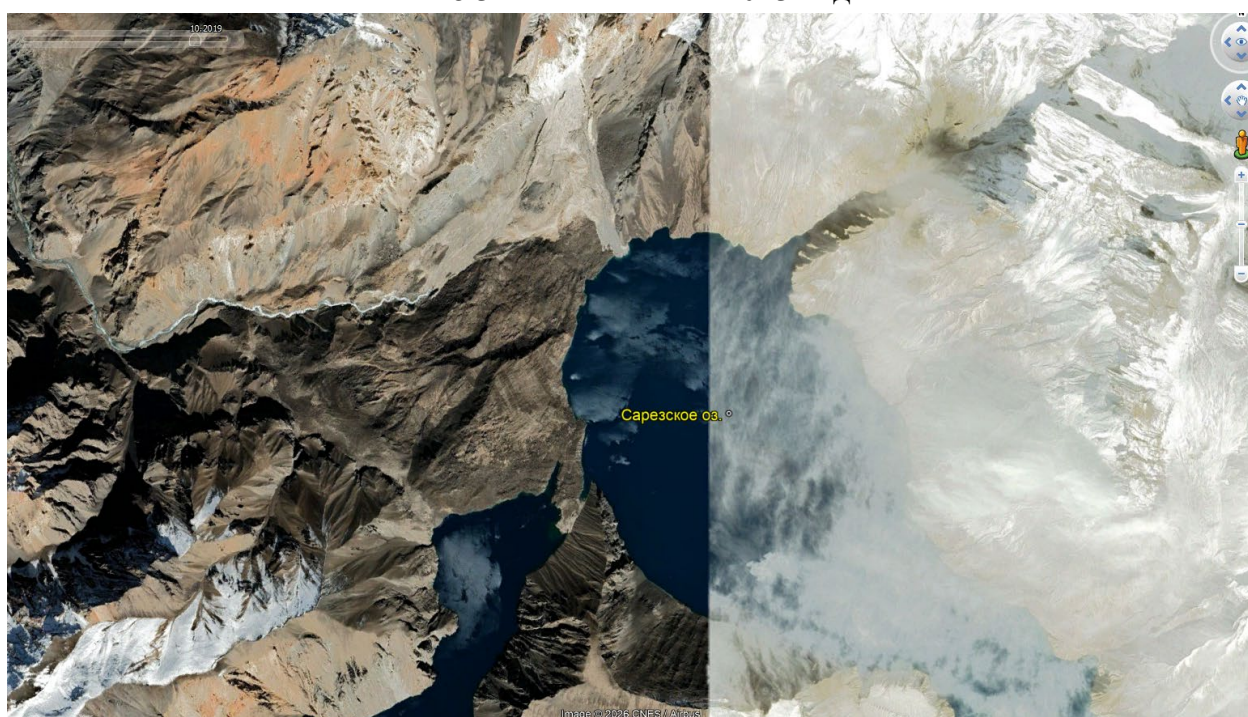


Рис.8.4. Космоснимок 2019 года.



Рис.8.5. Космоснимок 2025 года.

В настоящем отмечается отсутствие законченного фактического геологического материала, в том числе графические материалы и подтверждающие расчеты. Отсутствуют обширные детализированные геологические изыскания всей территории Сарезского озера, а также Усойского завала и Правобережного оползня.

В этой связи, работу по инженерным изысканиям Сарезского озера и завала, необходимо выделить в отдельное самостоятельное направление, с использованием новых современных методов и оборудования. Без этих материалов, практически невозможно начать какое либо планирование будущего Сарезского озера и Усойского завала.

9. ГИДРОЛОГИЯ ОЗЕРА

9.1. Общие данные

Объём озера, по разным источникам, составляет примерно 16-17 км³.

Площадь водосбора Сарезского озера до гребня Усойского завала составляет – 16,5 тыс км², при этом, около 50 % объёма стока реки теряется в высокогорных пустынях Памира.

Питание озера происходит преимущественно за счёт стока рек Мургаб, Лянгар и Марджанай, обладающих постоянным ледниковым питанием. Остальные реки имеют исток неподалёку от озера и питаются за счёт таяния снегов на близлежащих горах. Соседнее озеро Шадау гидрологически связано с Сарезским.

Уровень воды находится на высоте 3255 метров над уровнем моря.

Максимальная измеренная глубина озера — 505 метров.

Верхний слой воды, примерно до 50м, ультрапресный, высокой чистоты, содержание кислорода 93 %. Ниже возник застойный высокоминерализованный слой, содержание кислорода в котором падает до 21 %. Наиболее прозрачная вода в западной части озера — видимость составляет 15,6 метра, наименьшая — в восточной, где видимость всего 5,8 метра. Цвет воды — светлолазурный.

Суточные изменения температуры отмечены на глубине до 20 м, сезонные — до 120 м.

9.2. Гидрография бассейна

Водосборный бассейн Сарезского озера охватывает весьма обширную территорию, характеризующуюся своеобразием рельефа, климата и как следствие: этого гидрографической сети. Главная река бассейна - Мургаб-вытекает из Чакмоктинкульских озер на территории Афганистана.

Пройдя через пустынные области Восточного Памира, она имеет малую удельную водоносность, которая оценивается в створе г.Мургаб в 1,62л/с с 1 км². При впадении в озеро водоносность реки возрастает до 2,67 л/с с 1 км². Ниже озера в створе кишл.Барчадив этот показатель возрастает до 2,87 л/с с 1 км².

Помимо р.Мургаб в озеро впадает более 20 временных и около 16 постоянно действующих водотоков. Модуль стока этих рек варьирует в значительных пределах и возрастает при продвижении с востока на запад, достигая в приравальной зоне 10 л/с с 1 км²- р.Лянгар пост "Устье". При этом реки, стекающие с Северо-Аличурского хребта, более многоводны, чем реки, стекающие с хр.Музкол.

Питание рек бассейна осуществляется за счет таяния ледников, снежного покрова и вечной мерзлоты. Все реки относятся к рекам ледниково-снегового питания. Половодье на реках бассейна начинается в середине апреля-мае и заканчивается в октябре, а его продолжительность составляет 150-180 сут. За этот период озеро аккумулирует 80% объема годового стока.

Максимальные расходы воды проходят в июле-августе. Максимальный наблюденный расход воды на р.Мургаб в створе г.Мургаб равен 126 м³/с (10 июля. 1942 г.), на р.Лянгар в створе "Устье" - 55,5 м³/с (9 июля 1942 г.).

По характеру речных долин и условию протекания потоков подразделяются реки на три группы:

К первой относятся малые реки и саи, у которых отсутствуют сколько-нибудь разработанные долины. Сток воды осуществляется подрусловым путем и лишь на отдельных участках выходит на поверхность. К ним относятся реки: Музкол, Усойдара, Инциссай, Биромбад, Бист и другие, стекающие с южного склона Музкольского хребта.

К второй группе относятся реки, выработавшие небольшие, но глубокие долины, заполненные каменной наброской. Движение потоков осуществляется среди нагромождений камней, измерять их сток крайне затруднительно или практически невозможно, к примеру; Шатарост, Икджерми, Шоги, Патнаташсай,

Получены результаты проведенных исследований морфометрические характеристики озера. Акватория Сарезского озера характеризуется сложной формой, повторяющей очертания долины и сужающейся в восточном направлении. Длина озера при УВВ равна 55,3 км, наибольшая ширина 3,3 км при средней ширине 1,43 км.

Длина береговой линии составляет около 170 км. Ряд маленьких бухт и заливчиков, образованных выступами коренного берега или же в результате затопления русел рек и временных водотоков, создают некоторую изрезанность береговой линии. Пляжный берег озера имеет два больших залива: Лянгарский - длина 6,2 км, ширина 600-700 м; и Марджанойский - соответственно 5 км и 600 м.

Южный берег озера характеризует область глубин свыше 400 м занимает площадь в 5 км². Наибольшая глубина, измеренная при промерах, составила 486 м, а максимальная при УВВ - 499,6 м (при уровне 2387 над "0" графика, наблюдавшемся 15-18 сентября 1978 г.).

Глубины свыше 300 м занимают территорию более 20 км², повторяя очертания берегов и распространяясь на 20 км к востоку от завала. До впадения притока Ватасайф глубины не превышают 200 м, а глубины до 100 м занимают площадь в 58,4 км².

На озере имеется два небольших островка: первый против зал. Марджанай в 200 м от северного берега, длина его около 400 м, ширина 150 м, он выступает из воды в летний период на 50-60 м; второй остров расположен в Лянгарском заливе в 70 м от восточного берега, его площадь равна приблизительно 1000 м², высота островка незначительна и составляет 10-15 м.

В 1943 г. при промерах в западной части озера Горшениным было отмечено своеобразное распределение глубин этой зоны. На участке между 51-м и 54-м поперечниками наблюдалось резкое сужение русла и его исчезновение. Было сделано предположение, что русло р. Мургаб не обнаружено вследствие недостаточной частоты промеров и относительно небольшой ширины затопленного русла на этом участке.

При промерах 1976 г. в этом месте было организовано 5 поперечных створов, промерные точки на которых располагались менее чем через 100 м. В результате было обнаружено поднятие в виде подводной плотины. С правого берега этого сужения наблюдается ярко выраженная ниша оползня, который, вероятно, образовался одновременно с Усойским завалом, но был меньшего объема. "Плотина" возвышается над дном примерно на 100 м, имеет ширину 170 м и длину 1400 м.

Таблица 9.1.

**Морфометрические характеристики Сарезского озера при уровне
высоких вод (2387см над «0» графика от 15-18 сентября 1978 г.)**

№ п/п	Элемент	Величина
1.	Отметка уровня воды озера, мБС	3263,14
2.	Площадь водосбора, км ²	16506,0
3.	Площадь зеркала озера, км ²	79,64
4.	Длина озера, км	55,8
5.	Ширина озера, наибольшая, км	3,30
6.	Ширина озера, средняя, км	1,44
7.	Глубина озера, наибольшая, м	499,6
8.	Глубина озера, средняя, м	201,8
9.	Объем водной массы, км ³	16,074
10.	Длина береговой линии, км	161,9

Таблица 9.2.

**Данные площади зеркала и объема воды в зависимости от уровней воды
в Сарезском озере.**

№ п/п	Уровень, мБС	Площадь, км ²	Объем, км ³
1	3252,87	78,54	15,262
2	3202,87	72,01	11,506
3	3152,87	54,85	8,336
4	3102,87	47,13	5,786
5	3052,87	33,8	3,766
6	3002,87	29,97	2,176
7	2952,87	16,18	1,026
8	2902,87	6,82	0,446
9	2852,87	3,78	0,186
10	2802,52	1,79	0,046
11	2763,57	0,6	

График объемов в зависимости от уровней воды Сарезского озера, 1978г.

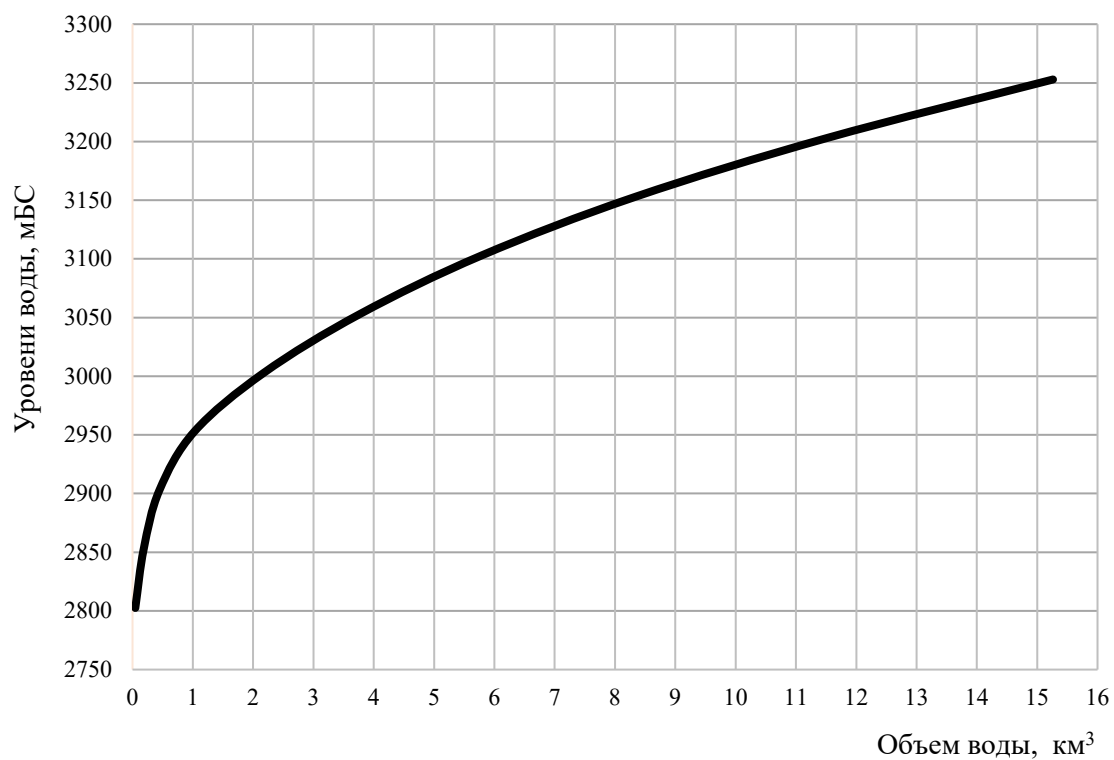


Рис.9.2. График объемов воды Сарезского озера (1978г.).

График площади зеркала озера Сарез, 1978г.

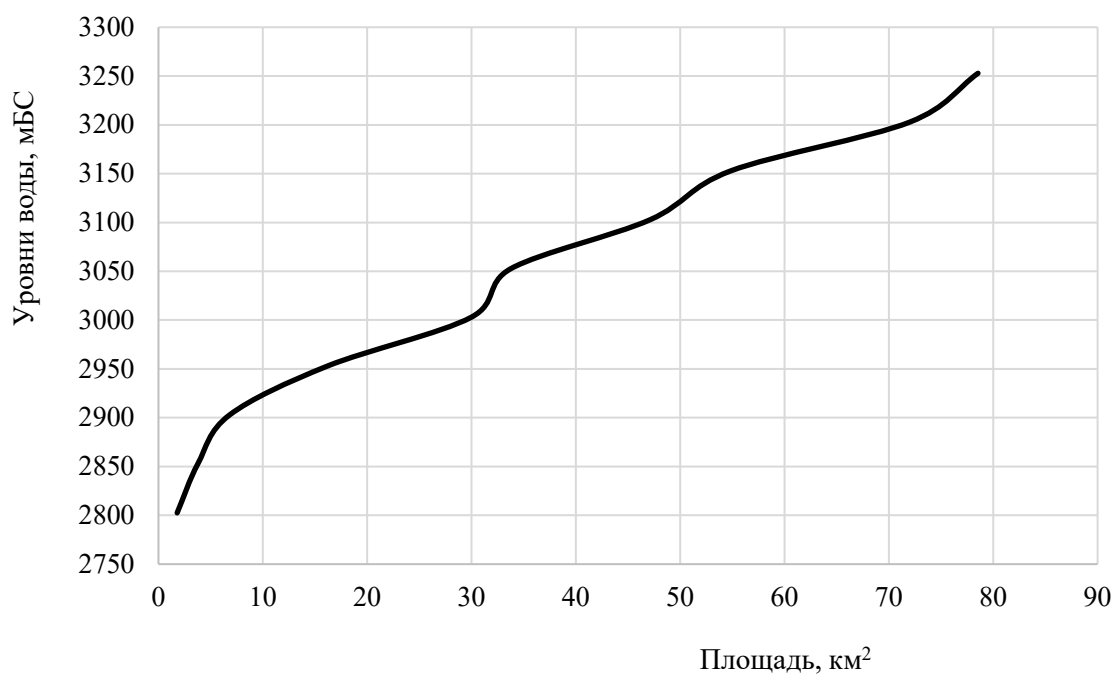


Рис.9.3. Площади зеркала Сарезского озера в зависимости от уровней воды (1978г.).

Заиление и занесение чаши озера

В современном формировании озерной котловины озера первостепенное значение принадлежит процессам заиления - занесения чаши в результате аккумуляирования твердого стока притоков и переформирования берегов. Наиболее интенсивно эти процессы протекают от устья р. Мургаб на протяжении 10-12 км, а также в зонах впадения значительных боковых притоков: Лянгар, Каттамарджанай и др.

За период 1978-1981 гг. наносная гряда при впадении р. Мургаб продвинулась в глубь озера на 1200 м, при этом первый поперечник занесен полностью, на втором поднятие дна составило 80 см и на третьем - 140 см.

В Марджанайском заливе поднятие дна составило 180 см, а в Ирхском до 100 см. По предварительным подсчетам общий объем заиления в год за счет твердого стока рек оценивается в $2,2 \times 10^6$ м³. Однако эта величина составляет лишь 1% среднего годового приращения объема воды в озере.

Берега озера в основном либо скалисты и чрезвычайно круты, либо представляют собой не менее крутые сползающие осыпи. Реже в устьях больших рек берега озера пологи и сложены продуктами твердого стока впадающих в озеро водотоков.

Волнение, значительные колебания уровня воды и геологические процессы ведут к интенсивной переработке берегов, которые постоянно обрушаются в озеро. Роль продуктов обрушения в современном формировании чаши озера, значительна и, по-видимому, соизмерима с объемом твердого стока рек.

В дальнейшем процесс формирования чаши озера будет, несомненно, продолжаться, что приведет к постепенному заилению и частичному основному ложа озера. При этом весьма существенную роль, могут сыграть большие обвалы горных пород с бортов долины. Немаловажное значение в формировании котловины озера оказывают землетрясения.

9.4. Наполнение озера

В режиме уровня воды озера следует выделить два основных периода: первый - интенсивного наполнения, второй - относительной стабилизации. Первый охватывает промежуток времени с 1911 г. до середины 30-х годов. С его окончанием совпадает открытие в 1938 г. гидрометеорологической станции в устье р. Лянгар.

В силу отсутствия до этого года постоянно действующей гидрометеорологической сети в районе озера о его наполнении возможно судить лишь по единичным наблюдениям, проводимым экспедициями в основном в летне-осенний период, в различные годы. При этом уровни приводились к различным системам отметок, вследствие чего наполнение озера возможно проследить лишь по материалам промеров максимальных глубин озера в призавальной зоне.

1911-1914 гг. - Наиболее быстрое наполнение озера происходило с 1911 по 1914 г. в связи с отсутствием стока воды сквозь тело завала.

1915-1925 г.г. - Затем темп повышения уровня снизился и с 1915 по 1925 г. составил в среднем 9 м в год в связи с началом фильтрации воды через тело завала и увеличением площади зеркала озера.

1926-1936 г.г.- В дальнейшем процесс роста уровня значительно замедлился и, по данным экспедиций 1926, 1930 и 1934 г.г., когда была организована постоянная система реперов, составил 7,7 м.

За период же с 1926 по 1938 г. озеро наполнялось по 1,2м в год. Таким образом, к началу регулярных наблюдений за уровнем воды в 1938 г. глубина воды в озере превышала 480 м.

1938-1942 г.г.- Необходимо отметить, что с 1938 по 1942г. среднегодовой уровень оставался, практически, постоянным. С 1942 г. произошло уплотнение завала и сокращение стока воды из озера, что вызвало резкий скачкообразный подъем уровня. Годовой его прирост составил 4,0м.

С 1943 г. наблюдается общая тенденция прироста уровня в среднем по 20 см в год, на фоне которой отмечаются климатические циклические колебания, тяготеющие к 10-11-летним и определяющиеся в основном режимом притока воды в озеро. В свою очередь, приток, в силу преимущественно ледникового питания рек, тесно связан со средней летней температурой воздуха. Коэффициент корреляции этих величин равен 0,71.

1944-1973 г.г. За период 1942-1980 гг. можно выделить 4 цикла в многолетнем ходе уровня:

1942-1952 гг. (1112 см);

1953-1965 гг. (1286 см);

1966-1973 гг. (1357 см)

и возможно, не закончившийся еще цикл, начавшийся в 1974 и характеризующийся серией многоводных лет.

В этот период в связи с тенденцией к общему потеплению в районе Памира наблюдались максимальные температуры воздуха (в июне - августе).

В период 1973-1978 г.г. нулевая изотерма поднялась до отметки свыше 5500 м и таянием было охвачено более 95% водосборной площади бассейна Сарезского озера, а объемы годового стока были значительно выше нормы.

Судя по материалам наблюдений, период последнего цикла был наиболее теплым и именно этим обстоятельством объясняется столь резкий подъем уровня воды в 1977 и 1978гг. Подтверждением сказанному может служить ход уровня воды в бессточном оз.Каракуль, являющимся климатическим индикатором Восточного Памира.

Кроме метеорологических условий на рост уровня воды в озере влияют и процессы, происходящие в теле Усойского завала, что проявляется в виде обвалов, селей, оползней, суффозии, карста и просадок.

Как отмечалось с 1915 по 1970 г. северная зона завала просела более чем на 60 м.

Во внутригодовом ходе уровня Сарезского озера следует выделить три характерных периода: майско-июньский период неустойчивого уровня, ярко выраженный подъем в июле-октябре и плавный спад с октября по апрель. Из-за различного хода температуры воздуха в одни годы подъем уровня начинается в конце мая, в другие - лишь в июне и даже июле (1947 г.). Июнь-сентябрь - период ярко выраженного подъема уровня с максимальными значениями, как правило, в середине сентября.

Интенсивность подъема уровня в летний период велика. В отдельные месяцы уровень озера возрастает на 500 см, в отдельные сутки - до 30 см (июль 1942г.).

За период стационарных наблюдений наибольший уровень наблюдался 15-18 сентября 1978 г. и составил 2387 см над "О" графика, а наинизший 18-20 мая 1941 г. - 182 см. Общая амплитуда колебания уровня за период 1938 - 1981 г.г. составила 2205 см.

Следует отметить, что годы с экстремальными значениями уровня не всегда совпадают с экстремальными значениями летнего стока, питающих озеро рек или годовой амплитудой уровня. Это объясняется различным положением соответствующего года внутри группировок маловодных и многоводных лет. Так, наивысший среднегодовой уровень - 1864 см (1979 г.) при амплитуде 552 см - был подготовлен весьма значительным притоком воды в озеро в 1977 и 1978 гг., когда летний прирост уровня составил 872 и 941 см соответственно.

Амплитуда внутригодовых колебаний уровня воды в озере зависит от стока половодья питающих рек, определяемого, температурными условиями лета. Чем теплее лето, тем больше площадь ледников, на которой происходит абляция, и тем интенсивнее таяние. Последний вид колебаний уровня вызван действием сгонно-нагонных явлений в озере.

Как показывают расчеты, высота волн 1%-ной обеспеченности составляет 180-190 см. Но в связи с тем, что озерный пост находится в Лянгарском заливе, выполняющем роль успокоителя, влияние этого фактора на величину среднего суточного уровня по наблюдениям не отмечено.

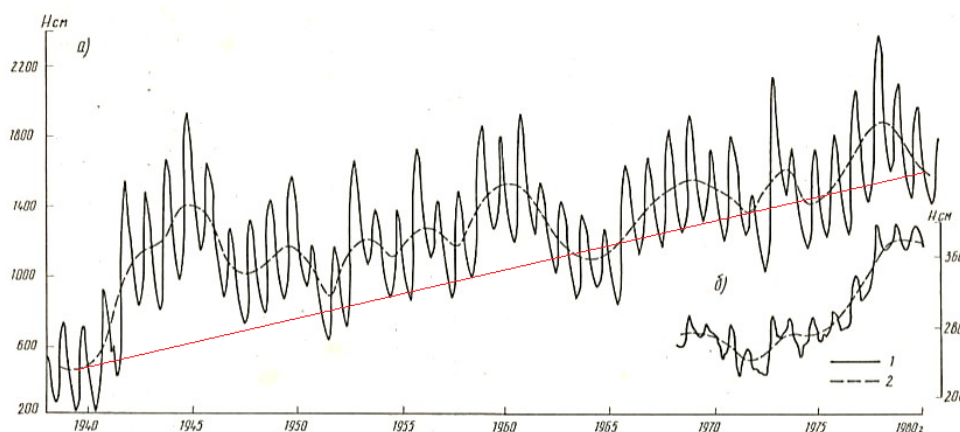


Рис.9.4. Хронологический график хода уровня Сарезского озера и оз.Каракуль:
1-среднемесячный, 2-среднегодовой уровень.

Однако морфология озерной котловины-вытянутой горной долины с горно-долинной циркуляцией такова, что сгонно-нагонные изменения уровня на концевых участках основной акватории могут достичь значительной величины (40-50 см, что следует учитывать при разработке различного рода проектов.

9.5. Прогноз изменений уровня воды

Несомненный интерес представляет прогноз хода уровня воды в Сарезском озере на ближайшую перспективу в связи с оценкой возможности перелива воды через гребень Усойского завала, а также планированием мероприятий по использованию водных ресурсов озера и разработкой проектов по ликвидации возможности его прорыва.

Годовое увеличение уровня воды в озере за период с 1943г. составляло в среднем около 20см. Этот рост отчасти определяется процессами, происходящими в теле Усойского завала, что выражалось, в прохождении по нему селей, обвалов, оползней, суффозии, карста и просадках.

С 1915 по 1980г. северная зона завала просела более чем на 60 м, при этом процесс носил пульсационный характер, на что указывают изменения, происходящие в стоке вод, фильтрующихся сквозь тело завала. Понятно, что на режим наполнения озера накладывают отпечаток и климатические факторы, определяющие периодические изменения уровня и его внутригодовые колебания.

Именно повышение температуры воздуха в последнее десятилетие обусловило приток воды в озеро и, как следствие этого, рост уровня.

В последние теплые годы (1973, 1977 и 1978) нулевая изотерма поднималась выше 5500м, фронт таяния достигал верхней границы оледенения и сток формировался практически со всей его площади.

Многоводными были 1942, 1944, 1945гг., затем 1953, 1956 и 1959гг. Шестидесятые годы были близки к норме. Очевидно, заметное наполнение Сарезского озера с резким повышением уровня будет происходить каждый раз, когда в течение нескольких лет подряд летние температуры будут превышать норму.

Если нас интересуют максимальные отметки, которых может достичь уровень озера, то необходимо учитывать также внутригодовые его изменения.

9.6. Изменения уровня озера неперiodического характера

Наряду с колебаниями уровня, зависящими от климатических и инженерно-геологических факторов, оказывающих постоянное влияние на режим озера, существует опасность катастрофического изменения его уровня за счет обрушения в озеро огромных масс горных пород с боргов долины.

С правого борта в призавальной зоне, примыкающей к саю Биромбанд на высоте 550-750 м над уровнем воды в озере, расположена система трещин длиной 1600-1800 м, которая отделяет от основного склона массы пород объемом более 2 км³.

При обрушении отдельных участков или всего массива возможно образование волны высотой 20-100м и перелива воды через тело завала. По данным ВСЕГИНГЕО, при обрушении 1 участка высота волны может достигнуть 14 м, при обрушении 1 и 2 участка высота волны может достигнуть 73 м и при обрушении всего массива - 85-90м.

Экспериментальные исследования по моделированию этого процесса были проведены во ВНИИГМИ-МЦД В.В. Барониным и Г.Н. Маром на модели озера площадью 140м². Каждый обвал моделировался десятки раз, что позволило показать возможность образования значительных обвальных волн и перелива через завал огромных масс воды.

Следует отметить, что Сарезское озеро и Усойский завал расположены в сейсмоактивной зоне, на что указывают серии значительных землетрясений. Сейсмичность района Сарезского озера обуславливается близостью крупного Рушан-Пшартского регионального тектонического разлома, от которого отходит большое количество более мелких опоярющих разломов.

В настоящее время именно с деятельностью этого разлома связывают землетрясение 1911г. Сейсмо генетическая структура разлома относится к категории наиболее опасных, с возможным возникновением землетрясений с магнитудой более 7,5 баллов.

Только за последние 17 лет в этом районе было зарегистрировано свыше 20 землетрясений магнитудой 5 и более. Наиболее значительные землетрясения отмечались 20 апреля 1941 г., 10 июля 1949 г., 11 августа 1974 г. (с магнитудой 7,5).

Как показывают исследования Института сейсмологии и сейсмостойкого строительства АН ТаджССР, проведенные по заданию Института физики: Земли АН СССР, в Памирской зоне возможно возникновение глубинных землетрясений с магнитудой 7,9, что обуславливает на поверхности более 9 баллов.

Возможность возникновения подобного природного явления никак нельзя сбрасывать со счетов, т.к. оно может оказать воздействие на формирование и эволюцию чаши озера и завале, а в конечном режим уровня воды в озере и его наполнение.

9.7. Оледенение территории озера

Река Мургаб, сток которой регулируется Сарезским озером, относится к рекам термического стока, т.е. таким высокогорным рекам, сток которых определяется термическими условиями погоды теплого периода года.

Действительно, дождевое питание у этой реки ничтожно, а сток формируется в основном за счет таяния ледников, сезонного снега и вечной мерзлоты, имеющей здесь большое распространение.

В бассейне Сарезского озера, замыкаемом Усойским завалом, имеется 924 ледника общей площадью 671,67км². В бассейнах рек, непосредственно впадающих в Сарезское озеро (исключая р. Мургаб), имеется 263 ледника, которые

представляют 32% площади всего оледенения. На территорию приходится 858 ледников общей площадью 559,4 км².

Ледники, занимая верхние зоны гор, располагаются на высотах от 3490 до 6200 м, более чем в 2-километровом интервале высот.

Оледенение в бассейне Сарезского озера концентрируется в его западной наиболее повышенной части, где хребты Музкол к Северо-Аличурский с отрогами достигают 6000 м и более, а также в его юго-восточном углу, окаймленном с востока Сарнкольским, а с юга-Ваханским хребтом.

Средняя часть бассейна оледенения не имеет: горные хребты здесь едва превышают 5000 м, а незначительного количества осадков, которое здесь выпадает, явно недостаточно для формирования ледников в условиях всхолмленного слаборасчлененного рельефа.

В западной части Сарезского озера, относящейся к области западно-памирского типа рельефа, имеется 546 ледников с общей площадью 400 км² -; в восточной части, с восточно-памирским типом рельефа, их всего 378, соответственно меньше и площадь -271,7 км².

В ледниках аккумулированы относительно большие запасы воды. По новым данным, собранным в Атлас снежно-ледовых ресурсов Мира, в восточной части водосбора, замыкаемой гидропостом у г.Мургаб, в ледниках заключено 8,0 км³ воды, что составляет примерно 15 годовых стоков р.Мургаб в этом створе.

Еще больший объем воды-11,9 км³-заключен в ледниках бассейнов притоков р.Мургаб и Сарезского озера ниже гидропоста у г.Мургаб.

В целом по бассейну объем воды в ледниках (19,8 км³) даже несколько больше объема Сарезского озера при ГВВ (16,1 км³).

Высота фирновой линии на ледниках-этого косвенного показателя увлажненности гляциальной зоны - располагается в более чем полуторакилометровым диапазоне высот (от 4250 до 5880 м). Значительная пестрота в ее распределении даже в небольших смежных, выделенных по орогидрофическому признаку однородных районах, которые объединяют 5-20 ледников, объясняется как естественной для горных стран неравномерностью выпадения осадков, так и локальными условиями перераспределения их метелями и лавинами. Характерно, что в области восточно-памирского типа рельефа средняя высота фирновой линии на 20 м ниже, чем в области западно-памирского рельефа. Это явление объясняется влиянием отголосков индийского муссона, которое заключается прежде всего в том, что трансформированный муссонный воздух приносит не только и даже не столько летние осадки, сколько похолодание, облачность.

Моренный покров слабо развит на восточно-памирских ледниках. Суммарная площадь морен равна 3,0 км², или 0,44% общей площади оледенения водосбора Сарезского озера.

Эпизодические измерения расходов воды на притоках, впадающих в озеро, проводились в 1926, 1930, 1934, 1939 гг., однако полученные при этом разрозненные

материалы позволяют судить лишь о порядке величин стока некоторых рек в летне-осенний период.

9.8. Общие выводы

Основной проблемой, связанной с Сарезским озером, является опасность его прорыва, который может вовлечь за собой катастрофический паводок с бассейных рек Мургаб, Пяндж и далее в Амударье. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

В режиме наполнения Сарезского озера выделяются два периода:

Первый-интенсивное наполнение с 1911г. до начала сороковых годов. Второй-относительной стабилизации-с начала сороковых по настоящее время со средним приращением 20 см/год. Важную роль в многолетнем ходе уровня играют циклические составляющие, накладывающиеся на этот период и обусловленные колебанием климата.

Усойский завал представляет собой устойчивое сооружение, хотя на его поверхности и в теле завала развиваются современные геологические процессы (фильтрационные, карстово-суффозионные и обвально оползневые). Ежегодно из тела завала выносятся более 7 тыс.т горных пород, что ведет к его оседанию.

За период своего существования завал в северной части осел более чем на 60 м.

Современные гидрогеологические процессы, происходящие в Усойском завале, могут способствовать образованию в будущем новых и увеличению существующих путей фильтрации озерной воды сквозь тело завала, что в свою очередь приведет к его оседанию.

На основании расчета годовых балансов и оценки тенденции в многолетнем и внутригодовом ходе уровня дан прогноз наполнения озера до 2015г. Показано, что наинишшая отметка завала к этому времени все еще будет иметь превышение в 25-27 м над возможной максимальной отметкой уровня воды в озере. Однако этот вывод сделан для условий неизменности состояния завала и бортов долины в привальной зоне.

Сопоставление материалов топографических съемок завала и данных по стоку воды из озера заставляет сделать вывод о периодическом проседании и уплотнении завала, чему способствует и местоположение озера в районе повышенной сейсмической активности. Это может привести к тому, что превышение гребня завала над уровнем воды в озере в 2015 г. уменьшится по сравнению с прогнозируемой величиной.

Отсутствие стабильности в режиме озера требует ускорения работ по разработке инженерных мероприятий, направленных на понижение его уровня и укрепление завала.

Тщательный анализ имеющихся в настоящем времени материалов по гидрологическому режиму Сарезского озера показывает, что до сих пор остается ряд неясных вопросов, требующих быстрого решения.

В первую очередь это относится к фильтрации воды сквозь тело завала, определяющих, с одной стороны, его устойчивость, а с другой-одну из важнейших составляющих водного баланса.

Необходимо провести тщательные исследования по обрушению берегов в чашу озера, что приведет к изменению его уровня независимо от климатических причин.

Недостаточно надежно учитывается боковой приток в озеро, что требует проведение дополнительных наблюдений по специальной программе.

Таблица 9.3.

Расходы воды родников в каньоне, измеренные 19-27 августа 1968г.

Родники	Расходы воды, м ³ /с	Скорость течения воды, м/с
1	3,63	1,43
2а-2б	3,0	-
2	3,1	0,78
3-4	7,0	-
5	5,15	1,33
6	4,46	0,68
7	4,46	1,38
8	2,45	1,28
9	7,4	1,4
10	0,78	-
11	0,5	0,5
12	0,45	0,7
13	0,4	0,81
14	0,58	1
15	1,81	0,8
1п	0,27	-

10. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

10.1. Общие сведения

Опасность прорыва Сарезского озера волновала уже первых его исследователей, но обосновывалась или опровергалась по немногим фактам и общими соображениям, было обусловлено эпизодичностью и кратковременностью обследований, общей слабой изученностью закономерностей формирования горных оползней и обвалов.

Комплексные исследования 1967-68 и 1975-77 гг. (Управление геологии ТаджССР, ВСЕГИНГЕО, Гидропроект, Союзводпроект) позволили предположить возможность прорыва озера из-за нарушения путей фильтрации при землетрясении или же вследствие смещения в озеро оползня объемом 2,2 км³.

10.2. Геологическое условия формирования оползней

Ранее отмечалось, что Усойский оползень 1911 г. не является уникальным для долины Мургаба. Такие и даже более крупные оползни неоднократно возникали здесь и в других долинах Танымасс-Сарезского «узла», образованного пересечением субширотных и субмеридиональных неоструктур глубинного заложения.

Чаще в долине Мургаба они происходили ниже по течению от меридиана Зулумартского хребта, а наиболее крупные - на участке. Участок этот характеризуется глыбово-складчатым строением. Его большую часть занимает южное крыло субширотной Мургабской антиклинали. Антиклиналь слагают главным образом полевошпат-кварцевые песчаники и алевролиты, расслоенные менее прочными и сильнее выветривающимися полевошпаткварц-слюдистыми и другими сланцами.

В основном они относятся к сарезской свите (C1+2). Они не только весьма неоднородные, но и **сильнотрещиноватые** (коэффициент трещинной пустотности до 10% и более).

Там, где произошел Усойский оползень, в строении антиклинали участвуют также известняки, тонкослоистые ангидриты (пачка 30-80 м) и сланцы (C3-T2). Ангидриты превращены в гипсы, особенно в зонах разрывов.

Помимо многочисленных древних разрывов встречаются кулисообразные четвертичные **крупные трещины и узкие протяженные разрывы**. Чаще это субмеридиональные сбросы и сбросо-сдвиги, реже взбросо- и сбросо-сдвиги северо-восточного простирания.

Значительная литологическая неоднородность массивов пород, их **выветрелость и сильная трещиноватость**, складчато-блоковое строение участка составляют первую группу основных факторов, обусловивших формирование здесь грандиозных оползней.

Интенсивные новейшие поднятия обусловили быстрое увеличение высоты склонов и формирование глубоких эрозионных врезов. На участке отчетливо устанавливается, что суммарный четвертичный врез достигал 1400-1700м.

Наибольшим был среднеплейстоценовый врез - 900-1000 м (Q1 - 300-400 м; Q3 - 250-300 м).

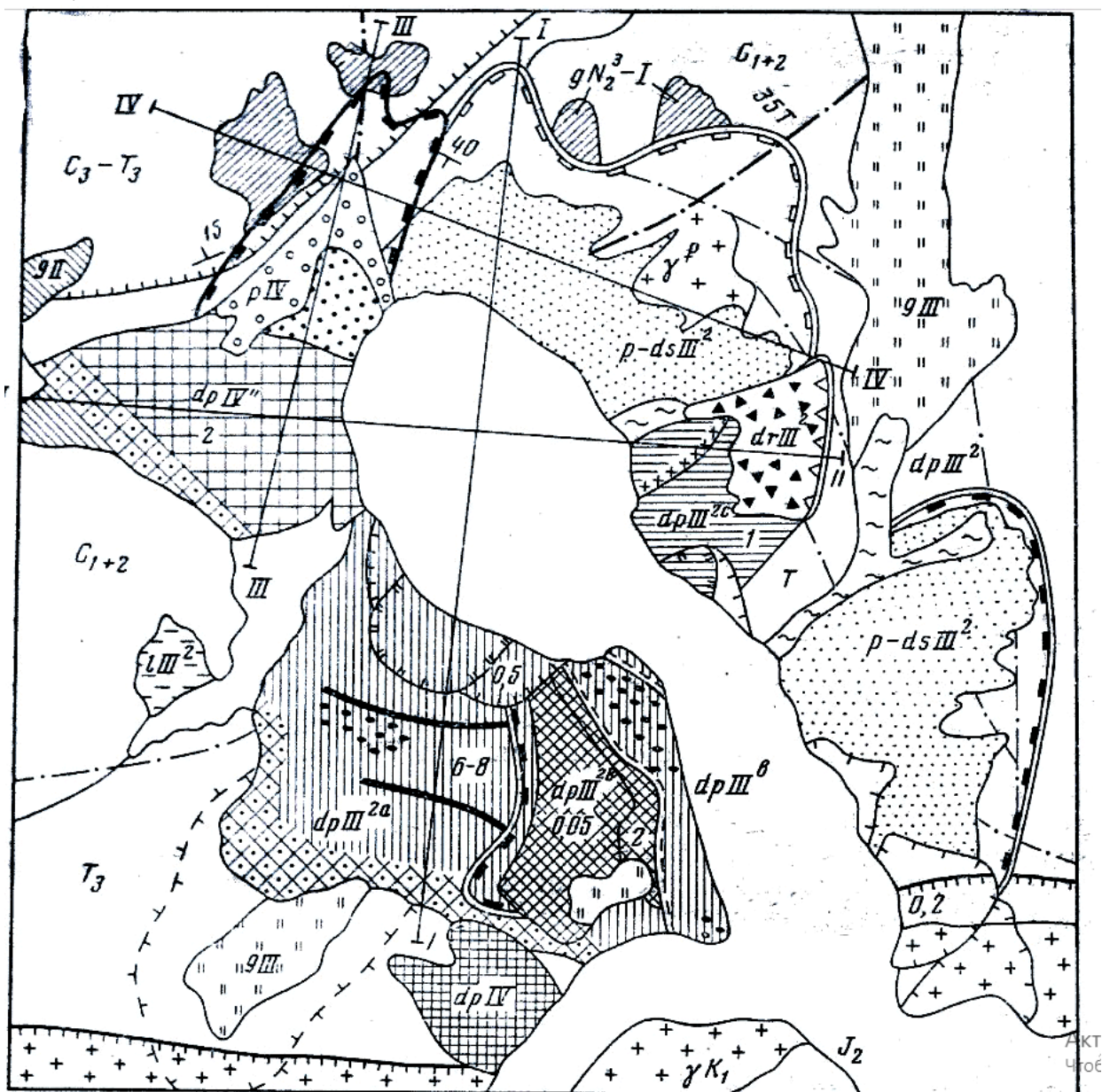
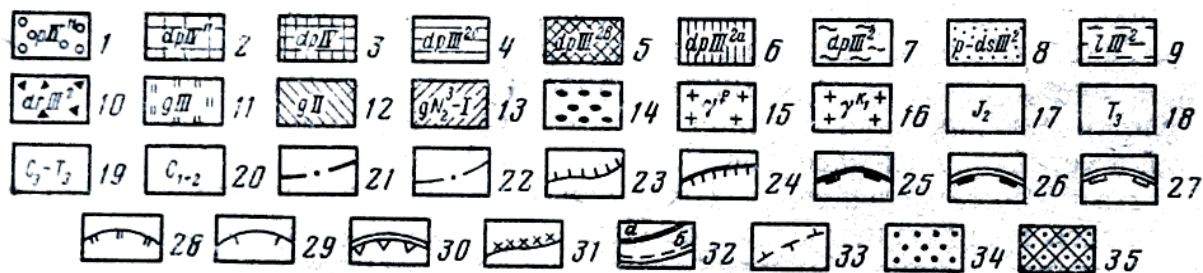


Рис.10.1. Схема формирования грандиозных оползней в головной части Сарезского озера.



Четвертичные отложения. Пролувиальные: 1 — 1911 г. Оползневые: 2 — Усойского оползня 1911 г. (цифры — объем в км³); 3 — голоценового периода; верхнеплейстоценовых: 4 — оползня «Правобережный»; 5 — Ирхтских; 6 — Мургабского; 7 — оползней-глетчеров. Пролувиально-обвально-осыпные: 8 — верхнеплейстоценовые. Подрудно-ледниковые: 9 — верхнеплейстоценовые. Обвальные: 10 — верхнеплейстоценовые. Ледниковые: 11 — верхнеплейстоценовые; 12 — среднеплейстоценовые; 13 — верхнеплиоцен-нижнеплейстоценовые (?); 14 — верхнеплейстоценовые морены, флювиогляциальные и ледниково-озерные отложения, выполняющие трог и прораны в оползневых перекрытиях. Четвертичные породы: 15 — палеогеновые граниты; 16 — нижнемеловые граниты; 17 — среднеюрские песчаники и сланцы; 18 — верхнетриасовые песчаники и сланцы; 19 — верхнекаменноугольные-верхнетриасовые песчаники и сланцы, известняки с гипсами; 20 — нижне-среднекаменноугольные песчаники и сланцы (сарезская свита). Разломы и разрывы: 21 — омоложенные сбросы и взбросо-сдвиги; киммерийские: 22 — взбросы; взбросо-надвиги: 23 — Усойский; 24 — Рушано-Пшартский (глубинный). Ниши отрыва оползней: а — грандиозных: 25 — Усойского; 26 — Ирхтских; 27 — Мургабского; б — объемом до 500 млн. м³: 28 — 1911 г.; 29 — голоценовых; 30 — верхнеплейстоценовая обвальная ниша. Прочие обозначения: 31 — граница поверхности скольжения блока-пластины; 32 — сохранившиеся границы: а — трогов, б — проранов; 33 — водоразделы перекрытого оползнем карпоподобного лога; щебнисто-глыбовые накопления: 34 — тыловой зоны оползня; 35 — фронтально-подошвенные фации. I—I — разрезы

Склоны с таким профилем неустойчивы в районах с высокой сейсмичностью даже при относительно небольшой общей крутизне (до 25-30°). Этому способствовали **разуплотнение пород** до большой глубины в связи с ледниковыми **нагрузками** (до 10-12 МПа) и **разгрузками**; подрезка основания склонов и их эрозия при формировании **переуглубления долины**.

Переуглубление относится к верхнеплейстоценовому периоду, что устанавливается ниже Усойской перемычки у сел. Рушорв. Его глубина, вероятно, не превышает 50 м.

Таким образом, неотектонические движения, **врезы реки и оледенения** — приводили к возрастанию высоты и усложнению профиля склонов, что вызывало изменения поля напряжений и устойчивости массивов.

На реликтах ступенчатых склонов в позднем плейстоцене и формировались грандиозные оползни. При рассмотренных выше условиях самым главным фактором их образования были землетрясения.

Пересечение субширотной и субмеридиональной глубинных зон на Танымас-Сарезском участке — весьма важная черта его неоструктурной обстановки, определяющая **раздробленность субстрата** до больших глубин и, вероятно, значительную контрастность и общий высокий уровень поля тектонических напряжений, с чем связана его высокая сейсмичность (9 баллов, К=15-16).

В нашем случае важно, что рассматриваемая часть этого сейсмического узла находится у западной, вероятно, только формирующейся границы Зулумартского поднятия.

На неполное оформление ее могут указывать приведенные Т. П. Белоусовым данные о меньшей плотности и большей разобоченности сгущений эпицентров приуроченных к ней землетрясений с $K > 10$, чем вдоль основной, восточной границы Зулумартского поднятия. Возможно, очень высокая сейсмичность участка связана и с тем, что с юго-запада к нему подходит гиндукушская зона подкоровых землетрясений.

Таким образом, геологические условия ледниково-эрозионной долины в переходной зоне между Западным и Восточным Памиром весьма специфичны и с ними закономерно связано формирование наиболее крупных оползней.

10.3. Закономерности формирования оползней

В ледниково-эрозионной долине Мургаба грандиозные оползни стали формироваться, когда ступенчатые склоны достигли большой высоты, т.е. преимущественно после среднеплейстоценовых врезов реки, значительно расчленивших относительно выровненный рельеф.

Крупные древние и современные оползни и обвалы приурочены к основным перегибам на склоне, появившимся при средне и позднеплейстоценовых эрозионных врезках.

Объем присклоновой зоны выветривания и разгрузки, который находится на склоне выше эрозионных врезов, является потенциальным резервом формирования оползней и обвалов и может быть одним из критериев их прогноза сравнительно-геологическим методом.

Как показывает наш опыт изучения оползней в Гиссаро-Алае, в возникновении смещения в условиях землетрясения большая роль принадлежит **«эрозионным вилкам»**, т. е. дихотомическим ветвям глубоких врезов, подрезающим склон. Они создают локальные базисы смещения и пространство для набора скорости отчленившимися массивами.

Причина его формирования, как и вообще грандиозных оползней мургабского типа- изменение **напряженного состояния массивов пород**, вызванное глубокими **эрозионными врезами** (образованием переуглубления и «эрозионных вилок» на склоне) и сильными землетрясениями (до 8-9 баллов).

Без решающего влияния этих двух факторов нельзя объяснить, как мог образоваться оползень столь больших размеров при общей крутизне склона 20-25°.

Сильнее влияя на крутые перегибы склонов, где сейсмогенные воздействия возрастают в несколько раз, землетрясения должны были постоянно создавать **отчлняющие трещины** в тыловой части полков.

При отступании оледенений (освобождении от ледниковой нагрузки) активизировалось неотектоническое воздымание Памира и значительно возросла его сейсмичность. При более частых и сильных землетрясениях должны были заглубиться и отчлняющие трещины у каждого выступа, что создало предпосылки для их объединения и образования единой поверхности скольжения.

Усиление темпа неотектонических поднятий и возрастание водности рек обусловили появление в долине переуглубления, что вызвало не только изменение поля напряжений по всему склону, но и увеличение мощности присклоновой зоны разуплотнения пород. Последующее уменьшение водности рек приводило к заполнению аллювием переуглублений и долин до некоторого уровня (в нашем

случае до высоты 100 м, т. е. до поверхности самой высокой верхнеплейстоценовой террасы).

После этого, как почти всегда бывает, река врезается на новом месте, подрезая присклоновую зону разуплотнения в наиболее напряженной части склона - в его основании, что резко снижает устойчивость массива, и при одном из сильных землетрясений он смещается.

Аналогом оползня «Мургаб», сформированным в тех же породах, является оползень «Ирхт-II», установленный Ш. Ш. Деникаевым. Его размеры гораздо больше (2 км³). Оползень несколько моложе Мургабского. Смещаясь с правого берега Мургаба, оползень сомкнул устье троговой долины Биром-Банд и перекрыл Мургаб. Он сместился при землетрясении, так как перекрывает тело встречного оползня «Ирхт-I» (0,05 км³), сползшего с левого борта ручья Ирхт.

Таким образом, сейсмо-гравитационные оползни мургабского типа обладают своеобразным механизмом формирования на высоких, но умеренно крутых склонах; огромными объемами; глубиной захвата по несколько сотен метров и сопряженно-лотковым строением ниш. Оползни эти характерны для глубоковрезанных ледниково-эрозионных долин Памира.

В головной части Сарезского озера голоценовые оползни происходили главным образом в древних оползневых телах. Вторичный оползень (0,5 км³) произошел в оползне «Мургаб» на левом берегу, восточнее устья руч. Шадау, а в 1911 г. еще один (100-120 тыс. м³). Две ниши вторичных оползней-обвалов (до 200 млн.м³) видны на правом берегу в оползне «Ирхт-II» и еще одна рядом. Как отмечалось, они были и в оползне «Правобережный» объемом до 40 млн. м³.

Итак, для современного развития огромных древних оползневых тел типично смещение по частям, преимущественно в виде оползней-обвалов до 0,5 км³.

Надо учесть также изменения устойчивости крупного, ныне не оползневого массива, обособленного падающим к озеру Рушано-Пшартским разломом на правом берегу озера.

10.4. Оползневые перекрытия реки Мургаб

Прогноз последующего размыва Усойского перекрытия должен обосновываться с учетом данных о развитии древних перемычек, прежде всего Мургабской и Ирхтской.

Мургабское перекрытие высотой около 1000 м изолировало малый водоем по Шадау. По Ирхту в обоих случаях существовали заливы. В них фрагменты озерных отложений известны до высоты 400 м, а по главной долине - до 50 м над уровнем Сарезского озера, но какому из озер они принадлежат, не всегда можно сказать без детальных исследований.

В заливе Ирхтского перекрытия кровля запрудных суглинков всего на 50-100 м не достигала его гребня по левому примыканию. Ирхтское перекрытие было прорвано. Проран хорошо выражен на левом берегу озера.

Осмотр берегов озера в 1979 г. показал, что чаша Сарезского озера интенсивно заполняется речными наносами, особенно в его хвостовой части. Осыпи, осы, лавины и оползни, по ориентировочным расчетам, также ежегодно транспортируют в озера много обломочного материала. Это неизбежно приведет к переливу через несколько сотен лет. Однако он может начаться и в ближайшие годы, если сомкнутся сложившиеся пути фильтрации вследствие оседания гребня перекрытия при землетрясении.

Со временем оседание будет все более вероятным в связи с продолжающимся **расширением путей фильтрации из-за выщелачивания гипсов и известняков**, а также обработки пород водой и обломками при большой скорости потока, достигающей, по данным ВСЕГИНГЕО, 3-4 м/с.

Начало перелива может быть ускорено также постепенным закрытием зоны фильтрации при разрастании селевого конуса, формирующегося по верхней «границе» Усойского перекрытия, что следует изучить особо.

Таким образом, вопрос о возможности или, напротив, невозможности перехода относительно «спокойного» перелива, т. е. без участия волны, в прорыв при данном макро гранулометрическом составе Усойского перекрытия у его пониженного правого примыкания является весьма актуальным. Значение его возрастет, если удастся доказать, что перелив не вызовет прорыва.

В этом случае окажется целесообразным создать перелив искусственно и избежать таким образом опасности прорыва из-за смещения в озеро оползня. Например, путем фиксации длины водоема перекрытием необходимой высоты в хвостовой части озера, притом такой конструкции, которая позволила бы управлять переливом (с обратными водоспусками).

Одновременно регулировать перелив надо и на самом перекрытии, например насосами и сифонами.

10.5. Режим фильтрации завала

Особый вопрос устойчивости завала - режим фильтрации сквозь тело завала и ее динамики, а также карстового и суффозионного выноса пород из тела завала, его проседания и кольматации.

Первые натурные измерения скоростей фильтрации через завал и расходов воды со стороны нижнего бьефа относятся к 1925-1926 гг. Расход Мургаба в сентябре 1926 г. оценивался в $69,7 \text{ м}^3/\text{с}$.

В 1926 г. в месте входа в завал была обнаружена воронка, как перед затопленным водосливом.

В августе 1932 г. измеренные расходы составили $50 \text{ м}^3/\text{с}$, в 1934 г. расходы повысились до $80 \text{ м}^3/\text{с}$ и превысили все наблюдавшиеся ранее замеры.

По данным Васильева, в 1956 г. вихревые воронки входа воды в завале, наблюдаемые в 1926 и 1934 гг., отсутствовали, и вода входила в завал на трех

больших участках. Первый - в бухте Соединения, второй - в 500 м южнее, а третий - 1100-1200 м южнее первого. Скорость стока в завал достигла 0,5 м/с.

Как указывает Родионов, в 1980г. фильтрационный расход воды из озера существенно не увеличился по сравнению с 1926 г. и оставался в размерах около 60-70 м³/с.

В 1984 г. Афанасьев отмечал, что вода устремлялась в завал потоком шириной в 20-25м. При этом измеренная путем введения в поток раствора марганцево-кислого калия скорость фильтрации была оценена в 2,68 м/с (расстояние по прямой от входа воды в завал до головы каньона-1850м и время ее прохождения - 11,5 мин.

В 1989 г. гидрогеолог Солдатов определил скорость фильтрации в 1,78 м/с, при этом участок сосредоточенного входа воды в завал был оценен в 120м. Всего было зарегистрировано 14 мест входа, некоторые из них напоминали маленькие речки.

Наиболее детальные исследования на теле Усойского завала были проведены экспедицией ВСЕГИНГЕО в 1968-1969гг. Было установлено, что основная разгрузка фильтрационного потока происходит в головной зоне каньона, на участке в 920 м, где выклиниваются 17 крупных родников (15 по левому и 2 по правому бортам каньона) и 10 мелких большей частью по левому берегу с дебитом 1-5 л/с. Ниже этого участка выходов не обнаружено, на всех крупных родниках были измерены расходы воды.

Для определения скоростей фильтрации было разбито 4 створа, на которых определялись расходы воды и отбирались пробы индикатора. Створы были расположены в 100, 200, 700 и 920 м от головы каньона. В качестве индикатора были использованы динатривая соль, фиуоресцин, родомин-С. Расход индикатора-200-300 мг/мин., время запуска-30-150с. Отбор проб на створе одновременно с запуском через 10-15-20с. В качестве измерительного прибора использовался фиуориметр, изготовленный в лаборатории ядерно-физических методов ВСЕГИНГВО. Применялся также изотопный метод. Результаты исследований показали, что р. Мургаб в головном участке каньона дренирует две наиболее проницаемые толщи пород, расход фильтрационных вод непосредственно в русле каньона достигает 50% общего расхода.

Исследовалась также зона наибольшей фильтрации по верхнему откосу завала. Для этой цели было выбрано 70 створов на участке в 3000 м. Как показали исследования, общая протяженность инфильтрационной зоны-800м вдоль северо-западного участка завала. Наибольшие скорости течения при входе воды в завал в бухте Соединения 2-6 м/мин. Также было установлено, что фильтруется не вся смоченная поверхность завала, а лишь верхний 150-метровый слой, на что указывает и распределение минерализации по глубине озера.

Как показали исследования, существуют два независимых пути движения воды от бухты Соединения до каньона, но возможно наличие и третьего. При этом

скорость фильтрации на первом створе 1,46-2,68 м/с, на втором - 4 м/с. Полученные величины в 1,5 раза превосходят данные 1984г. и в 2,8 раза данные 1939г., а так как пути фильтрации не прямолинейны, то скорость еще выше.

На основании этого был сделан вывод о существовании в завале зон повышенной проницаемости, или канализованных русел. Кратчайшим является поток от бухты Соединения до родника 5, более длинный - от бухты до родников 1-2 и третий - от входа южнее бухты Соединения до выхода родников ниже второго створа.

Наряду с фильтрацией происходит оседание завала и вынос материала из его тела путем выщелачивания и вымывания. Минерализация воды во всех родниках превышает минерализацию воды в озере перед входом ее в завал. Содержание ионов уменьшается вниз по каньону. На выходе вод из-под завала (родник I) концентрация иона HCO_3 в 6 раз выше, чем в озере, а иона Ca^{2+} - в 8 раз. В роднике 7 иона HCO_3 лишь на 18 мг/л больше, а иона Ca^{2+} - на 12 мг/л. Это объясняется тем, что правый борт каньона фильтрует воду через гипсокарбонатные породы, в то время как левые родники дренируют воды, проходящие по глыбово-блоковой толще из песчаников и сланцев.

Как показывают расчеты, основанные на гидрохимических наблюдениях 1969г., из тела завала в год выносятся 7166 т, или 8115 м³ гипса, что в пересчете на период истечения воды из озера оценивается более чем 200000 м³.

В 1984г. Афанасьев обнаружил следы оседания завала. При осмотре его поверхности обнаружился ряд небольших холмиков с явными следами оседания поверхности вокруг них, а также столбы, воронки и трещины, достигающие десятки метров длиной, шириной 60-70 см и глубиной 1,5-2,0 м.

Сопоставляя данные Шпилько и Ланге о высоте низшей точки завала над уровнем воды в озере и глубине озера (1918 г., глубина-279, 5м, высота-509,9 м; 1926 г., глубина-477м, высота-247 м), Афанасьев пришел к выводу об **оседании завала за 18 лет на 65,4 м.**

На основании сопоставления материалов аэрофотосъемки 1947 и 1967 гг. Парамонов приходит к следующим выводам: наиболее активно геоморфологические процессы на Усойском завале развивались в первые годы после его образования.

За период 1947-1967гг. существенных изменений в рельефе плотины не произошло. Тем не менее это не значит, что плотина приняла устойчивое состояние. На поверхности завала обнаружено значительное количество свежих небольших трещин и воронкообразных понижений, возникших в результате новейших оползневых и суффозионно-просадочных процессов.

Парамонов также отмечает, что продвижение головы каньона с 1947 по 1967 гг. составило не более 30-40 м и что в северных частях завала обнаруживается опускание отдельных участков холмов на 70-80м, а это указывает на возможность весьма существенных просадок в теле завала.

О просадке и кольматации завала можно косвенно судить по динамике расходов воды в нижнем бьефе. Несмотря на постоянный рост уровня и, следовательно, напора, расходы воды в нижнем бьефе подвержены интенсивной пульсации.

Если в 20-30-е годы с ростом уровня отмечались колебания расходов воды в сторону увеличения, то начиная с 40-х годов при одних и тех же уровнях верхнего бьефа наблюдаются колебания расходов в сторону сокращения.

Приведенные данные о динамике Усойского завала и влиянии современных геологических процессов на его эволюцию и устойчивость позволяют говорить об определяющем влиянии этих процессов на общий тренд в режиме уровня воды Сарезского озера.

10.6. Общие выводы по геологическим условиям

В головной части Сарезского озера в верхнем плейстоцене и голоцене в песчаниках и сланцах сарезской свиты неоднократно формировались сейсмогравитационные оползни объемом до $6-8 \text{ км}^3$, перекрывавшие долину Мургаба до высоты 700-1000 м. Глубина захвата склонов достигала иногда 700-800 м.

Переливы через такие перекрытия начинались после значительного заполнения озерных котловин запрудными отложениями и иногда завершались катастрофическими прорывами. При указанных объемах перекрытия служили преградой для ледников, и их морены залегают поэтому гораздо выше, в стороне.

Впервые определено, что до высоты 4200-4300 м на левом берегу (на междуречьи Шадау - Ирхт) залегает мощная, ныне подтопленная фронтальная часть древнего оползня «Мургаб». Не исключается, что его образование связано с сейсмотектоникой.

Устойчивость этой части необходимо изучить особенно внимательно, так как возникновение здесь при землетрясении или спуске озера грандиозного оползня более опасно, чем в случае оползня «Правобережный», так как в сторону понижения в Усойском перекрытии от него придет не отраженная, а прямая волна.

Оползень «Правобережный» является не формирующимся, как считали ранее, а происшедшим несколько десятков тысяч лет назад и имеет объем 1 км^3 . Его юго-восточная треть смещена на метры или частично отчленена и является потенциально-неустойчивой. Возвышаясь над дном озера на 100-150 м, со временем она может сместиться в виде оползня-обвала объемом до $0,5 \text{ км}^3$ (с учетом захвата обрамления).

При землетрясении 1911г. общая устойчивость массива в целом и его основных крупных фрагментов не была нарушена. Массив сохранял устойчивость и в подтопленном состоянии при сотрясениях силой 5-6 баллов (в 1954, 1963 и 1978 гг.).

Оползни «Усой-1911» и «Правобережный» являются спутниками верхнеплейстоценового сейсмо-гравитационного оползня «Мургаб». Поэтому землетрясение 1911 г. послужило поводом, а не причиной формирования оползня «Усой».

Перелив через Усойское перекрытие исторически неизбежен вследствие заполнения озерной чаши запрудными накоплениями. Однако начнется он гораздо раньше, прежде всего из-за оседания гребня перекрытия над зоной фильтрации при землетрясении, притом, вероятнее всего, до смещения оползня «Правобережный». Для решения всей проблемы важно знать, завершится ли перелив прорывом, и если да, то через какое время после начала перелива.

Приведенные выше выводы об устойчивости оползневых массивов, основанные лишь на материалах картирования, не в полной мере отражают устойчивость подтопленных склонов при землетрясениях максимальной силы (8-9 баллов).

Этот вопрос подлежит специальному изучению с применением расчетных методов и моделирования. Подобные уточнения устойчивости склонов необходимы также в связи с выбором безопасного режима понижения уровня озера при его спуске.

Для решения обоих вопросов важно более детально изучить закономерности формирования и спуска Мургабского и Ирхтского древних озер.

Таким образом, выполненные в 1978-79 гг. исследования упрощают основные аспекты проблемы, но выдвигают новые вопросы. Для их раз решения необходимы более полные и детальные научно-производственные работы.

Ближайшей опасностью нам представляется сейчас эволюционный перелив, а не импульсный прорыв перекрытия при смещении оползневого массива.

11. СЕЙСМИЧНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ

Сейсмичность территории Сарезского озера обуславливается близостью крупного Рушан-Пшартского регионального тектонического разлома, от которого отходит большое количество более мелких оперяющих разломов.

В настоящее время именно с деятельностью этого разлома связывают 9-балльное Сарезское землетрясение 1911 г. Сейсмогенетическая структура разлома относится к категории наиболее опасных, с возможным возникновением землетрясений с магнитудой более 7,5.

За период 1940 - 1980 гг. в этом районе Памира наблюдалось 25 землетрясений силой свыше 5 баллов и 3 силой свыше 7 баллов (1941, 1949, 1963). В 1975 г. 29 июня и 12 августа в районе Сареза наблюдалось землетрясение силой 4-5 баллов в результате чего в озеро сошло большое количество обвалов.

В районе города Джунр в Северном Афганистане находится участок расположения эпицентров всех сильных землетрясений последнего времени. Вот

и эпицентры глубокофокусных землетрясений 26 октября 2015 года (160 км) и 10 апреля 2016 года (210 км) идеально точно совпадают с центром этого участка. В районе г. Джунр отмечается излом оси зоны субдукции. Второй излом наблюдается в районе Сарезского озера. Он точно совпадает с положением палеогеновой гранитной интрузии в центре ниши древнего оползня Мургаб (8 км³). Все грандиозные оползни расположены в радиусе порядка 100 км от этой точки.

В декабре 2015г. в районе Сарезского озера отмечалось 37 подземных толчков на глубине 10–22 км. Их эпицентры образуют зону (диаметром около 100 км) на глубине от 10 до 22 км, которая сейсмически активизировалась под влиянием движения Индийской плиты в северо-восточном направлении на глубине 100–200 км (после глубокофокусных землетрясений в районе города Джунр на территории Северного Афганистана). Рушано-Пшартский разлом в районе Сарезского озера частично совпадает с южной границей этой зоны.

Если бы в районе Сарезского озера (на берегах и на дне) была установлена детальная сеть современных чувствительных цифровых сейсмологических станций (150–200), то более слабые сейсмические толчки фиксировались бы там ежедневно. Такие наблюдения в активный в сейсмологическом отношении период позволили бы детально изучить глубинное строение берегов (метод обменных волн землетрясений (МОВЗ)) и выявить неустойчивые, уже готовые к обрушению участки.

Постоянная повышенная сейсмическая активность способствует возникновению поверхностей смещения оползней. Механизм их формирования заключается в следующем. При глубинном сейсмическом толчке упругие колебания по монолитным породам апофизы интрузии за счет более высокой скорости сейсмических волн достигают верхних частей разреза быстрее, чем по вмещающим породам. На контакте гранитов и вмещающих пород выделяется энергия, которая идет на разрушение вмещающих пород в зоне контакта. После частичного их разрушения и снижения скоростей этот процесс ускоряется.

Такой же процесс происходит на границе монолитных пород Сарезской свиты ($V_p = 6500$ м/сек и выше) и перекрывающих их уже разрушенных пород ($V_p = 4000$ м/сек и менее). Т.е. рядом со скоростной преломляющей границей формируется поверхность смещения — тонкий слой интенсивно разрушенных пород.

Постоянное сейсмическое воздействие ускоряет этот процесс и формирование оползня. Это приводит к тому, что в районе еще не вскрытой интрузии начинает формироваться грандиозный оползень.

В результате длительного сейсмического воздействия быстрее будут подготовлены к смещению те участки и поверхности, где отмечается более высокий градиент скоростей упругих колебаний. И не исключено, что после того, как будет подготовлена поверхность смещения, оползень может сойти даже без сейсмического воздействия.

Образование и прорыв памирских завальных озер- это геологический процесс, который в длительном геологическом времени идет непрерывно. В районе Сарезского озера существовали Прасарезское (Ирхтское) и другие озера. Поэтому прорыв Сарезского озера и образование Новосарезского в длительном геологическом времени неизбежно.

Каждое из землетрясений в районе Сарезского озера в декабре 2015 года (глубина эпицентров 10-22 км) наблюдалось на незначительной территории. Так 7 декабря 2015 года землетрясение силой 7,2 балла непосредственно на Сарезском озере в городе Хорог практически не ощущалось. А глубокофокусное землетрясение 26 октября 2015 года (эпицентр которого находился в северном Афганистане около города Джунр) силой 7,5 балла проявилось не только в Афганистане и Таджикистане, но и в Пакистане, Киргизии, Узбекистане.

По описанию Г.А.Шпилько землетрясение 1911 года охватило значительную территорию Афганистана и Таджикистана. Из этого сопоставления можно сделать предположение: землетрясение 1911 года было глубокофокусным и его эпицентр находился в северном Афганистане около города Джунр. За несколько десятков секунд продольная сейсмическая волна дошла до района Сарезского озера.

От сотрясения Усойский оползень (объем подготовленных природой к обрушению горных пород $2,2 \text{ км}^3$) сместился. Он двигался по наклонной поверхности (крутизной 45-50), что вызывало сейсмические колебания как в процессе движения, так и при ударе о противоположный борт долины.

Удар мог вызвать слабое поверхностное землетрясение силой 2-3 балла. Можно предположить, что под влиянием движения индийской плиты в районе Сарезского озера на глубинах 10-20 км мгновенно возникли наведенные землетрясения.

В качестве первоочередных мероприятий рекомендуется следующее:

1. Организовать и построить комплекс сейсмологических станций с установкой датчиков по периметру озера.
2. Создать государственный Центр изучения землетрясений территории Сарезского озера.
3. Провести исследования и анализ всех прошедших землетрясений на территории Сарезского озера за период с 1911 по 2026 годы.
4. Составить и издать Атлас землетрясений территории Сарезского озера.

12. ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

В настоящем, прошло 115 лет с момента образования Сарезского озера. Достаточно длительный период для любого аналогичного природного образования. Опасность прорыва Усойского завала, по прежнему остается вероятной.

Отличительной особенностью Сарезского озера от других горных озер является его масштабы и процесс образования. В отличии от озер образовавшиеся в

естественных чашах и логах, Сарезское озеро образовалось в русле реки после образования Усойского завала. По типу образования, его можно отнести озеру руслового типа.

По своим параметрам и размерам, а также особенностям Сарезское озеро близко к водохранилищу, а сам Усойский завал к каменно-набросной плотине.

После завала и его многолетнего формирования и уплотнения, образовалась достаточно крупная и устойчивая перемычка, по своим техническим параметрам соотносящаяся с каменно-набросной плотиной.

Высота Усойского завала составляет порядка 500 м и ширина основания завала около 1500м, соотношение высоты завала к ширине основания, составляет 1:3. Тело завала состоит из каменной массы, разного состава и размеров камней.

Можно предположить, что при завале произошедшем в феврале месяце, некоторая часть каменной массы грунта была насыщена влагой и состояла из осыпей. В результате сильного землетрясения и обрушения, тело завала сформировалась из камня различной фракции и массы крупных камней. В результате длительного стояния, прошедших в последствии землетрясений, произошла усадка тела завала, на высоту до 60м, откосы завала сформировались естественным образом. Произошедший Усойский завал из-за сильного землетрясения можно сравнить с условиями возникающими при направленном взрыве.

В качестве примера аналога можно привести плотину Медео вблизи г.Алматы. Медеуская плотина перекрывает долину Медеу (долину реки Малая Алматинка) к югу (выше по течению) от известного Медеуского катка. Она была создана 21 октября 1966 года в результате серии из четырех предварительных взрывов общей мощностью 1800 тонн и финального взрыва мощностью 3600 тонн взрывчатого вещества. 14 апреля 1967 года плотина была укреплена взрывом 3900 тонн взрывчатого вещества. Позднее плотину продолжали заполнять, пока в 1972 году она не достигла проектного профиля.

Строительство плотины было завершено как раз вовремя, чтобы предотвратить потенциально катастрофический селевой поток 15 июля 1973 года. Плотина сработала и успешно остановила поток. 3,8 млн.м³ осадочных пород были захвачены водохранилищем над плотиной, в результате чего его дно поднялось на 1835 метров над уровнем моря.

Плотина высотой 110 метров, впервые в мировой практике, была создана с помощью направленных взрывов. Для создания плотины необходимых размеров в её тело требовалось уложить не менее 3,0 млн. м³ камня.

После взрывов начались работы по планировке взорванной породы и механизированной досыпке гребня плотины в объёме 0,2 млн.м³. Для досыпки использовалась раздробленная порода, которая оставалась на склонах.

Каменно-насыпная плотина высотой 107 метров и объёмом селехранилища 6,20 млн.м³ была сдана в эксплуатацию в 1972 году.

Вскоре селезащитная плотина Медеу прошла испытание на прочность-15 июля 1973 года по руслу Малой Алматинки произошёл сход катастрофического селя объёмом до 5,3 млн.м³. Плотина приняла на себя главный удар: грязекаменный поток отрезал дорогу и в течение трёх часов пытался прорвать дамбу. При этом в селехранилище образовалась масса, не оставившая свободного объёма для задержания новых селей. Селевые массы завалили водопропускные сооружения, отток воды прекратился, уровень воды стал приближаться к верхнему бьефу, началась фильтрация через тело плотины.



Рис.12.1. Поперечный разрез тела плотины Медеу.

Окончательно, восстановленная после катастрофы 1973 года, плотина была сдана в эксплуатацию в 1980 году. Высота плотины составляет 150 метра, ширина по гребню- 20 м, по основанию - 800 м. Объём селехранилища - 12,60 млн.м³.

В тело плотины уложено 8,5 млн.м³ породы. Система водосбросных туннельных и водоприемных сооружений обеспечивает регулируемый безопасный сброс воды с расходом до 30 м³/с с любого горизонта селехранилища.

По подсчетам, плотина Медеу сможет выдержать поток грязекаменной массы втрое превышающий объём селя 1973 года.

Данный наглядный пример показывает, что каменно-набросная перемычка может быть переустроена в каменно-набросную плотину с устройством соответствующих гидротехнических сооружений.

Поэтому предлагается пересмотреть статус Сарезского озера и Усойского завала. Усойский завал переформировать в Усойскую каменно-набросную плотину.

Для этого разработать и провести комплекс гидротехнических и других мероприятий позволяющие повысить устойчивость и безопасность Усойского завала. Учитывая длительный период его «жизни» и возрастающую потребность проведения каких-либо технических мероприятий по поддержанию завала в безопасном состоянии, необходимо начать реализацию защитных укрепительных технических и других мероприятий.

В настоящем Сарезское озеро считается природным объектом, сформировавшийся естественным путем, имеющего статус природного объекта. Вместо этого предлагается изменить статус на инженерный статус с народно-хозяйственным значением. Это позволит реализовывать комплексные инженерно-технические мероприятия, с соответствующим инженерно-техническим сопровождением и финансированием.

Первоочередными техническими мероприятиями является укрепление тела завала, несмотря на его внушительные параметры, большую высоту и значительный объем тела завала.

За длительный период, завал «пережил» большое количество землетрясений, произошла усадка тела завала и сформировалась фильтрация через тело и основание завала.

Образовавшийся естественный завал и устоявшийся за более чем 115-летний период, показал свою устойчивость к обрушению и сползанию откосов. За первые годы, произошла общая осадка на 60 м, однако более крупных просадок верха завала и его откосов, не отмечалось.

В настоящем чаша Сарезского озера имеет длину 60-61 км, в зависимости от наполнения озера. Ширина озера в начальной части до 400м, в срединной части до 1000м, около завала 3200м.

Береговая линия озера длиной до 160км, береговые откосы крутые в результате чего возникающие осыпи быстро достигают озера. В целом вдоль береговой линии озера наблюдается до 20 различных осыпей, разного размера и объёма камня. Почти все осыпи продолжают движение и скатываются в чашу озера. Причем, один из осыпей практически перекрывает русло реки.

Усойский завал образовавшийся из каменной различной фракции, имеет длину 3300-3500м, ширину в основании завала до 1500м, и высоту завала 500м, длина верхового и низового откосов составляет от 900 до 1000м.

Дальнейшие изменения параметров завала могут быть связаны с некоторыми осадками гребня завала и его откосов. Учитывая, что каменный завал образовался естественным путем, можно предположить наличие пустот внутри тела завала. Наблюдавшаяся осадка по высоте завала достигшая до 60м, вероятно охватывает только верхние слои завала, в то время как нижние слои до сих пор продолжают

осадку и самоуплотнение. Это отчасти подтверждается тем, что фильтрация воды отмечается только в основании завала, и отсутствует на низовом откосе.

В этой связи первоочередными техническими мероприятиями должны быть укрепление тела завала с проведением цементации и применением современных строительных материалов, а также укрепления откосов от обрушения. Происходящая в теле завала фильтрация, ежегодно перемещает и выносит большое количество грунта. Из-за неизученности данной проблемы, в настоящем невозможно точно оценить скорость и объемы выноса.

Учитывая значительные размеры завала, все работы необходимо разделить на несколько этапов освоения, с общей продолжительностью работ до 10-15 лет. Современные технологии, современные строительные механизмы и строительные материалы, позволят производить работы с большой эффективностью и качеством.

Предлагаемый подход позволит решить проблему имеющейся фильтрации, начать работы по снижению фильтрации через тело и основание завала.



Рис.12.2. Месторасположение осыпей вдоль правого и левого берегов.

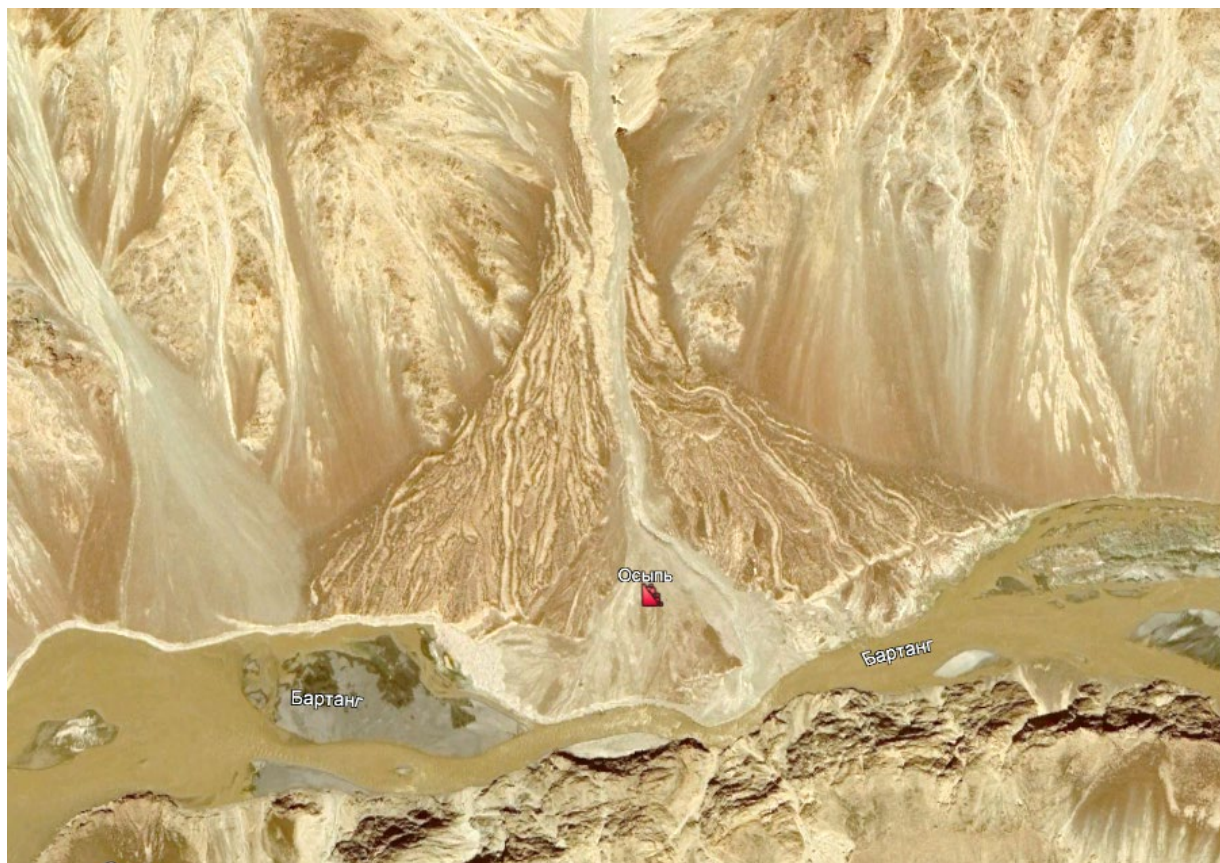


Рис.12.3. Месторасположение осыпи перекрывающий русло реки.

Главным в настоящем является вопрос безопасности Усойского завала и в целом Сарезского озера для нижерасположенных населенных пунктов. Основные условия безопасности Усойского завала складываются из следующих условий:

1. Климатические условия

Климатические условия территории озера в ближайшие 20-30 лет, не будут меняться кардинально. Возможны некоторые изменения в связи с глобальным изменением температуры, не оказывающие серьезного изменения климата на территории озера.

Это значит, климатические параметры, замеренные и использованные ранее, можно использовать для практических целей и расчетов в ближайшей перспективе. В том числе количество осадков, скорость и направление ветра, испарение с водной поверхности, солнечная радиация.

Однако, как известно, многолетнем ряду климатических показателей возникают экстремальные большие климатические явления, значительные осадки, сильные порывистые ветра, высокая испаряемость, а в худшем случае скопление всех критических показателей в один период.

Поэтому, влияние климатических факторов на безопасность Усойского завала все еще остается актуальной. В этой связи требуется проведение более детальных и широкомасштабных наблюдений за климатическими параметрами озера.

Наблюдения за климатическими параметрами Сарезского озера следует продолжать, в том числе с применением современного оборудования, современных программных средств сбора и обработки данных.

Применение современных программ по моделированию позволят восполнить климатические данные в сто летнем ряду, пропущенные по тем или иным причинам.

2. Топографические условия

Топографические условия территории в целом остаются без кардинальных изменений. Изменения происходят и произойдут вдоль береговой территории озера, где наблюдается значительное количество осыпей и трещин.

Влияние топографических параметров на безопасность Усойского завала и Сарезского озера связана с недостаточно точным и детальными изысканиями современного топографического состояния территории.

Топографические параметры Усойского завала в целом остаются без серьезных изменений. Однако требуется проведение детальных топогеодезических изысканий завала в масштабе М1:1000, установка грунтовых геодезических марок и реперов на теле завала и по периметру озера.

Основные топогеодезические параметры территории озера и завала можно использовать для перспективного планирования и проектирования.

Текущую уточняющую оценку топогеодезических параметров завала рекомендуется проводить: 1) текущие с периодичностью раз в 2 года, 2) основные с периодичностью – раз в 5 лет, 3) батиметрическую съемку с периодичностью раз в 10 лет.

3. Геологические условия

Геологические и гидрогеологические условия территории Сарезского озера и основания Усойского завала, в целом в ближайшей перспективе остаются без изменений, а это значит, что ранее полученные геологические данные в целом можно использовать для расчетов и прогнозов в ближайшие годы.

Безопасность Усойского завала с точки зрения геологических условий, связана с недостойной изученностью тела завала, его структуры, состава грунта и основных гранулометрических характеристик. Поэтому в ближайшие 10-15 лет потребуются проведение новых детальных инженерно-геологических изысканий Усойского завала и прибрежной территории озера.

В целом требуется уточнение ранее проведенных геологических условий территории озера и завала, подготовка более детальных геологических карт с указанием ранее выявленных и вновь образованных трещин и возможных сейсмических разломов.

Требуется проведение детальных геологических изысканий тела завала с использованием стандартных методов, современных средств наземного и воздушного зондирования. Требуется организация специализированной

геологической лаборатории для постоянного изучения Усойского завала и Сарезского озера, с обязательным созданием архива отбираемых грунтов и почвы.

Современные уточненные данные геологических условий завала и озера будут использоваться для разработки инженерно-технических мероприятий по повышению безопасности завала.

4. Гидрологические условия

Гидрологические данные реки Мургаб и Сарезского озера имеют большое значение для оценки безопасности Усойского завала, оценки современного и перспективного состояния озера. Безопасность завала в значительной степени зависит от объемов притока и стока, а также испарения с водной поверхности, поэтому точная оценка гидрологических данных позволят принять своевременные инженерно-технические мероприятия.

13. СОСТАВ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Сарезское озеро с момента его возникновения и до настоящее время представляет огромный научный и практический интерес для экономики Республики Таджикистан. Будущее Сарезского озера в значительной степени зависит от технического состояния Усойского завала.

Сарезское озера в нынешнем его виде представляет огромный объем пресной и природной чистой воды, которую требуется охранять в качестве государственного резерва питьевой воды.

В условиях масштабных климатических изменений, наблюдающегося водного дефицита, Сарезское озеро позволит решать многие народнохозяйственные задачи республики. В этой связи, Сарезскому озеру нужно придать новый народно-хозяйственный статус, с проведением всего комплекса инженерно-технических мероприятий. В том числе:

Организационные мероприятия

Организация специального государственного научно-исследовательского института (центра) по изучению озера Сарез. В т.ч. с государственным и частным финансированием его деятельности.

Придание озеру Сарез специального статуса, позволяющего проводить научно-исследовательские изыскания, а также инженерно-технические работы и мероприятия по повышению его технической и водной безопасности, а также использованию в народно-хозяйственных целях.

Проводить научно-практические конференции, с периодичностью раз в 2 года, для обсуждения современного состояния Сарезского озера и дальнейших исследований и изысканий.

Организовать выпуск информационного бюллетеня по материалам научных исследований и инженерных изыскания и наблюдений.

В честь 115-летия возникновения Сарезского озера, провести 1-ю Международную научно-практическую конференцию, для обсуждения и выработки рекомендаций по безопасности Сарезского озера.

Информационные мероприятия

Подготовка информационной базы данных и каталога по проведенным изысканиям и исследованиям р. Мургаб и Сарезского озера.

Проведение топогеодезических изысканий, подготовка топографической карты территории озера, в масштабах М1:5000 и М1:1000. В том числе с использованием современных средств и дронов.

Выпуск топографического Атласа озера Сарез и Усойского завала.

Подготовка Информационной базы гидрологических данных реки Мургаб и Сарезского озера за 115-летний период.

Проведение гидрологических изысканий реки Мургаб и Сарезского озера. Подготовка Гидрологического отчета.

Исследование и расчет водного баланса Сарезского озера.

Проведение батиметрических изысканий озера, в том числе с использованием современных средств и подводных дронов. Оценка (уточнение) емкости озера и батиметрических характеристик.

Проведение комплексных инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий территории Сарезского озера.

Издание геологического и гидрогеологического Атласа Сарезского озера и Усойского завала.

Система мониторинга

Строительство метеостанции, в т.ч. основной около завала и мини метеостанций в количестве до 5 шт по периметру озера.

Строительство гидрометрических постов на реке Мургаб, верхнего и нижнего. Для замера уровня воды в реке, скорости течения и температуры воды.

Устройство береговых гидрометрических постов по периметру озера, в количестве до 25 шт. Для замеров уровня воды в озере, температуры воды, качества воды.

Устройство системы мониторинга за наблюдением состояния завала, мониторинг осадок и смещения тела завала. Установка пьезометров и инклинометров, а также геодезических марок.

Устройство системы видеонаблюдения за состоянием завала и озера. Установка видеокамер высокого разрешения и большого угла обзора. В том числе для наблюдения за гребнем завала, верховым и низовым откосами, примыканиями завала, чаши озера и притока реки в озеро. Всего в количестве около 50 шт.

Инженерная инфраструктура

Строительство подъездной эксплуатационной асфальтированной дороги, протяженностью до 100км.

Строительство линии электропередачи протяженностью до 100 км.

Строительство резервной электростанции на основе солнечных батарей.

Строительство комплекса для службы эксплуатации, в т.ч. зданий диспетчерской и жилых помещений для персонала.

Установка системы спутниковой связи.

Установка мини системы питьевого водоснабжения.

Строительство вертолетной площадки.

Технические мероприятия

Начать проведение работ по цементации грунтов завала, по всей высоте и длине завала, с применением современных строительных материалов и композитных добавок для повышения сцепления и срока службы.

Работы проводить с выделением этапов освоения, течении 10-15 лет.

Для проведения работ по закреплению грунтов завала и его примыканий к берегам, разработать Рабочий проект по укреплению Усойского завала, с переустройством в каменно-набросную плотину.

Строительство водосбросного сооружения на участке выклинивания фильтрационных вод в основании низового откоса завала, с отводящим руслом. Закрепление дна и откосов отводящего русла.

Строительство поверхностного водосброса с искусственной перекачкой воды, сифонного типа с использованием труб большого диаметра.

Строительство на левом примыкании, катастрофического водосброса с отводящим руслом.

Строительство дренажной призмы в основании низового откоса, с дренажной сетью и наблюдательными колодцами;

Формирование и укрепление гребня завала, с устройством эксплуатационной дороги на гребне и освещением завала.

Проведение специальных мероприятий по укреплению откосов чаши водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казакбаев К.К., Хамраев Н.Р., Дианов В.Г. «Плотины Средней Азии», Ташкент, 1973 г.
2. Г.Е.Глазырин, А.М. Никитин, А.С. Щетинников – «Водный баланс Сарезского озера», Среднеазиатский научно-исследовательский институт им. В.А.Бугаева, вып.113 (194), М.1986г.
3. Федоренко В.С., Деникаев Ш.Ш., Лим В.В. – Основные инженерно-геологические аспекты проблемы Сарезского озера. УДК 624.131.31. МГУ ж. Инженерная геология, №3, 1981 г.
4. Акулов В.В. Некоторые наблюдения над состоянием Сарезского озера в 1946 г. // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 80. Вып. 3. 1948.
5. Ланге О.К. Современное состояние Усойского завала. Известия Среднеазиатского географического общества. Т. XIX. Ташкент, 1929.
6. Папырин Л.П. Грозный «дракон» Центральной Азии. Наука в России. Январь–февраль. 2002.
7. Соколов А.А. Гидрография СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1952.
8. Академик В.В. Пославский “Об одной катастрофе на Памире. (История Сарезского озера) *Гидротехника и мелиорация. № 3. Москва.1968.*

ПРИЛОЖЕНИЯ 1

ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ

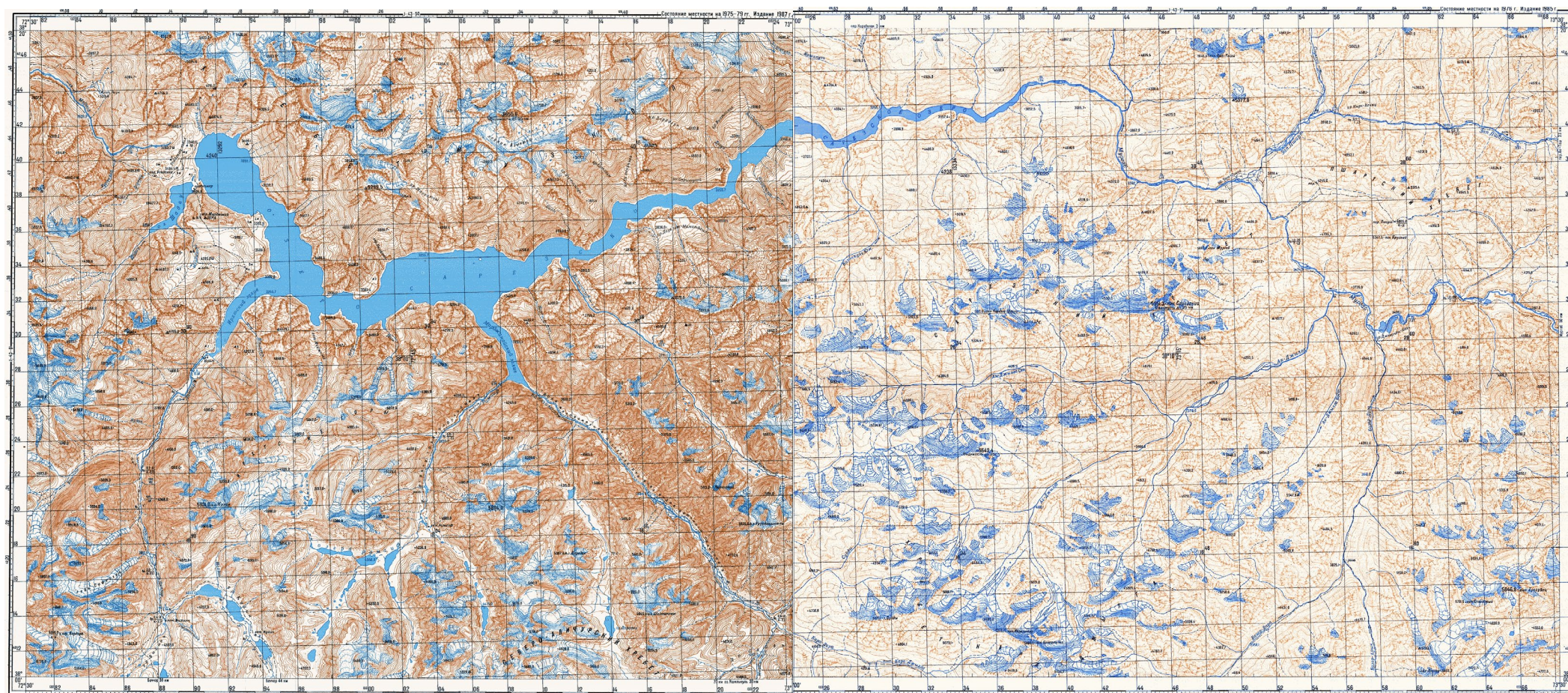
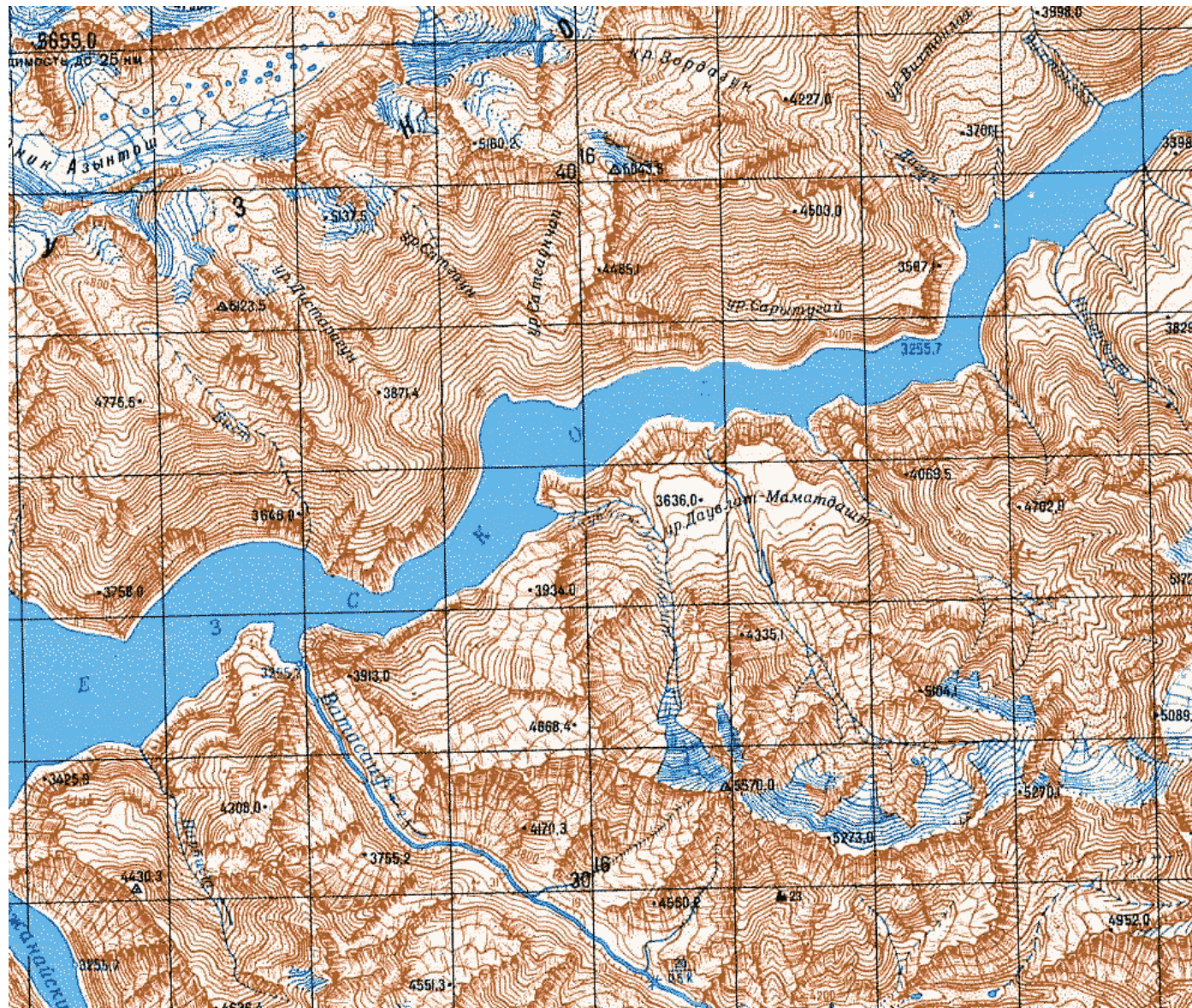


Рис.1. Топографическая карта озера Сарез (карта 1987 г.)



62



Рис.4. Выдержка из топографической карты (1987г.)



Рис.5. Выдержка из топографической карты (1987г.)



Рис.6. Топографическая карта рельефа озера Сарез (1985г.)



Рис.7. Топографическая карта рельефа озера Сарез (1985г.)



Рис.8. Топографическая карта рельефа завала озера Сарез (1985г.)

Алибаев К.У.

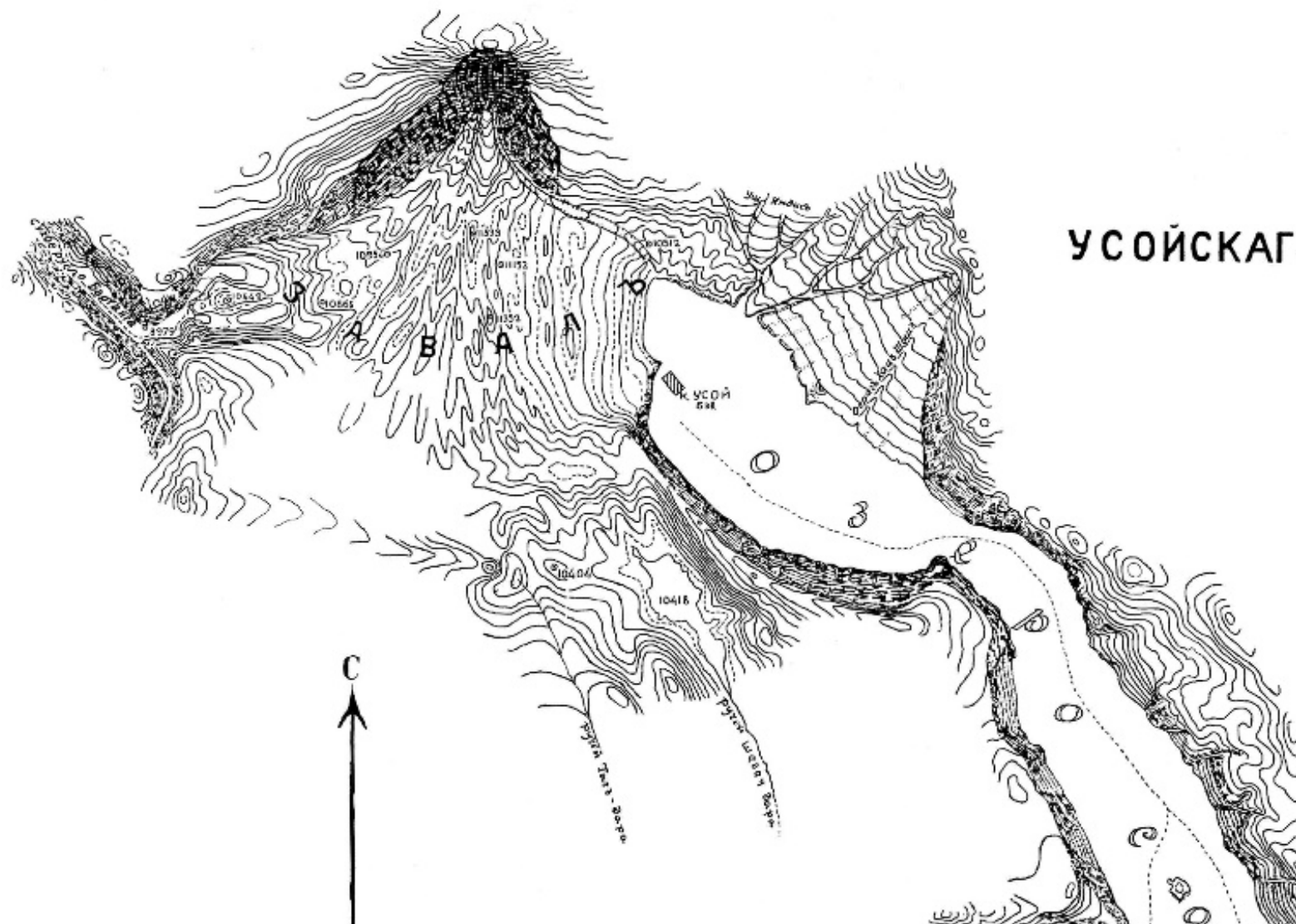


Рис.10. Топографическая карта Усойского завала и Сарезского озера (1913 г.) (выдержка).

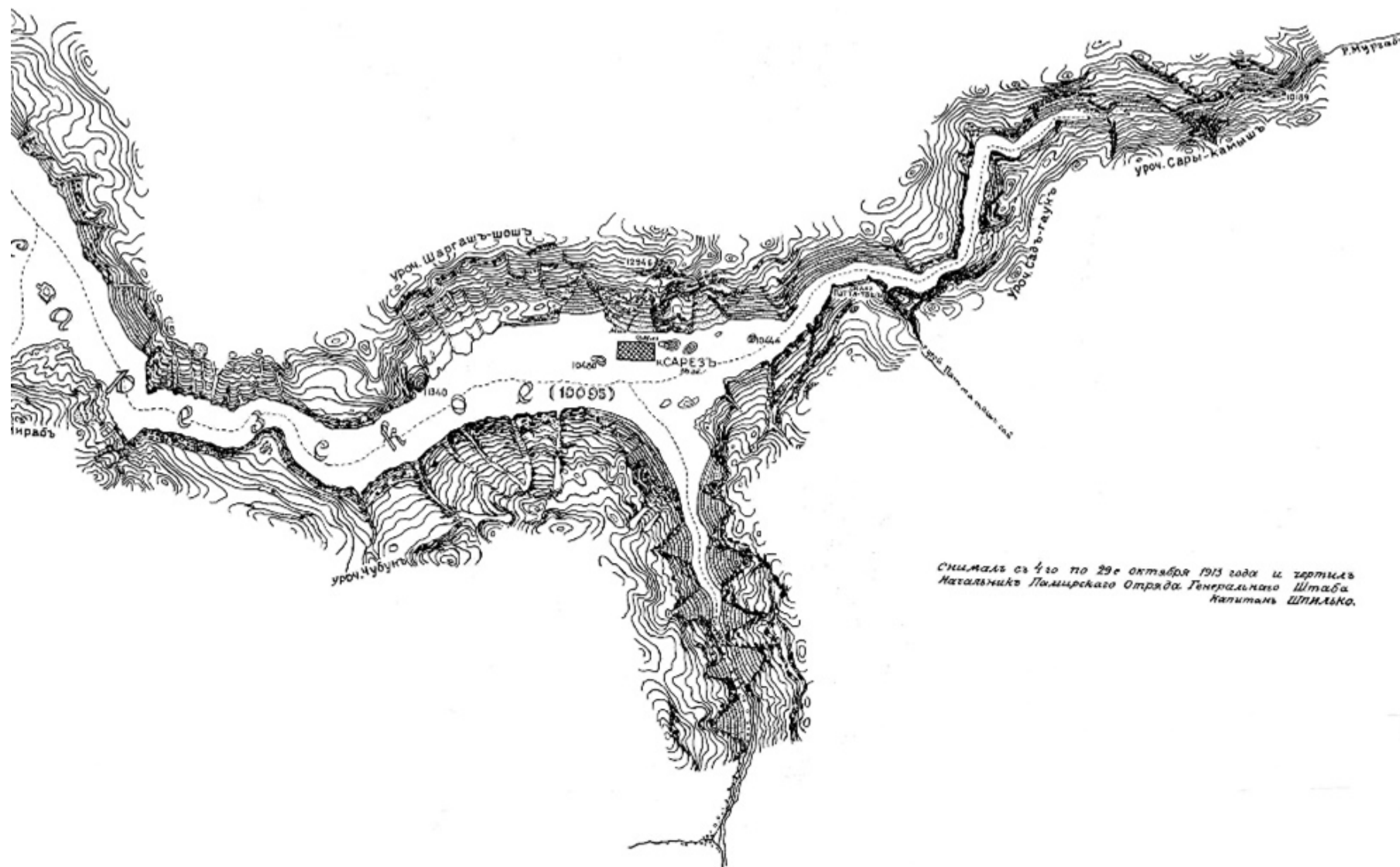


Рис.11. Топографическая карта Усойского завала и Сарезского озера (1913 г.)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФОТОГРАФИИ САРЕЗСКОГО ОЗЕРА

(источник фотографий -Google Earth Pro © WWW.EY8MM.COM)



Рис.1. Вид на Сарезское озеро.



Рис.2. Вид на Сарезское озеро с Усойского завала.



Рис.3. Вид на Усойский завал с левого берега. Наблюдается выклинивание родников в нижнем бьефе завала.



Рис.4. Вид на Усойский завал.



Рис.5. Вид на правый берег Усойского завала.



Рис.6. Вид на Усойский завал.



Рис.7. Вид на Усойский завал.



Рис.8. Вид на Усойский завал (слева).



Рис.9. Вид на участок выклинивания родников в низовом бьефе Усойского завала.



Рис.10. Вид на Усойский завал (справа).



Рис.11. Космоснимок Усойского завал.



Рис.12. Вид на береговые откосы Сарезское озеро.



Рис.13. Осыпи на береговых откосах.



Рис.14. Русло реки Мургаб.



Рис.15. Вид на Сарезское озеро.



Рис.16. Вид на правый береговой откос озера.

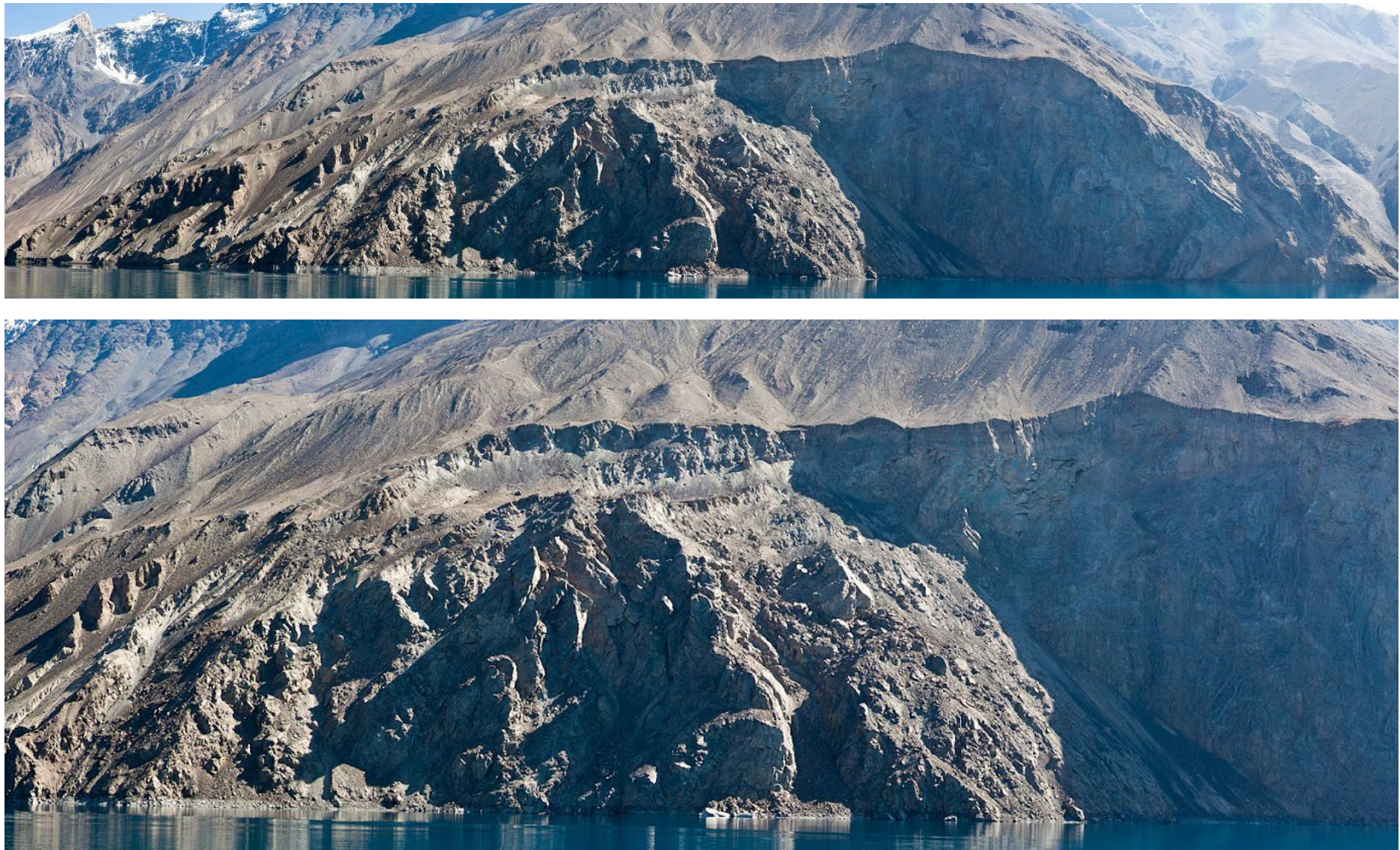


Рис.17. Вид на обрушающийся склон озера.



Рис.18. Вид на озеро Шатау.



Рис.19. Вид на левобережный склон озера.



Рис.20. Вид на правобережный склон Сарезского озера.



Рис.21. Вид на береговые откосы Сарезского озера.



Рис.22. Вид на русло притока в Сарезское озеро.



Рис.23. Вид на русло реки Мургаб, нижний бьеф завала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ



Рис.1. Космоснимок Сарезского озера.

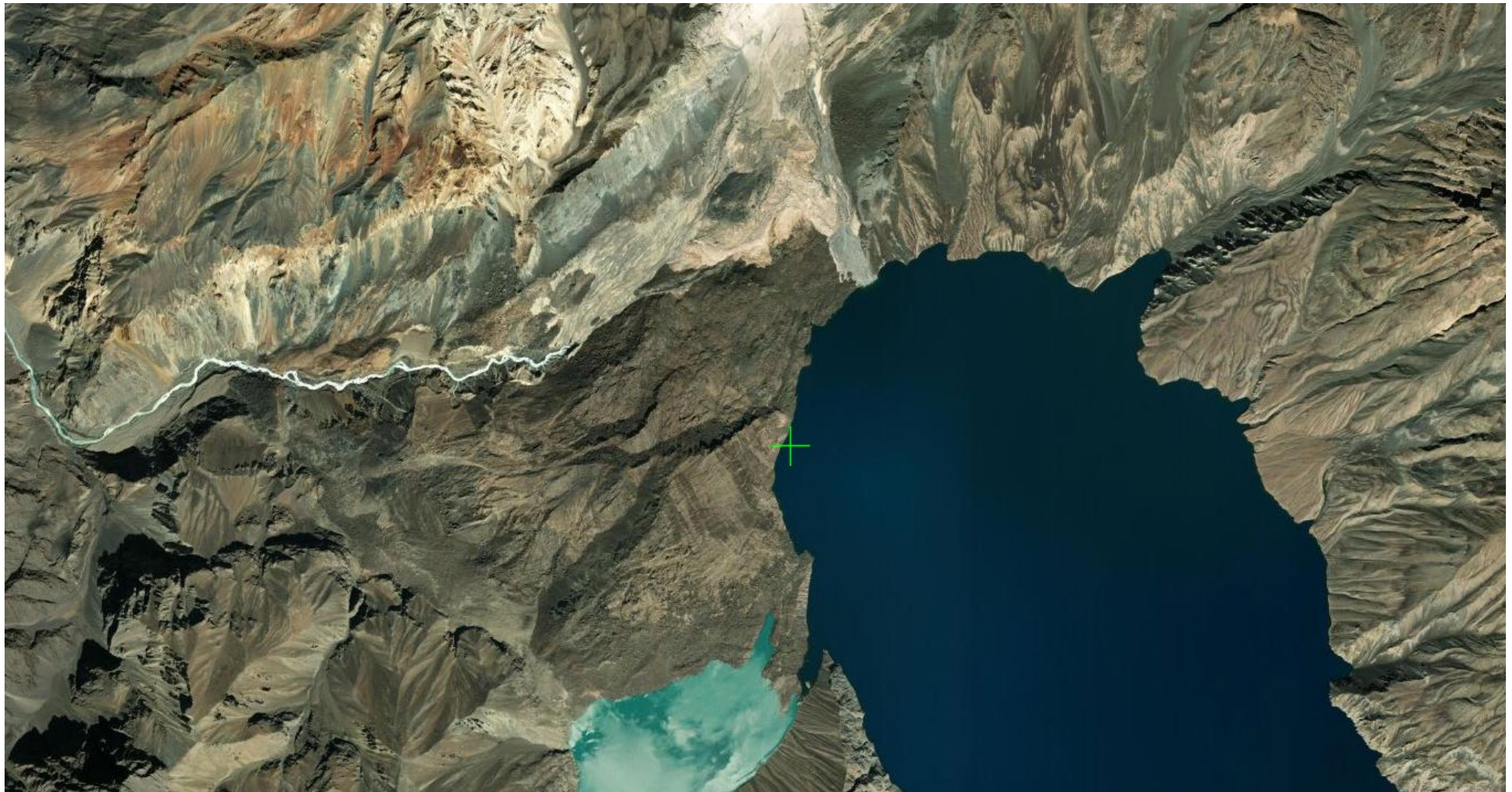


Рис.2. Космоснимок Сарезского озера около завала.



Рис.3. Космоснимок озера Шадау.

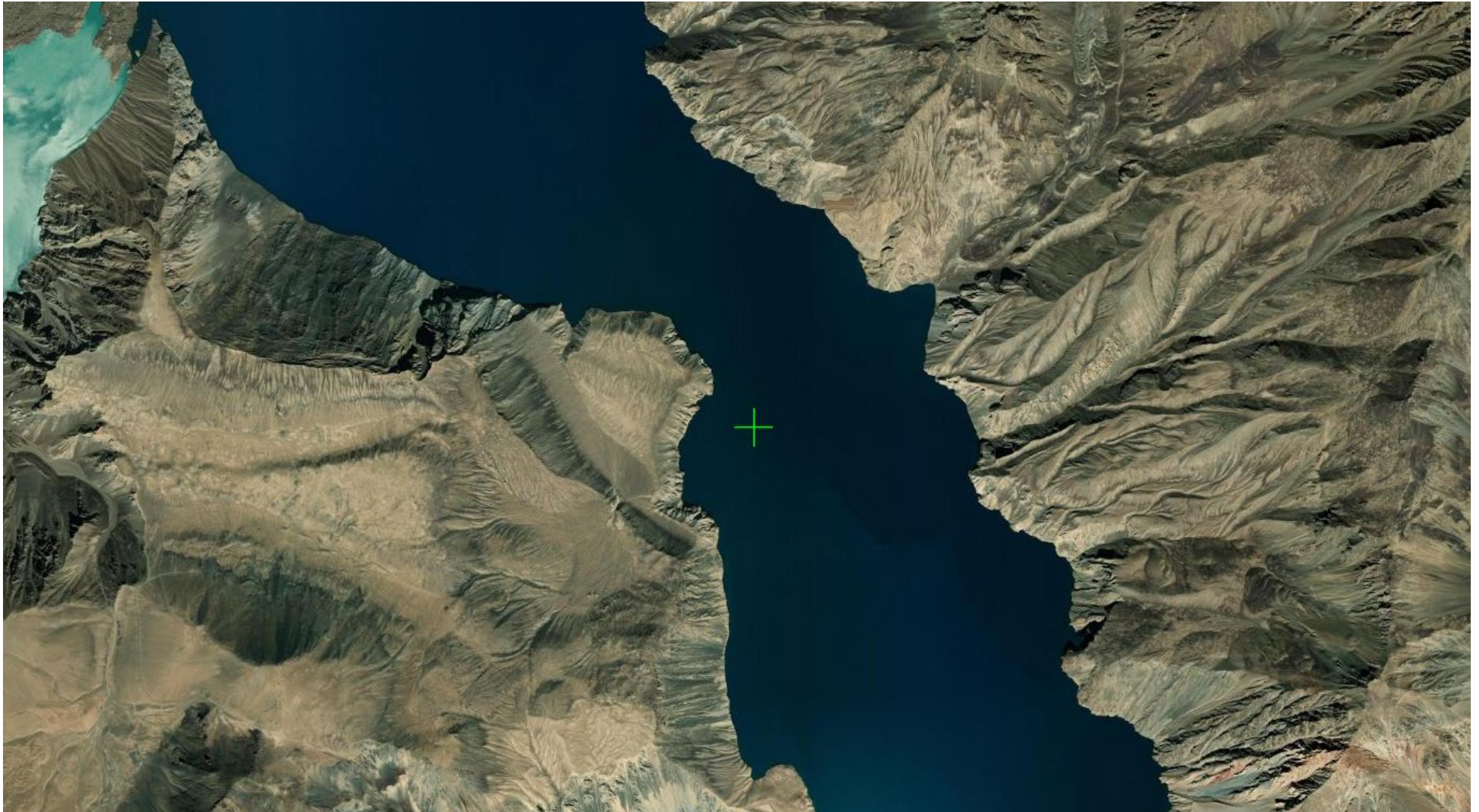


Рис.4. Космоснимок центральной части Сарезского озера.



Рис.5. Космоснимок центральной части Сарезского озера.



Рис.6. Космоснимок центральной части Сарезского озера.



Рис.7. Космоснимок центральной части Сарезского озера.



Рис.8. Космоснимок левого залива озера.



Рис.9. Космоснимок концевой части озера.



Рис.10. Космоснимок концевой части озера.



Рис.11. Космоснимок концевой части озера.



Рис.12. Космоснимок родников выклинивающиеся в низовом откосе завала.



Рис.13. Космоснимок родников выклинивающиеся в низовом откосе завала.



Рис.14. Космоснимок правобережной осыпи.

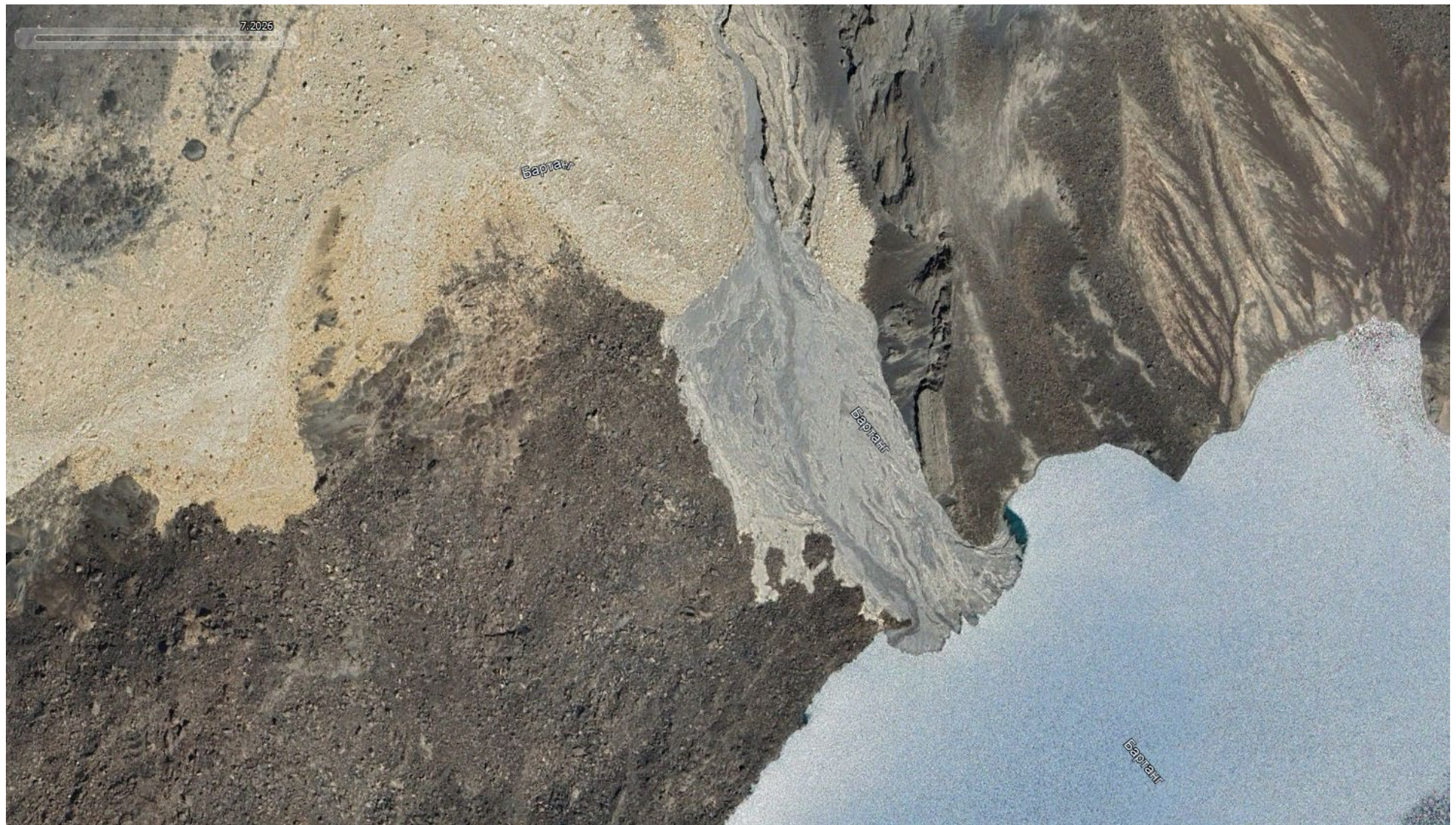


Рис.15. Космоснимок правобережной осыпи.



Рис.16. Космоснимок правобережной осыпи (Снимок 2008 г.).

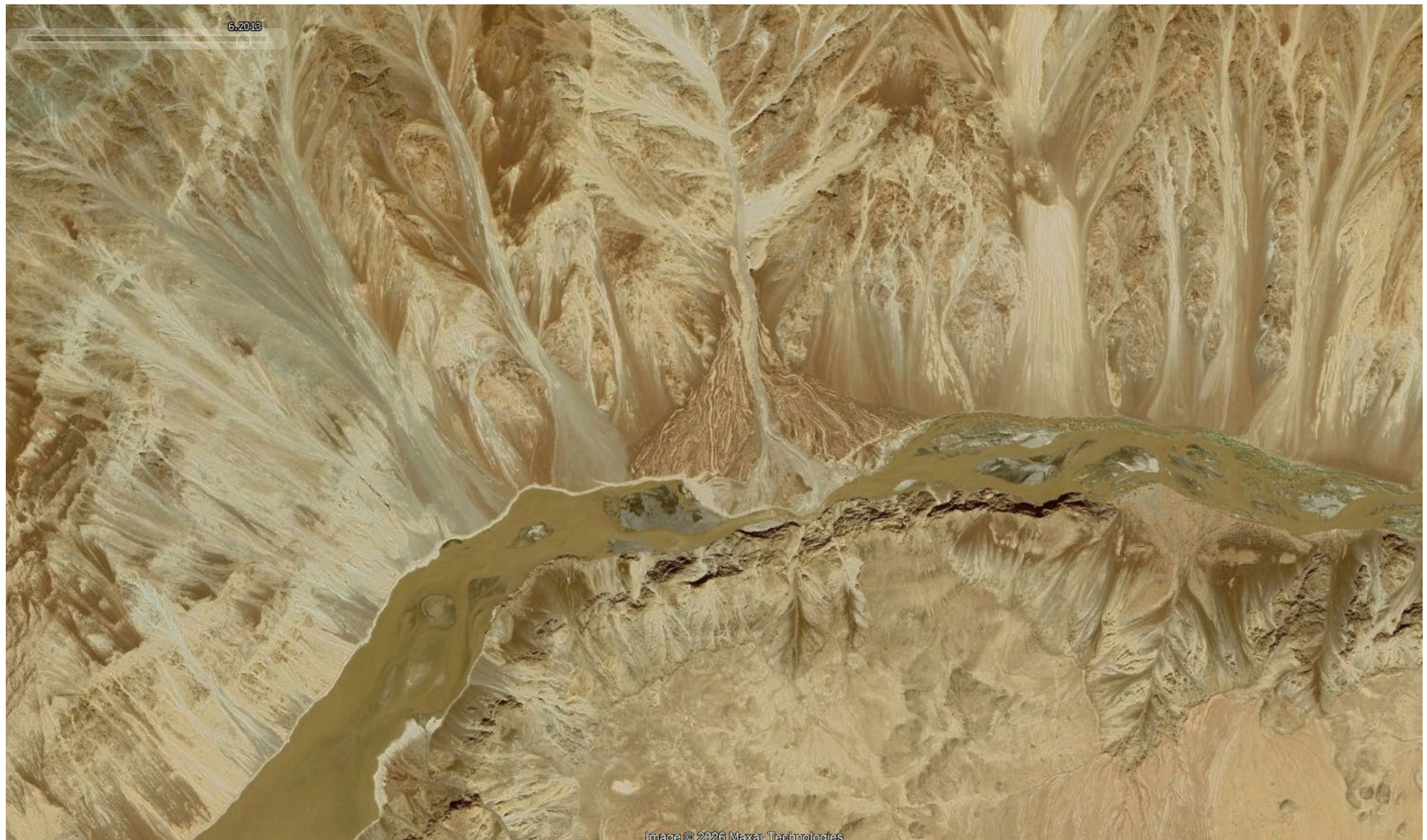


Рис.17. Космоснимок правобережной осыпи (Снимок 2013г.).



Рис.18. Космоснимок береговых осыпей вдоль левого берега (2008г.)



Рис.19. Космоснимок береговой осыпи (2007г.)



Рис.20. Космоснимок береговой осыпи (2013г.)

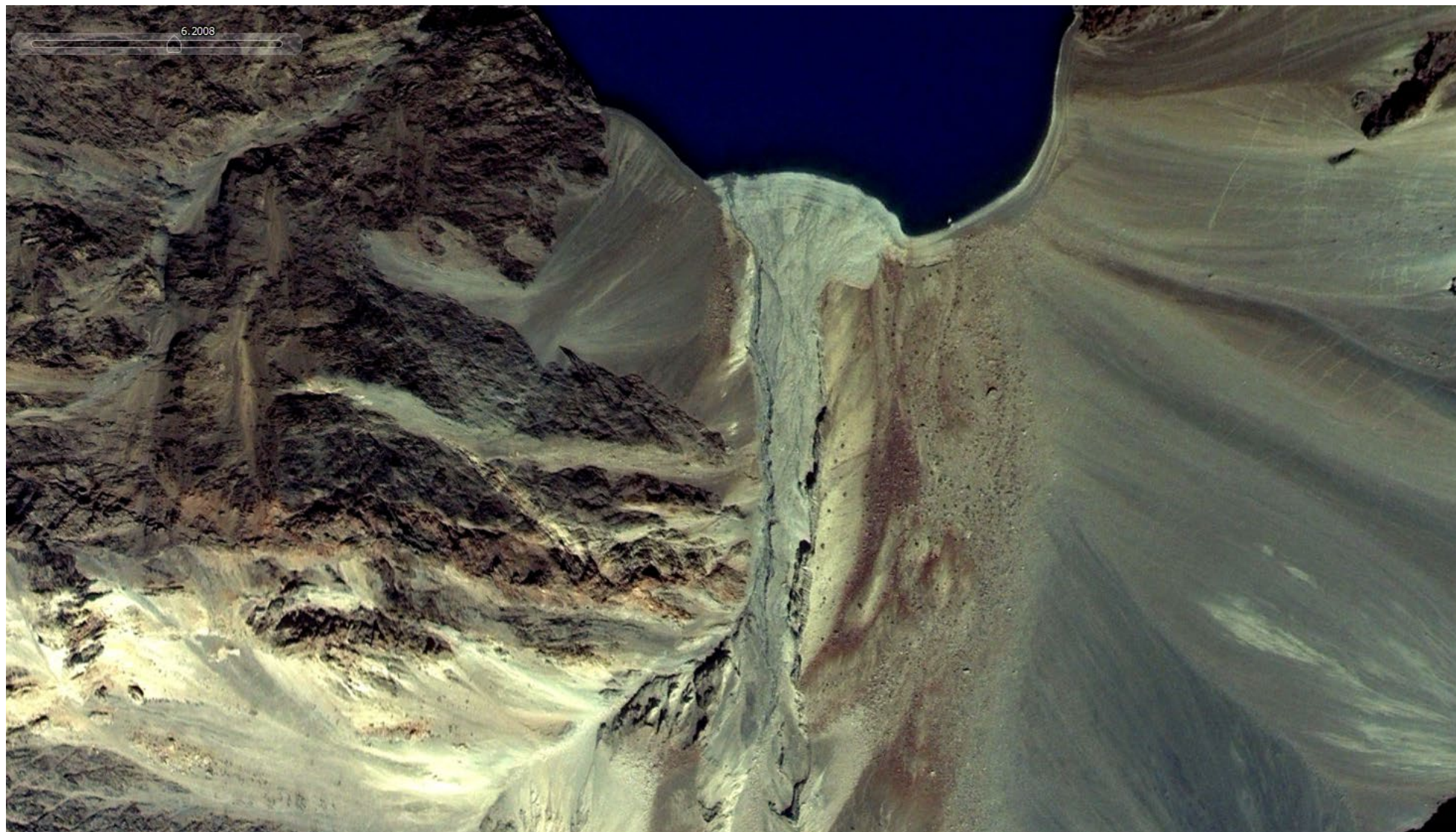


Рис.21. Космоснимок береговой осыпи (2008г.)

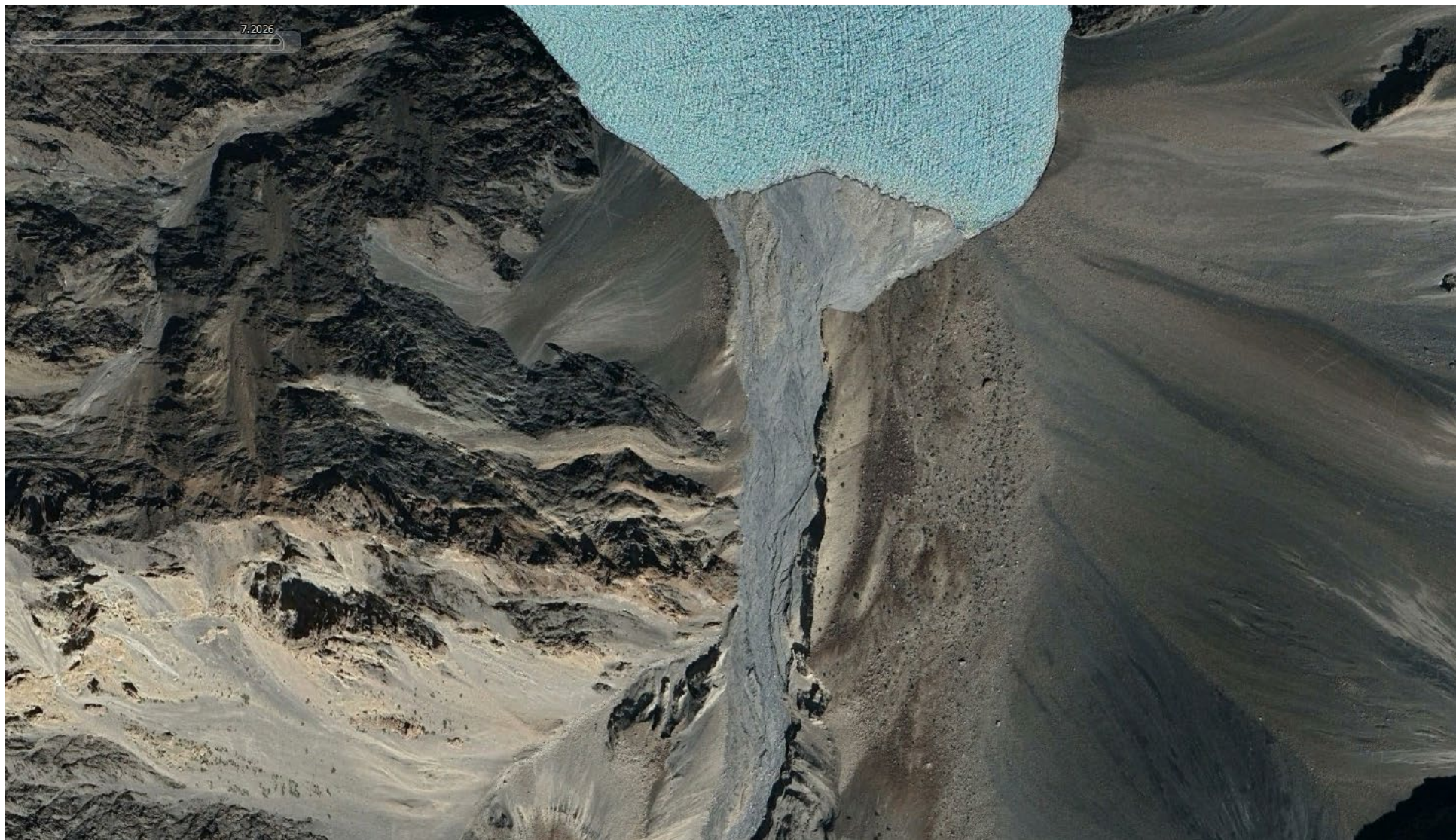


Рис.22. Космоснимок береговой осыпи (2026г.)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**Совет Министров СССР
РАСПОРЯЖЕНИЕ
от 27 марта 1975 г. № 678р
МОСКВА. КРЕМЛЬ**

В целях предупреждения прорыва вод Сарезского озера в Таджикской ССР, а также изучения возможностей использования водных ресурсов этого озера для орошения и гидроэнергетики:

1. Минводхозу СССР составить в 1975-1977 годах с участием организаций Минэнерго СССР, Мингео СССР, Главгидрометслужбы, ГУГК и Академии наук СССР схему комплекса мероприятий по предупреждению прорыва вод Сарезского озера и возможному использованию его водных ресурсов для орошения и гидроэнергетики.

В составе схемы предусмотреть необходимые мероприятия по защите населения, предприятий и сельскохозяйственных угодий от возможного затопления.

Разрешить министерствам и ведомствам, принимающим участие в работах по составлению схемы, включить в сметы на выполнение этих работ затраты, связанные с удорожанием съемочных и изыскательских работ, проводимых в высокогорных условиях и труднодоступных районах.

Госплану СССР предусматривать средства на разработку указанной схемы отдельной строкой в плане работ по составлению схем развития отраслей народного хозяйства, выполняемых за счет средств государственного бюджета, по Минводхозу СССР.

2. МГА обеспечить авиационное обслуживание работ, выполняемых министерствами и ведомствами в соответствии с пунктом 1 настоящего распоряжения, на договорных условиях в согласованные сроки.

3. ГУГК осуществить в 1975 году топографическую аэрофотосъемку с изготовлением фотокарт, а Мингео СССР в 1975-1976 годах инженерно-геологическую съемку в районе Сарезского озера в масштабах и объемах по согласованию с Минводхозом СССР.

4. Совету Министров Таджикской ССР обеспечить в 1975-1976 годах за счет капитальных вложений, передаваемых ему Минводхозом СССР, строительство зданий для трех гидрометеорологических станций (со средствами связи) в районе Сарезского озера и на реке Мургаб по технической документации Главгидрометслужбы.

Председатель Совета Министров СССР А. КОСЫГИН

*Министерство геологии СССР
Управление геологии Совета министров Таджикской ССР
Протокол № _____
Заседания научно-технического Совета Управления геологии Совета
Министров Таджикской ССР
22 Марта 1977 г.*

Председатель НТС - Г.В. Кошляков. Секретарь НТС - Г.Т. Саржан

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Члены НТС: Огнев Н.С., Дьяков Ю.А., Дзайнуков А.Б., Сергеева М.Д., Орифов А.О., Адамян Р.Р.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Рассмотрение отчёта "Результаты инженерно-геологических исследований в районе Сарезского озера и долин рек Мургаб и Мургаб"

НТС ОТМЕЧАЕТ:

Инженерно-геологические исследования в районе Сарезского озера и долин рек Мургаб и Мургаб проведены в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР

№ 678-р от 27 марта 1975 г. "О составлении схемы комплекса мероприятий по предупреждению прорыва вод Сарезского озера и возможному использованию его водных ресурсов для нужд орошения и гидроэнергетики".

Целевое задание этих исследований определено приказом Мингео СССР № 187 от 21 апреля 1975 года и предусматривало проведение инженерно-геологических исследований силами Управления геологии Совета Министров Таджикской ССР при методической помощи ВСЕГИНГЕО и ГИДРОГИНГЕО.

Основные задачи исследований были определены техническим заданием Всесоюзного объединения "Союзводпроект" Минводхоза СССР от 25 июня 1975 года. В результате проведения инженерно-геологических работ в районе Сарезского озера и долин рек Мургаба и Мургаба должны были быть получены необходимые материалы для составления "Схемы".

На координационном совещании 75 июня 1975 года в пос. Разведчик Таджикской ССР были определены конкретные задачи всех исполнителей инженерно-геологических исследований: Управления геологии Совета Министров Таджикской ССР, ВСЕГИНГЕО и ГИДРОГИНГЕО. В выполнении инженерно-геологических исследований в районе Сарезского озера принимали участие: Комплексная геологическая экспедиция, Южно-геофизическая экспедиция, Топо-геодезический отряд Управления геологии Совета Министров Таджикской ССР и ВСЕГИНГЕО.

В результате проведенных инженерно-геологических исследований:

- составлены инженерно-геологические карты распространения экзогенных геологических процессов для всей территории исследования масштаба 1:100 000, а для бортов Сарезского озера и участков конкурирующих створов в масштабе 1:25 000;
- прогнозная карта возможных обрушений бортов озера и гидрогеологическая карта в масштабе 1:100 000;
- дана характеристика геологического строения, тектоники, гидрогеологических условий, экзогенных геологических процессов района исследования;
- выявлены места возможных подпруживаний долины реки Мургаб в случае катастрофического прорыва Сарезского озера, определены размеры возможных запруд и объёмы озёр, которые могут образоваться при этом;
- выявлены возможные отрицательные воздействия увеличения расхода реки Мургаб при планомерном спуске воды из Сарезского озера с большими расходами;
- в результате геофизических исследований уточнено геологическое строение Усойского завала установлены мощности сильно разрушенных пород в северной части его, ослабленные зоны в центральной части завала;
- выявлены места и определены возможные объёмы обрушений в долине реки Мургаб, восточнее Сарезского озера и установлено, что эти обрушения не вызовут перелив воды через Усойский завал;
- в результате геофизических и ядерных индикаторных исследований изучена фильтрация воды через Усойский завал; установлено, что расходы фильтрации находятся в тесной зависимости от уровня воды в Сарезском озере и основной расход фильтрации происходит до глубины 50 м со скоростью от 1.5 до 4.5 м/сек;
- несмотря на то, что на поверхности и в теле завала в настоящее время продолжают развиваться экзогенные геологические процессы (карст, обвалы и др.), Усойский завал при современных условиях представляет устойчивое сооружение, наиболее ослабленной зоной является его северная часть, сложенная селевыми и обвально-оползневыми накоплениями с большим содержанием гипса;
- наибольшую опасность представляет возможность обрушения горных пород с правого борта объёмом около 2 км³, что вызовет перелив воды через пониженные участки Усойского завала и разрушение верхней части завала (до 60-100 м);
- в результате предварительных расчётов установлено, что снижение уровня воды на 150 м с расходом 100 м³/сек, не должно существенно повлиять на общую устойчивость склонов;

- наиболее вероятно, что катастрофическая подвижка оползней на правом и левом бортах озера произойдёт во время сильного землетрясения;
- разработана принципиальная схема наблюдения за устойчивостью склонов озера с применением средств автоматизации, которая позволяет предупредить население о возможной катастрофе и принять необходимые меры по эвакуации населения и материальных ценностей из опасных зон;

НТС ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Считать задачи, предусмотренные техническим заданием с целью изучения инженерно-геологических условий района Сарезского озера и долины р. Мургаб для составления схемы мероприятий по предупреждению катастрофического прорыва его воды, выполненными и достаточными для проектных решений на этой стадии. Дальнейшее изучение инженерно-геологических условий должно производиться в соответствии с конкретным решением задач на более поздних стадиях проектирования.
2. Отметить, что полевые исследования и камеральная обработка материалов выполнены качественно и в сжатые сроки. При этом исполнители проявили самоотверженность и понимание важности решаемых задач. В короткие сроки был решен ряд методических и технических вопросов и практических задач, в том числе и не предусмотренных техническим заданием.
3. Отчётные материалы принять с отличной оценкой и направить Генеральному заказчику - В/О "Союзводпроект".
4. Учитывая важность решения задач по обеспечению безопасности населения, дальнейшие исследования необходимо продолжить. Они должны проводиться по комплексной программе в содружестве с другими ведомствами.
5. Дальнейшие исследования в районе Сарезского озера по линии Управления геологии Совета Министров Таджикском ССР должны быть направлены на продолжение наблюдений за деформацией Усойского завала и бортов Сарезского озера, а также, по мере необходимости, на решение вопросов по детализации геологического строения и инженерно-геологических условий в зависимости от тех или иных конкретных задач и решений.
6. В первом полугодии 1977 года составить краткую информацию о проведенных инженерно-геологических исследованиях в районе Сарезского озера и долины реки Мургаб и направить её в Министерство геологии СССР, Совет Министров Таджикской ССР; институты ВСЕГИНГЕО и ГИДРОИНГЕО.

Председатель НТС
Секретарь

Г.В. Кошлаков
Г.Т. Саржан

Правительство Республики Таджикистан

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

О мерах по приведению Сарезского озера в безопасное состояние

Правительство Республики Таджикистан отмечает, что в течение 20 лет накоплен большой материал, отражающий различные аспекты решения проблем Сарезского озера. Был разработан комплекс мероприятий по предупреждению прорыва и перелива вод озера и возможном использовании его водных ресурсов в народном хозяйстве. Однако, отсутствие глубокой научно-обоснованной информации о природных процессах, влияющих на стабильность поведения Усойского завала и озера, не позволяет сделать однозначный вывод о надежности системы "завал-озеро". Учитывая, что озеро расположено в зоне повышенной сейсмичности и возможное землетрясение силой свыше 6 баллов может вызвать обрушение больших масс породы в озеро и следовательно образовать катастрофическую переливную волну, сохраняется реальная угроза прохождения переливной волны по рекам Бартанг, Пяндж, Амударья вплоть до Аральского моря, что может нанести невосполнимый ущерб народному хозяйству не только Таджикистана, но и некоторых других государств Средней Азии.

В целях продолжения начатых работ и комплексного решения проблемы Сарезского озера, направленных на дальнейшее изучение надежности завала и приведение озера в безопасное состояние, Правительство Республики Таджикистан постановляет:

1. Возложить на Комитет по чрезвычайным ситуациям и делам гражданской обороны при Правительстве Республики Таджикистан функции генерального заказчика по решению комплекса проблем Сарезского озера.

2. Принять предложения заинтересованных министерств и ведомств республики о необходимости проведения мероприятий, связанных с приведением Сарезского озера в безопасное состояние согласно приложения к настоящему постановлению.

3. Министерству экономики и внешних экономических связей Республики Таджикистан, Министерству финансов Республики Таджикистан, Министерству охраны природы Республики Таджикистан, Министерству мелиорации и водного хозяйства Республики Таджикистан, Министерству транспорта и дорожного хозяйства Республики Таджикистан, Академии наук Республики Таджикистан, Хукумату Горно-Бадахшанской Автономной области совместно с Комитетом по чрезвычайным ситуациям и делам гражданской обороны при Правительстве Республики Таджикистан и другими заинтересованными министерствами и ведомствами разработать целевую комплексную программу по проблемам Сарезского озера, определить сроки и стоимость её реализации и до 1 сентября 1995 года представить её на рассмотрение Правительства Республики Таджикистан.

4. Министерству экономики и внешних экономических связей Республики Таджикистан и Министерству финансов Республики Таджикистан совместно с Комитетом по чрезвычайным ситуациям и делам граждан, кой обороны при Правительстве Республики Таджикистан после утверждения целевой комплексной программы по проблемам Сарезского озера ежегодно предусматривать при формировании республиканского бюджета средства на реализацию указанной программы.

5. Государственному комитету Республики Таджикистан по контрактам и торговле, концерну "Мадад" и Государственной компании "Таджикнефтепродукт" выделять по заявкам министерств и ведомств республики, обеспечивающих выполнение целевой комплексной программы по проблемам Сарезского озера, необходимое оборудование, машины, механизмы, запасные части, снаряжение, продукты питания и горюче-смазочные материалы.

Государственной авиакомпании Республики Таджикистан "Тоҷикистон" представлять министерствам и ведомствам республики необходимой авиатранспорт согласно их заявок.

6. В целях обеспечения безопасности населения, сохранения, государственного и личного имущества в случае возможного прорыва вод Сарезского озера Комитету по чрезвычайным ситуациям и делам гражданской обороны при Правительстве Республики Таджикистан совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами республики до конца текущего года разработать организационно-мобилизационные мероприятия.

7. Министерству охраны природы Республики Таджикистан и Комитету по делам архитектуры и строительства при Правительстве Республики Таджикистан с участием представителей республик Средней Азии и заинтересованных министерств и ведомств Республики Таджикистан обеспечить проведение государственной экспертизы на всех этапах решения задач по приведению в безопасное состояние Сарезского озера.

8. Установить в связи с особо сложными природно-климатическими условиями в районе Сарезского озера работникам, непосредственно занятым в мероприятиях по приведению этого озера в безопасное состояние, коэффициент 2.145 к должностному окладу, в том числе за выслугу лет 1.3, районный коэффициент 1.5 и за безводность 1.1.

9. Комитету по чрезвычайным ситуациям и делам гражданской обороны при Правительстве Республики Таджикистан ежеквартально докладывать Правительству республики о ходе выполнения настоящего постановления.

Председатель Правительства
Республики Таджикистан

Э.Рахмонов

от 15 мая 1995 года № 338 г.Душанбе

ПРИЛОЖЕНИЕ
к постановлению Правительства
Республики Таджикистан

от 15 мая 1995 года № 338

ПЕРЕЧЕНЬ
мероприятий необходимых для
приведения Сарезского озера
в безопасное состояние

+-----+ N\N Наименование мероприятий Исполнитель +-----+	
1. Комплексное изучение оползневых процессов, всех природных ресурсов в районе Сарезского озера с привлечением Российского федерального центра геологических систем (согласно заключенного соглашения по изучению опасных геологических процессов на территории Таджикистана), с учетом ранее проведенных исследований и заключений экспертной комиссии.	Минприрода Таджикглав- геология
2. Организация пункта сейсмологических исследований в районе Усойского завала для регистрации состав-	Академия наук

- ляющих скального грунта, подстилающего рыхлые отложения завала, и регистрации сильных движений.
3. Уточнение значения исходного балла для участка, перекрытого отложениями Усойского завала. Институт геологии Академии наук
 4. Создание модели движения поверхности скального грунта, подстилающего отложения завала, при ожидаемых землетрясениях в 7,8 и 9 баллов на основании записей землетрясений. Академии наук
 5. Изучение разломной тектоники и выявление активных разрывных нарушений района завала. Академии наук
 6. Определение мест возможного возникновения остаточных деформаций грунтов при землетрясениях. Академии наук
 7. Расчет приточности от таяния льда и снега и влияния малых вод на объем стока в случае частичного разрушения плотины. Академии наук
 8. Прогнозный расчет движения прорывной волны при разрушении плотины. Академии наук
 9. Динамика прорывной волны и безопасность населенных пунктов при разрушении плотины. Академии наук
 10. Руслловые деформации по пути движения прорывной волны и воздействие на существующие гидротехнические сооружения. Академии наук
 11. Проведение инструментальных измерений (триангуляция, нивелирование) Усойского завала по существующим геодезическим реперам для определения горизонтальных и вертикальных движений завала. Таджикглав-геодезия
 12. Завершение проектирования и начала строительства автомобильных троп на участке перевала "Кокджар" и от кишлака Рухч до гребня Усойского завала. Минтрансдорхоз
Минприрода
 13. Восстановление и усовершенствование системы автоматической сигнализации "Усой" и связи гидрометеорологических станций "Ирхт", "Пшарт" и "Совнаб". Госкомитет по чрезвычайным ситуациям и Г.О.
 14. Организация постоянно действующего мониторинга за состоянием Сарезского озера. Оценка современного состояния и прогноз развития нестабильных экзогенных процессов района Сарезского озера на основе материалов космических съемок. Академия наук, Минводхоз
Минприроды, Таджикглав-геодезия, Таджикглав-геология

ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

"О СОЗДАНИИ ГРУППЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СНИЖЕНИЯ РИСКА ПРОРЫВА
САРЕЗСКОГО ОЗЕРА"

от 3 июля 2002 года

№ 278

г. Душанбе

В целях усовершенствования и повышения эффективности оперативного управления реализацией компонентов Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера и приведения его в соответствии с Соглашением по Кредиту Развития, целевого расходования средств, выделяемых для реализации Проекта странами-донорами, международными организациями, Всемирным Банком, а также принимая во внимание рекомендации Миссии Всемирного Банка от 19 февраля 2002 года, Правительство Республики Таджикистан постановляет:

1. Создать Группу реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера при Министерстве по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан и утвердить прилагаемое Положение о Группе реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера при Министерстве по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан.

2. Установить правопреемником Агентства по реализации Проекта по решению проблем Сарезского озера Группу реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера при Министерстве по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан.

3. Назначить директором Группы реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера заместителя Министра по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан Усмонова И.Д.

4. Установить, что финансирование средств кредита Всемирного Банка и долевого участия Правительства Республики Таджикистан осуществляется через Центральное казначейство Министерства финансов Республики Таджикистан.

5. Министерству финансов Республики Таджикистан предусмотреть в Государственном бюджете Республики Таджикистан на 2003 и в последующие годы расходы на финансирование вклада Правительства Республики Таджикистан в Проект снижения риска прорыва Сарезского озера в соответствии с Соглашением по Кредиту Развития между Правительством Республики Таджикистан и Международной Ассоциацией Развития.

6. Внести в постановление Правительства Республики Таджикистан от 27 ноября 1999 года №479 "Вопросы Министерства по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан" следующие изменения и дополнения:

в схеме управления Министерства по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан слова "Агентство по реализации Проекта по решению проблем Сарезского озера" заменить словами "Группа реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера";

схему управления дополнить пунктом следующего содержания "Управление по решению проблем Сарезского озера".

7. Установить, что финансирование Управления по решению проблем Сарезского озера будет осуществляться в пределах средств, выделяемых из Государственного бюджета для финансирования Министерства по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан, утвержденного на 2002 год.

8. Контроль за целевым использованием средств, выделяемых Правительством Республики Таджикистан и международными организациями, странами-донорами, возложить на Министерство по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан и Министерство финансов Республики Таджикистан.

9. Признать утратившим силу постановление Правительства Республики Таджикистан от 15 октября 1999 года №419 "О создании Агентства по реализации проекта по решению проблем Сарезского озера".

Председатель Правительства
Республики Таджикистан

Э.Рахмонов

Утверждено
Постановлением Правительства
Республики Таджикистан
от 3 июля 2002 г. № 278

ПОЛОЖЕНИЕ
О ГРУППЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СНИЖЕНИЯ РИСКА
ПРОРЫВА САРЕЗСКОГО ОЗЕРА ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ
СИТУАЦИЯМ И ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

1. Группа реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера (именуемое в дальнейшем "Группа") является организационной структурой при Министерстве по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан, осуществляющей координацию мероприятий компонентов Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера, управление средствами, выделенными донорами на организацию мониторинга и раннего оповещения и направляет свои усилия на поддержку стратегии Правительства по снижению риска прорыва Сарезского озера, на основе подбора высококвалифицированных кадров, закупки товаров и услуг, связи с международными организациями, создания информационной системы базы данных, сбора сведений о результатах прошлых исследований, оказание технической помощи организациям вовлеченных в реализацию компонентов А (системы наблюдения и раннего оповещения), В (социальный компонент) и С (изучение путей решения проблемы и долгосрочной перспективе).

2. "Группа" осуществляет свою деятельность в соответствии с действующим законодательством Республики Таджикистан, международными правовыми актами, признанными Таджикистаном, и настоящим Положением.

3. "Группа" является юридическим лицом в соответствии с действующим законодательством, обладает имуществом, самостоятельным балансом, имеет печать, штампы и бланки со своим наименованием на таджикском и русском языках.

4. Основной целью деятельности "Группы" является координация реализации компонентов А, В и С Проекта и на основе их выполнения снижения риска проживания населения в долинах рек Бартанг-Пяндж.

5. В соответствии с возложенными на него задачами "Группа" осуществляет:

- совместно с отборочным комитетом подбор кандидатур на должность специалистов по закупкам и финансовым вопросам, местного технического эксперта Проекта и переводчика;
- обеспечение иностранных консультантов Проекта отчетами, картами, изданной литературой и другими материалами о результатах прошлых исследований проблем Сарезского озера;
- текущее управление Проектом снижения риска прорыва Сарезского озера, мониторинг, координация технических аспектов реализации проекта, решение административных вопросов;
- обеспечение получения въездных виз для иностранных консультантов, принимающих участие в реализации компонентов Проекта;
- оформление необходимых документов для обеспечения и бесперебойного финансирования работ по Проекту;
- создание информационной системы базы данных "Сарез", хранение всей имеющейся информации по Сарезскому озеру, пополнение базы данных информацией, полученной при помощи системы мониторинга, установленных в рамках реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера;

- составление экспертных заключений по техническим отчетам различных компонентов Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера;
- управление финансовыми ресурсами, обеспечение соответствия всех операций по закупке оборудования, материалов, осуществленных в ходе реализации Проекта;
- подготовку рекламных объявлений и документов для проведения конкурсных торгов, утверждения и подписания контрактов, ведение своевременного и точного учета всех осуществляемых закупок;
- обеспечение должного ведения бухгалтерского учета и аудита поступлений и расходов денежных средств по вкладу Правительства и средств, поступающих от стран-доноров, отвечающих международным бухгалтерским нормам;
- своевременную подготовку и представления во Всемирный Банк отчетов о ходе реализации Проекта, отчеты о перечислении средств и закупках, о результатах аудиторской проверки;
- координацию действий управления "Усой", управления мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций, защите населения и территорий Министерства по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан, управления по решению проблем Сарезского озера, Главного геологического управления при Правительстве Республики Таджикистан ("Таджикглавгеология"), Главного управления по гидрометеорологии и наблюдению за загрязнением окружающей среды ("ГлавТаджикгидромет") и других организаций по проведению научно-исследовательских работ, установки и эксплуатации системы мониторинга и раннего оповещения.

6. "Группа" имеет право:

- осуществляет владение, пользование и распоряжение закрепленным за ним оргтехникой, автотранспортом, фондовой литературой и другим имуществом в установленном законом порядке;
- заключать договора (контракты) с физическими лицами, приобретать приборы, оборудование для системы мониторинга и раннего оповещения, приобретать мебель для рабочих кабинетов, компьютерной техники для осуществления услуг по Проекту, быть истцом и ответчиком в суде;
- самостоятельно организовать текущую и перспективную деятельность;
- обеспечивать финансирование компонентов Проекта, обеспечить сейсмологический, деформационный и гидрометеорологический мониторинг в районе Сарезского озера, контролировать ход выполнения компонентов Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера;
- по согласованию с Международной Ассоциацией Развития определять штатную структуру, устанавливать размеры оплаты труда работников "Группы";
- проведение республиканских и международных семинаров, симпозиумов и конференций, касающихся Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера;
- издание брошюр, статей, материалов семинаров, симпозиумов и конференций по Проекту;
- приглашать ученых и специалистов различных направлений для изучения проблемы Сарезского озера из-за рубежа;
- вести агитационно-разъяснительную работу по решению проблемы Сарезского озера;
- совершать иные действия, не противоречащие целям "Группы" и действующему законодательству Республики Таджикистан.

7. "Группа" имеет рабочие кабинеты, оборудования, инвентарь и другое имущество, необходимое для обеспечения её деятельности.

8. Средства "Группы" образуются за счет:

- кредитов Международной Ассоциации Развития, а также вклада Правительства Республики Таджикистан;

- финансовые и материальные вклады стран-доноров, международных организаций и юридических лиц;

- другие источники, не запрещенные действующим законодательством Республики Таджикистан.

9. "Группу" возглавляет Директор, назначаемый на должность и освобождаемый от занимаемой должности Правительством Республики Таджикистан по представлению Министерства по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне Республики Таджикистан.

10. Директор "Группы" несёт персональную ответственность за выполнение возложенных на "Группу" задач и обязательств, определяет степень ответственности каждого работника "Группы":

- в пределах своей компетенции издает приказы, определяет задачи каждого работника "Группы", утверждает ежемесячные планы и отчёты исполнителей;

- совместно с отборочной комиссией осуществляет конкурсный отбор консультантов для "Группы", заключает с ними трудовые контракты;

- в соответствии с Планом реализации Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера определяет техническое задание консультантам "Группы";

- контролирует финансовые и закупочные операции компонентов Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера;

- отвечает за хранение имущества, принадлежащее "Группе";

- осуществляет общее руководство всей деятельности "Группы";

- координирует деятельность подразделений задействованных в реализации компонентов Проекта снижения риска прорыва Сарезского озера;

- представляет интересы "Группы" во всех организациях, учреждениях Республики Таджикистан и в международных организациях.

11. Бухгалтерский учёт и отчётность "Группы" ведётся в соответствии с требованиями Всемирного Банка и действующего законодательства Республики Таджикистан.

Итоги деятельности "Группы" отражаются в квартальных и годовых отчётах, представляемых Всемирному Банку, Правительству Республики Таджикистан и Министерству Финансов Республики Таджикистан.

Финансовый аудит "Группы" осуществляется независимыми аудиторами.

ДЛЯ ЗАМЕТОК:

1. _____
—
2. _____
—
3. _____
—
4. _____
—
5. _____
—
6. _____
—
7. _____
—
8. _____
—
9. _____
—
10. _____
—