



## Завальные плотины и катастрофические прорывные паводки в долинах рек Памира

А.Л. Стром

ООО «Центр геодинамических исследований», Москва, Россия,  
strom.alexandr@yandex.ru

**Аннотация.** Крупные скальные оползни и каменные лавины широко развиты в глубоких долинах Памирских рек. Многие из этих оползней образовывали завальные плотины, большинство из которых было затем прорвано и промыто на значительную глубину. Следы колоссальных доисторических прорывных паводков могут быть установлены по характерным сочетаниям геологических и геоморфологических признаков. Таковыми являются: 1) обширные площади развития селевых отложений ниже по течению от прорванных завальных плотин, что наблюдается, в частности, в верховьях бассейна р. Кокча в Афганском Бадахшане; 2) выпуклые поперечные профили конусов выноса крупных рек на выходе из горных хребтов. Такие профили характерны для сравнительно небольших конусов выноса, образованных селевыми потоками, но являются аномальными для больших рек с постоянным водотоком. Наиболее яркий пример – река Пяндж на выходе из Даравазского хребта; 3) аномально крутые продольные профили речных долин на участках между двумя прорванными завальными плотинами, верхняя из которых создавала подпрудное озеро, а ее основание было защищено от размыва материалом, вынесенным из тела плотины и отложенном на участке между двумя завалами. Такие продольные профили описаны в долинах рек Пяндж и Гунт. Изучение подобных явлений помогает оценить, что может произойти при прорыве существующих подпрудных озер или озер, которые могут образоваться в будущем.

**Ключевые слова:** скальный оползень, завальная плотина, подпрудное озеро, прорывной паводок, конус выноса, продольный профиль, сель, наносоводный паводок

**Ссылка для цитирования:** Стром А.Л. Завальные плотины и катастрофические прорывные паводки в долинах рек Памира. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 111–121.

## Rockslide dams and catastrophic outburst floods in the river valleys of the Pamir mountains

A.L. Strom

“Geodynamics Research Center“ LLC, Moscow, Russia, strom.alexandr@yandex.ru

**Abstract.** Deep river valleys in Pamir are rich of large-scale rockslides and rock avalanches. Many of them form natural blockages though most of such natural dams have been breached and deeply eroded. Evidence of the outstanding prehistoric outburst floods can be revealed based on several sets of the geomorphic and geological data: 1) vast area covered by debris flow deposits downstream from the breached landslide dams, such as in the upper reaches of the Kokcha River basin in Afghan Badakhshan; 2) convex profiles of the alluvial fans of large rivers where they leave mountain ranges. Such profiles are typical of relatively small fans formed by debris flows, but are abnormal of large rivers with permanent flow. The most impressive one is that of the Pyanj River where it comes out from the Darvaz Range; 3) the anomalously steep longitudinal profiles of river valleys at their sections between two breached natural dams. The upstream one had formed large lake and its lower part had been protected from incision by the material eroded from this

dam and stored in the trap between two dams. Such phenomena were found in the Pyanj and Gunt River valleys. Study of these events helps to estimate what could happen after breach of the existing or future rockslide dammed lakes.

**Key words:** *rockslide, landslide dam, dammed lake, outburst flood, alluvial fan, longitudinal profile, debris flow, debris flood*

**Cite this article:** Strom A.L. Rockslide dams and catastrophic outburst floods in the river valleys of the Pamir mountains. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhiyeva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 111–121.

## Введение

Памир – одна из наиболее высоких горных систем в Азии. Протекающие здесь реки выработали глубокие долины с крутыми склонами, что создало предпосылки для формирования многочисленных крупных скальных оползней. Многие из них перегораживали речные долины, создавая подпрудные озера, некоторые из которых существуют вплоть до настоящего времени. Крупнейшие из них – Сарезское, Яшилкуль, Шива, содержат кубические километры воды и их гипотетически возможный прорыв чреват чрезвычайно тяжелыми последствиями. Большинство же завальных плотин, выявленных на Памире, в том числе на крупных реках, было прорвано и промыто на значительную глубину, причем в ряде случаев удалось найти признаки, указывающие на то, что эти прорывы имели катастрофический характер (рис. 1). Изучение следов таких доисторических катастроф дает дополнительную информацию о том, что может произойти в случае прорыва какого-либо из существующих подпрудных озер или озер, которые могут образоваться при обрушении потенциально неустойчивых склонов в будущем.

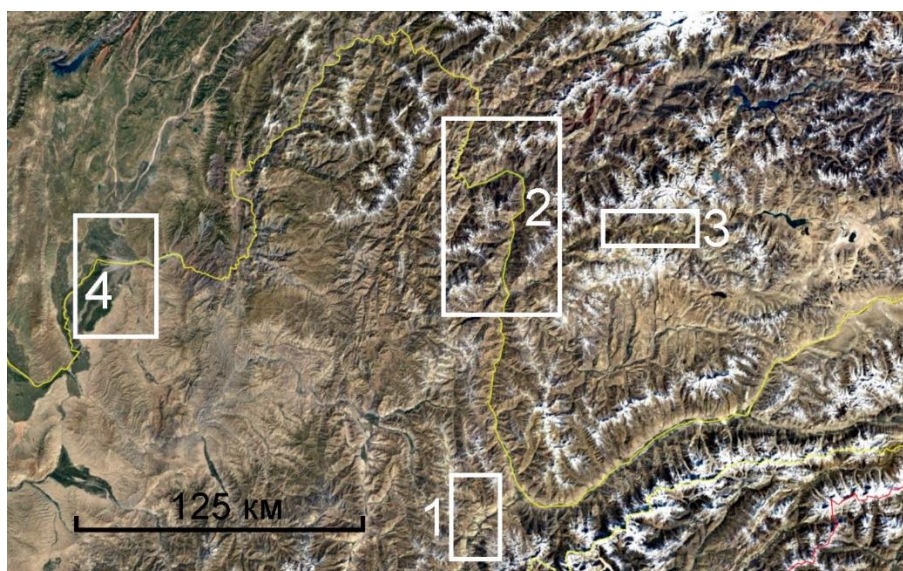


Рис. 1. Положение участков на Памире, где обнаружены признаки, указывающие на то, что в прошлом здесь происходили катастрофические прорывные паводки. 1 – в верховьях бассейна р. Кокча (Афганский Бадахшан); 2 – в средней части долины р. Пяндж; 3 – в средней части долины р. Гунт; 4 – на выходе р. Пяндж из Дарвазского хребта

Fig. 1. Position of sites in Pamir with evidence of the past catastrophic outburst floods. 1 – in the upper reaches of the Kokcha River basin (Afghan Badakhshan); 2 – in the middle reaches of the Pyanj River valley; 3 – in the middle reaches of the Gunt River valley; 4 – where the Pyanj River leaves the Darvaz Range

В предлагаемой статье рассмотрено несколько примеров, когда анализ геолого-геоморфологических особенностей участков речных долин на Памире позволил выявить следы катастрофических прорывных паводков. Детальное изучение некоторых из участков, обозначенных на рис. 1, позволило также сделать вывод об одновременности образования нескольких завальных плотин, что является дополнительным аргументом в пользу предположения об обрушении высоких скальных склонов при сильных доисторических землетрясениях.

### Доисторические прорывные паводки

Первый участок, где следы ранее произошедших прорывных паводков наиболее очевидны и однозначны, располагается в Афганском Бадахшане, в верхней части бассейна р. Кокча (1 на рис. 1), у слияния рек Дакханзар и Шульвадар [*Strom, Abdrakhmatov, 2018*]. На космическом снимке (рис. 2) хорошо видны следы мощных селевых потоков, произошедших, по-видимому, сравнительно недавно, поскольку их поверхность практически полностью лишена растительности. Потоки отличались большой мощностью, так как их отложения заполнили дно долины на протяжении около 7 км на всю его ширину, превышающую, местами, 1 км, и даже подпрудили небольшую долину притока, отмеченную на рис. 2 как 'P'. При общей площади этих отложений примерно 5.5 км<sup>2</sup>, объем вынесенного материала составлял несколько десятков миллионов кубометров, что намного превосходит объем отложений большинства селевых потоков, вызванных атмосферными осадками и, даже, прорывом ледниковых озер. Все это позволяет достаточно обоснованно предполагать, что эти селевые потоки, зародившиеся в двух смежных долинах, каждая из которых была перекрыта несколькими крупными, ныне прорванными, завальными плотинами, произошли именно при прорыве озер, образованных этими плотинами (рис. 3).

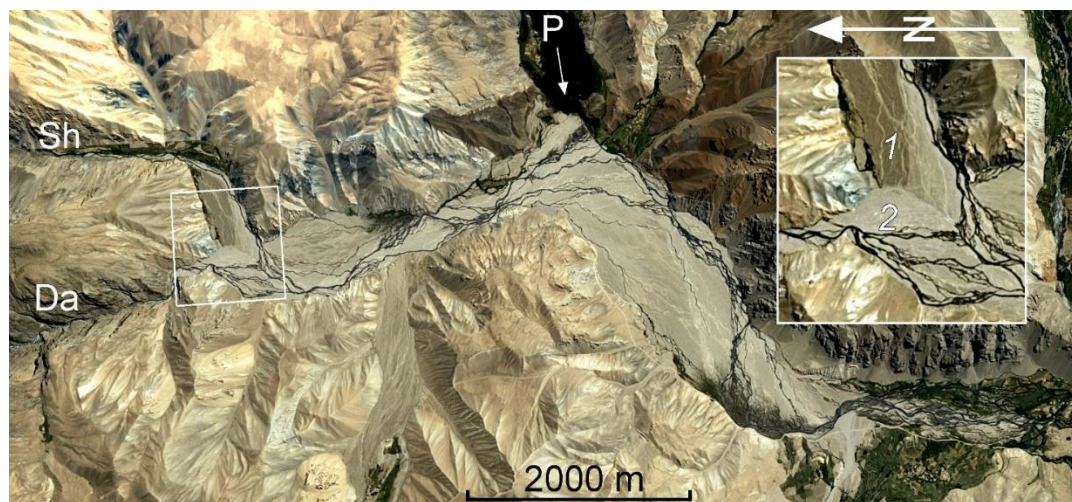


Рис. 2. Космический снимок (Google Earth) долины ниже слияния рек Дакханзар (Da) и Шульвадар (Sh). P – подпруженная долина, идущая с перевала между бассейнами рек Пяндж и Кокча. На увеличенном фрагменте видны взаимоотношения между селевыми потоками, вышедшими из долины р. Шульвадар (1) и Дакханзар (2). Из работы [*Strom, Abdrakhmatov, 2018*] с разрешения издательства Elsevier

Fig. 2. Google Earth image of the valley downstream from the confluence of the Dakhanzar (Da) and the Shulvadar (Sh) Rivers. P – dammed river flowing from the pass between the Pyanj and Kokcha River basins. Zoomed image of the outlined area shown in the inset demonstrates temporal relationships between outburst floods from the Shulvadar River (1) and the Dakhanzar River (2). After [*Strom, Abdrakhmatov, 2018*] with permission from Elsevier

Сель, вышедший из реки Шульвадар, произошел несколько раньше (см. врезку на рис. 2). Тем не менее, можно предполагать, что завальные плотины, при прорыве

которых могли произойти эти селевые потоки, могли образоваться одновременно, скорее всего при сильном землетрясении. Крупнейшая завальная плотина в долине р. Дакханзар (36.726° с.ш., 71.389° в.д.) объемом около 180 миллионов м<sup>3</sup>, в несколько раз превосходила крупнейшую плотину в долине р. Шульвадар (36.705° с.ш., 71.422° в.д.), объем которой составлял примерно 50 миллионов м<sup>3</sup>. К тому же она была выше (~200 м против ~150 м). Учитывая, что размеры водосборных бассейнов обеих рек примерно одинаковы, подпрудное озеро в долине р. Дакханзар могло просуществовать несколько дольше, чем озеро в долине р. Шульвадар, прорванное первым.

Безусловно, для однозначного доказательства одновременности образования завальных плотин в этих долинах необходимо датировать их; тем не менее, высказанное предположение логично и не противоречит наблюдаемым фактам.

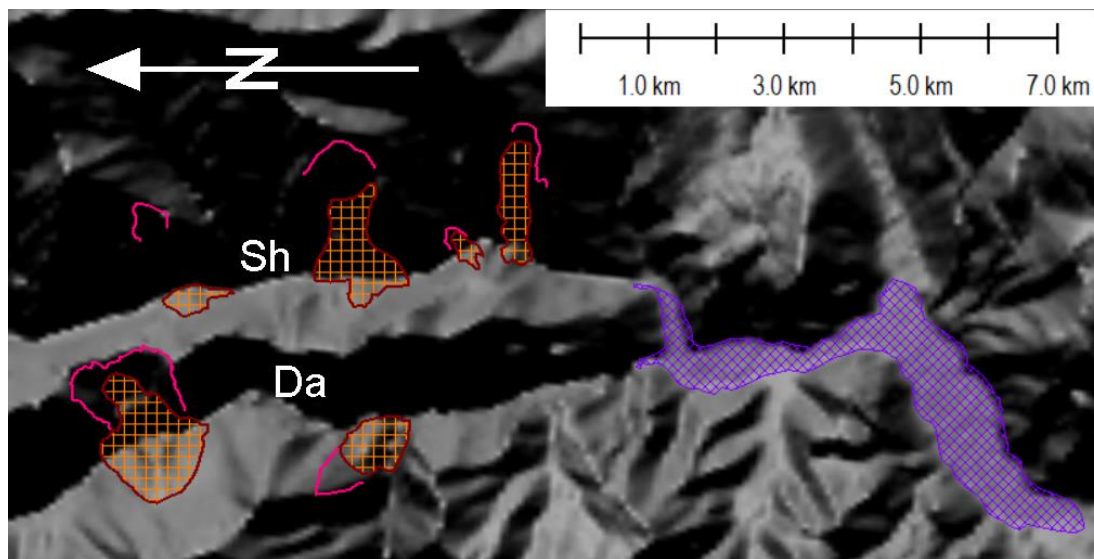


Рис. 3. Скальные оползни, перекрывавшие долины рек Дакханзар (Da) и Шульвадар (Sh) выше по течению от участка, покрытого селевыми отложениями (лиловая штриховка)

Fig. 3. River-damming rockslides in the Dakhanzar (Da) and the Shulvadar (Sh) River valleys upstream from floodplain covered by the outburst flood deposits (violet cross-hatched area)

Следы крупнейшего не только на Памире, но и во всем Центрально-Азиатском регионе прорывного паводка были обнаружены в среднем и нижнем течении р. Пяндж (участки 2 и 4 на рис. 1) [Strom, Abdrakhmatov, 2018]. Он произошел при последовательном прорыве двух гигантских завальных плотин, перекрывавших долину р. Пяндж в 31 и 43 км ниже по течению от устья р. Бартанг, у селений Шидз (37.93° с.ш., 71.31° в.д.) и Вознавд (37.97° с.ш., 71.27° в.д.). Оползневые цирки располагались на правом, Таджикском, борту долины, а остатки оползневых тел сохранились также на левом – Афганском борту. Обрушения произошли на склонах высотой 1400-1500 м, сложенных гранитами и мигматитами, и полностью перекрывали долину.

Шидский оползень объемом примерно 700 миллионов м<sup>3</sup> (учитывая нижнюю часть его тела, ныне погребенную под отложениями долины Пянджа) образовал плотину высотой не менее 450 м. Ее часть, сохранившаяся от размыва, образует ныне слегка выпуклую террасовидную поверхность высотой 300-400 м над уровнем реки, лежащую у подножия колоссального цирка шириной около 2 км и глубиной (в склон) до 800 м с очень крутой (~50°) тыловой стенкой отрыва высотой до 1 км (рис. 4). Сохранившаяся фронтальная часть оползневого тела видна на Афганской стороне долины на отметках 2090-2250 м над уровнем моря (нижняя врезка на этом рисунке).

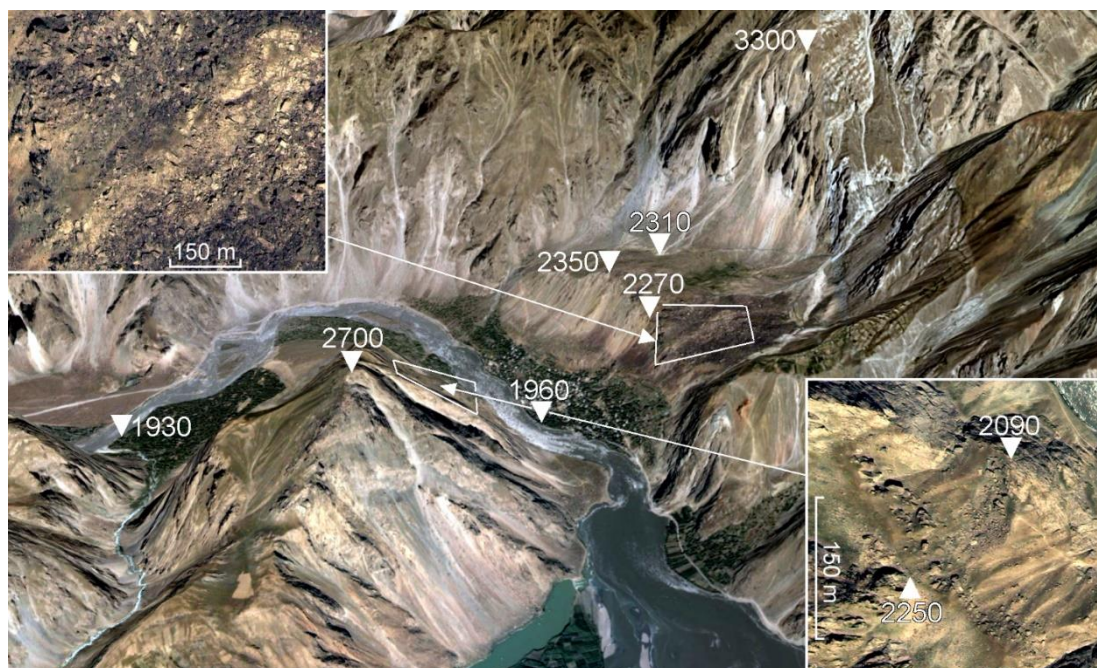


Рис. 4. Космический снимок оползня Шидз. На врезках показаны глыбовые развалы на сохранившейся от размыва поверхности завальной плотины. Из работы [Strom, Abdrakhmatov, 2018] с разрешения издательства Elsevier

Fig. 4. Google Earth view of the Shidz rockslide. Coarse angular boulders forming rockslide carapace at the remaining parts of the blockage surface are shown in the insets. After [Strom, Abdrakhmatov, 2018] with permission from Elsevier

Оползень все еще частично подпруживает долину р. Пяндж и, судя по продольному профилю реки (рис. 5), нижняя часть его тела мощностью до 150 м не была размыва и ныне погребена под озерными отложениями с верховой стороны (толща 'А' на рис. 5) и под отложениями, вынесенными из тела завальной плотины при его прорыве с низовой стороны (толща 'В' на рис. 5). Последние предотвратили дальнейший размыв тела завала.

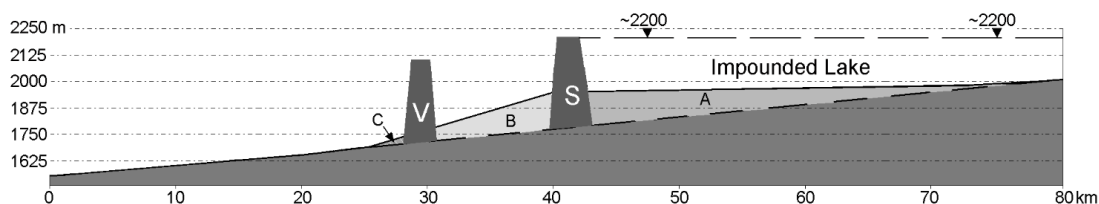


Рис. 5. Продольный профиль по долине р. Пяндж на участке между устьями рек Бартаг и Язгулем. А – отложения, накопившиеся в подпрудном озере выше Шидского завала (S); В – отложения, вынесенные из тела завальной плотины; С – отложения, накопившиеся ниже Вознавдской завальной плотины (V). Из работы [Strom, Abdrakhmatov, 2018] с разрешения издательства Elsevier

Fig. 5. Thalweg profile of the Pyanj River between the Bartang and Yazgulem River mouths. A – sediments accumulated in the dammed lake formed by Shidz rockslide dam (S); B – deposits eroded from the Shidz blockage; C: deposits accumulated downstream of the Voznavd rockslide dam (V). After [Strom, Abdrakhmatov, 2018] with permission from Elsevier

В отличие от Сарезского озера, которое сохранилось благодаря удачному сочетанию сравнительно небольшого среднегодового расхода р. Мургаб (примерно 50 м<sup>3</sup>/сек), берущей начало на засушливом высокогорном плато Восточного Памира, и колоссального размера верхней, наиболее водопроницаемой части завальной плотины, благодаря чему существует примерный баланс между притоком в озеро и

фильтрационным расходом через плотину [Ischuk, 2011], Шидский завал перекрывал намного более водообильный Пяндж со среднегодовым расходом порядка 800 м<sup>3</sup>/сек [Государственный водный кадастр, 1990]. Такой приток не мог быть скомпенсирован фильтрацией, что привело к достаточно быстрому заполнению озера и к переливу через плотину. Принимая, что низшая точка гребня завала находилась на отметках где-то около 2200 м, завальное озеро должно было иметь протяженность более 100 км в долине Пянджа (т.е. до Хорога и, возможно, даже выше) и более 40 км по долине Бартанга (рис. 6), а его объем мог достигать 31 км<sup>3</sup>. Учитывая среднегодовой расход Пянджа, заполнение озера водой до уровня гребня завальной плотины могло произойти примерно за 2 года, считая, что часть притока фильтровалась через плотину.

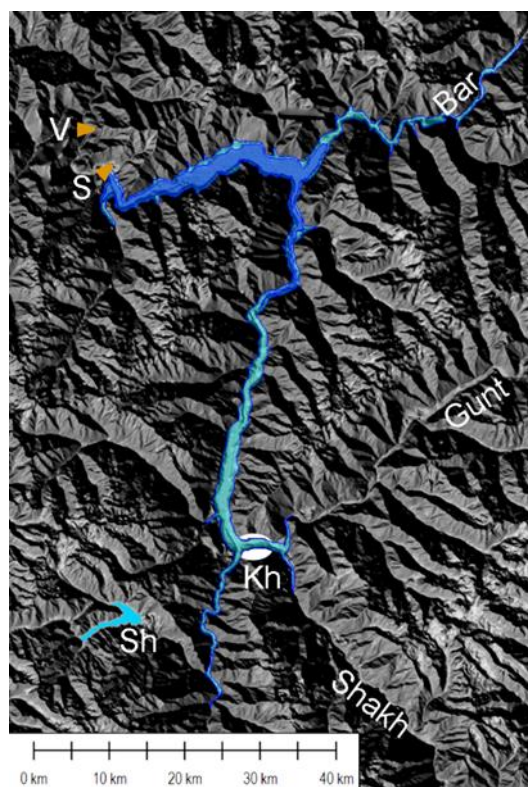


Рис. 6. Схематическая карта озера, образованного Шидским завалом (S). V – Вознаджская завальная плотина; Bar – река Бартанг; Gunt – река Гунт; Shakh – река Шахдара; Sh – озеро Шива, Kh – the Khorog town. Темно-синяя заливка – заиленная часть озера; голубая заливка – предполагаемое озеро при отметке его уровня 2200 м. Background: shaded SRTM DEM visualized by the Global Mapper software. Из работы [Strom, Abdrakhmatov, 2018] с разрешения издательства Elsevier

Fig. 6. The schematic map of the lake dammed by the Shidz rockslide (S). V – the Voznadj rockslide dam; Bar – the Bartang River; Gunt – the Gunt River; Shakh – the Shakhdara River; Sh – the Shiva Lake; Kh – the Khorog town. Dark blue: silted part of the lake; light blue: the assumed lake at 2200 m a.s.l. Background: shaded SRTM DEM visualized by the Global Mapper software. After [Strom, Abdrakhmatov, 2018] with permission from Elsevier

Как отмечено выше, нижняя часть озерной ванны была заиlena и сегодня дно долины Пянджа на протяжении около 43 км, вплоть до устья р. Баджувдара, а также дно долины Бартанга на протяжении около 10 км представляют собой выровненную поверхность, сложенную озерными отложениями, где меандрируют эти горные реки. Общий объем отложений, накопившихся в озере, максимальная мощность которых непосредственно выше завала достигает 150 м, оценивается в 2.5–3.0 км<sup>3</sup>. Однако, при среднегодовом твердом стоке Пянджа порядка 5–10×10<sup>6</sup> м<sup>3</sup> (к сожалению, непосредственные измерения этой величины по пограничной реке отсутствуют

[Государственный Водный Кадастр, 1990]), накопление такого объема осадков должно было занять примерно 300-600 лет. Возникает вопрос, как нижняя часть оползневой плотины, сложенная сильно раздробленным материалом, могла сопротивляться размыву при переливе столь длительное время? С большой вероятностью это произошло благодаря тому, что в 12 км ниже по течению долина р. Пяндж была перекрыта еще одной завальной плотиной, образованной Вознавдским оползнем объемом около 250 миллионов м<sup>3</sup> и эффективной высотой, по-видимому, около 300 м (рис. 6, 7), образовавшимся, скорее всего, одновременно с Шидским.



Рис. 7. Перспективное изображение Вознавдского оползня на космическом снимке из Google Earth. На врезке видны глыбы на поверхности оползневого тела на Афганской стороне долины р. Пяндж. Из работы [Strom, Abdrakhmatov, 2018] с разрешения издательства Elsevier

Fig. 7. 3D Google Earth view of the Voznavd rockslide. Bouldery carapace of the distal part of rockslide body is shown in the inset. After [Strom, Abdrakhmatov, 2018] with permission from Elsevier

Оползень Вознавд произошел на правом борту долины р. Пяндж высотой более 1500 м, и его тыловая стенка отрыва высотой около 1000 м имеет уклон до 56°, т.е. круче, чем у Шидского оползня. В отличие от Шидского оползня, поверхность тела которого, видимо, постепенно понижалась к левому борту долины, Вознавдский оползень двигался, как типичная первичная лавина в условиях фронтального ограничения [Strom, 2010; Strom, Abdrakhmatov, 2018] и его фронтальная часть сохранилась на левом, Афганском борту долины в 450 м над уровнем реки (рис. 7). Благодаря такому продольному профилю оползневого тела, образованная им плотина была прорвана и размыва у подножия цирка. Поскольку на левом борту оползневое тело вошло в некоторое понижение, последнее сыграло роль ловушки, препятствовавшей существенному расширению оползневого тела вверх и вниз по долине [Strom, 2010].

При прорыве верхнего (Шидского) завала из его тела было вынесено порядка 200-250 миллионов м<sup>3</sup> обломочного материала, который, несмотря на очевидную колоссальную мощность прорвавшегося водного потока, не мог транспортироваться свободно, пока не была прорвана и промыта нижняя (Вознавдская) плотина. Этот материал отложился на дне долины на участке между завальными плотинами, образовав своего рода осадочный "клин" (толща В на рис. 5) который и сыграл роль контрфорса, предотвратившего полный размыв Шидской завальной плотины после прорыва Вознавдского завала. Именно благодаря этому заилиение сохранившейся части Шидского

озера могло продолжаться в течение столь длительного времени. Это объясняет противоречие между значительным объемом накопившихся озерных осадков и предполагаемым коротким временем существования подпрудного озера до его прорыва.

После прорыва Вознавдской завальной плотины, ничто не препятствовало транспортировке материала, выносимого из тел уже обеих плотин вниз по долине Пянджа, и на продольном профиле мы видим лишь незначительный осадочный "клин" ниже по течению от Вознавдского оползня (толща С на рис. 5).

Действительные временные соотношения между Шидским и Вознавдским оползнями неизвестны, однако с большой долей вероятности можно утверждать, что они образовались одновременно, скорее всего при сильном землетрясении. Такое предположение основывается на анализе продольного профиля р. Пяндж на этом участке, показанного на рис. 5.

Если бы Вознавдский оползень образовался до Шидского завала или уже после его прорыва, долина выше него скорее всего была бы частично заилена по аналогии с долиной выше Шидского оползня и, соответственно, дно долины Пянджа на этом участке должно было бы быть почти горизонтальным, чего не наблюдается.

Аналогичная ситуация имела место в долине Гунта (участок 3 на рис. 1), которая была перегорожена на протяжении 20 км трижды – более древними Зуворской и Вир-Тангивской завальными плотинами и более молодым Чартымским завалом (см. рис. 8). Уклон русла р. Гунт между прорванными Зуворской и Вир-Тангивской завальными плотинами (~15 м/км) существенно круче, чем в целом в долине Гунта (~8 м/км), а выше Вир-Тангивского оползня уклон крайне незначителен (всего около 2.2 м/км) (рис. 9). Чартымский завал высотой около 60 м сохранился практически в неизменном виде, а созданное им озеро полностью заилено. Озеро, созданное Вир-Тангивским оползнем (каменной лавиной), по-видимому, достигало уровня примерно 3160 м, так как выше по течению на правом борту долины в делювиально-коллювиальных отложениях на этом уровне на протяжении примерно 3 км сохранились следы размыва (см. рис. 8). Объем такого подпрудного озера составлял примерно 5.6 км<sup>3</sup>.

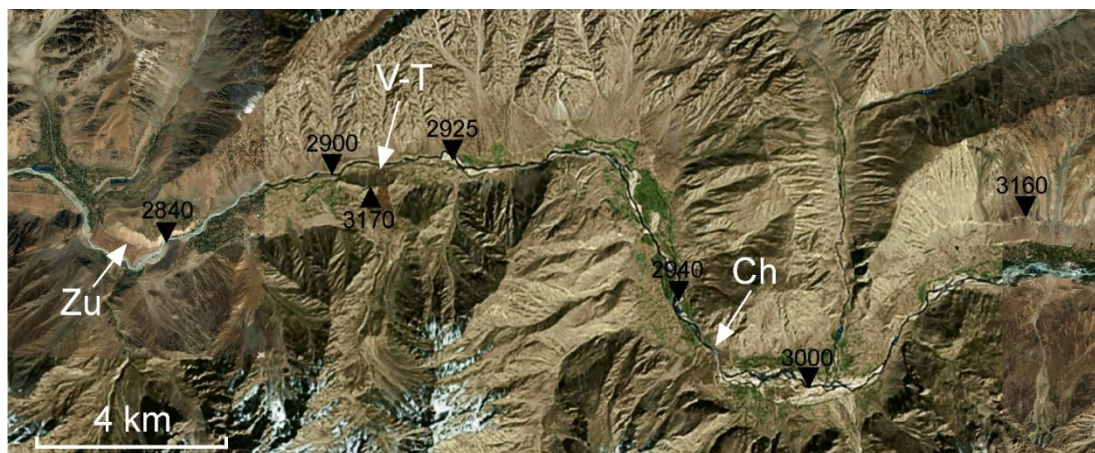


Рис. 8. Космический снимок участка долины р. Гунт в его среднем течении. Zu – Зуворский завал; V-T – Вир-Тангивский завал; Ch – Чартымский завал; 3160 – уровень, на котором наблюдаются предполагаемые следы береговой эрозии

Fig. 8. Space image of the middle reaches of the Gunt River valley. Zu – the Zuvor blockage; V-T – the Vir-Tangiv blockage; Ch – the Chartym blockage; 3160 – level at which assumed traces of the bank erosion are observed



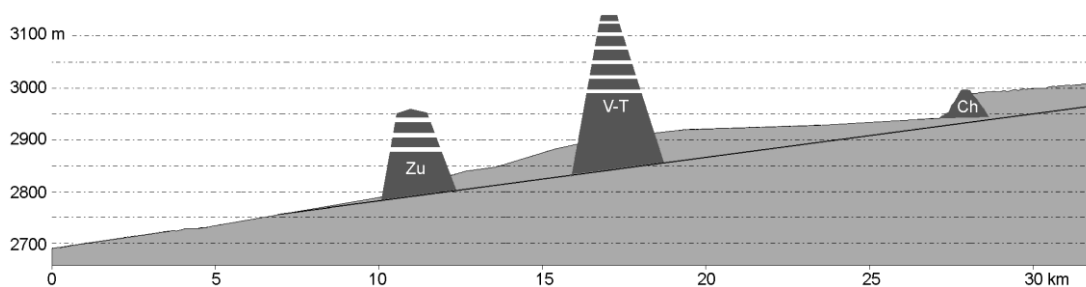


Рис. 9. Продольный профиль долины р. Гунт на участке, где она перекрывалась Зуворским (Zu), Вир-Тангивским (V-T) и Чартымским (Ch) завалами. Штриховкой обозначены предполагаемые верхние части завальных плотин. Сплошная черная линия – предполагаемое "дооползневое" дно долины. Из работы [Strom, Abdrakhmatov, 2018] с разрешения издательства Elsevier

Fig. 9. Longitudinal profile of the Gunt River valley where it had been blocked by the Zuvor (Zu), Vir-Tangiv (V-T) and Chartym (Ch) rockslide dams. Hatched parts of the dams – their assumed upper parts. Bold black line – assumed "pre-slide" bottom of the valley. After [Strom, Abdrakhmatov, 2018] with permission from Elsevier

Можно предположить, что, как и в случае двойного перекрытия реки Пяндж, древние завалы в среднем течении Грунта, скорее всего образовались одновременно. Учитывая, что долину Гунта на этом участке пересекает юго-западная часть активного Патхур-Немосского разлома [Strom, Abdrakhmatov, 2018], одновременное обрушение высоких скальных склонов с большой вероятностью произошло при сильном землетрясении. Поскольку на этом участке есть как более древние, так и более молодые оползни в скальных массивах, определив их возраст можно будет оценивать повторяемость сильных землетрясений на этом участке. Эти данные необходимо также сопоставлять с возрастными подвижками по активному разлому.

Прорыв столь крупных подпрудных озер должен был сформировать колоссальные прорывные паводки. При прорыве намного меньшего по объему завального озера Байраман в Папуа Новой Гвинее объемом около 50 миллионов м<sup>3</sup> в 1985 г. очевидцами непосредственно ниже прорываемой плотины наблюдался селевой вал высотой около 100 м [King et al., 1989]. Пиковый расход при прорыве Игонского завала в Тибете в 2000 г., создавшего озеро объемом около 2 км<sup>3</sup>, измеренный в нескольких километрах ниже по течению, составил 120 000 м<sup>3</sup>/с [Shang et al., 2003; Evans, Delaney, 2011].

Еще более значительный пиковый расход, по-видимому, имел место при доисторическом прорыве на р. Сарыджаз, где она выходит на территорию Китая. По самым грубым оценкам пиковый расход при прорыве озера объемом около 2.5 км<sup>3</sup>, образованного завальной плотиной высотой 300-350 м, составлял порядка 400000 м<sup>3</sup>/с [Strom, Abdrakhmatov, 2018], а по расчетам, выполненным проф. Стивеном Вардом (устное сообщение), мог достигать 1 миллиона м<sup>3</sup>/с.

Учитывая, что в обоих рассмотренных в этой статье случаях объем накопленной воды существенно превышал вышеприведенные примеры, прорывные паводки могли иметь еще более впечатляющие характеристики и должны были оставить какие-то следы ниже по течению. По мнению автора, такие следы удалось обнаружить в низовьях р. Пяндж, у пос. Московский, где река выходит из узкого ущелья, прорезанного в Дарвазском хребте, на предгорную равнину (участок 4 на рис. 1), образуя колоссальный конус выноса (рис. 10), поверхность которого, как отчетливо видно на профиле А-В (рис. 11) имеет выпуклое поперечное сечение. Осевая часть конуса, где, собственно, и протекает река, находится примерно в 20 метрах выше его краевых частей. Уже примерно в 25 км ниже по течению поперечное сечение долины становится совершенно иным – с плоским, достаточно ровным дном, занятым поймой и комплексом низких террас, что характерно для долин крупных Центрально-Азиатских рек, выходящих на равнинные участки. Описанный же выше выпуклый профиль характерен для конусов выноса, сформированных селевыми потоками, а не рекой с постоянным водотоком и среднегодовым расходом 845 м<sup>3</sup>/с [Государственный водный кадастр, 1990].

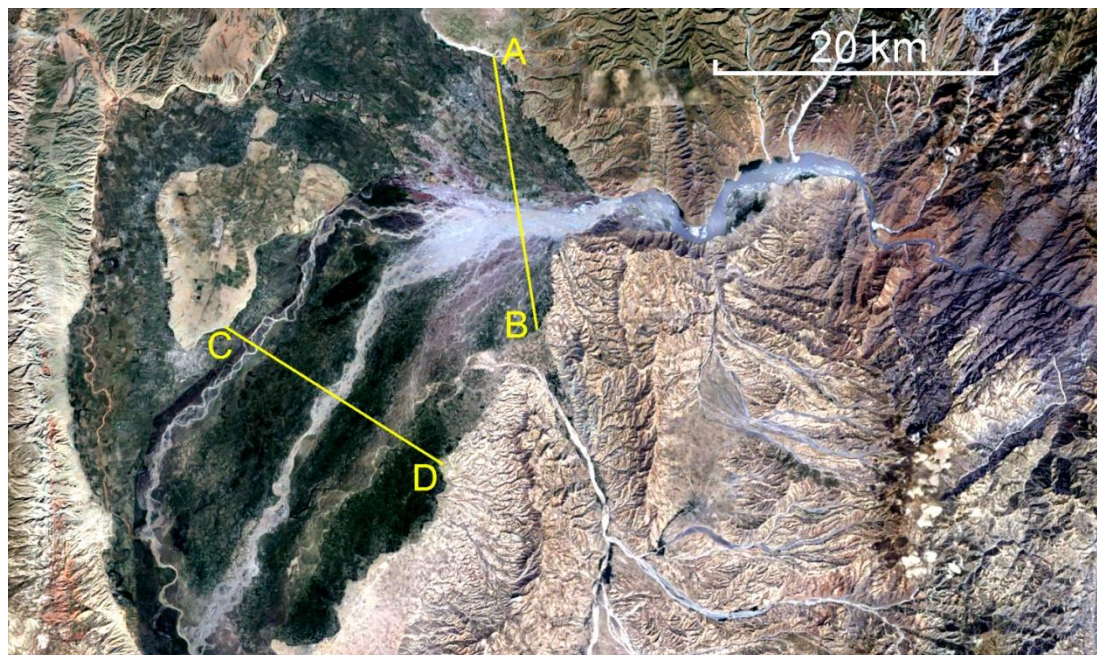


Рис. 10. Космический снимок долины р. Пяндж ниже ущелья, где он пересекает Дарвазский хребет. Линии А-В и С-Д – профили, показанные на рис. 11. Из работы [Strom, Abdrakhmatov, 2018] с разрешения издательства Elsevier, с изменениями

Fig. 10. Google Earth space image of the Pyanj River valley downstream from the gorge where it crosses the Darvaz Range. Lines A-B and C-D mark position of the profiles shown on Fig. 11. Modified after [Strom, Abdrakhmatov, 2018] with permission from Elsevier

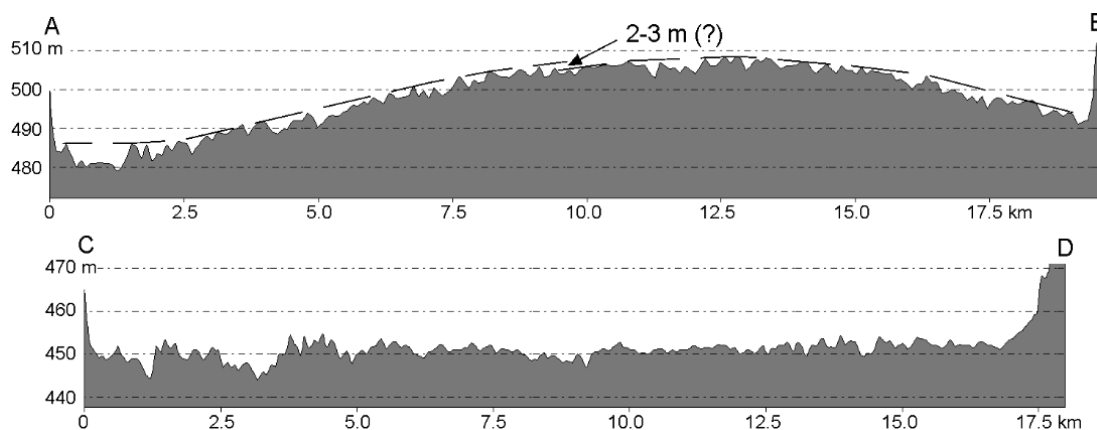


Рис. 11. Топографические профили (в искаженном масштабе) головной части конуса выноса р. Пяндж (А-В) и его долины примерно в 25 км ниже по течению (С-Д). Положение профилей показано на рис. 10. Из работы (Strom, Abdrakhmatov, 2018) с разрешения издательства Elsevier

Fig. 11. Topographic profiles (scale is distorted) of the Pyanj River alluvial fan (A-B) and of its valley about 25 km downstream. See their position on Fig. 10. After [Strom, Abdrakhmatov, 2018] with permission from Elsevier

Описанный конус выноса вполне мог быть образован при прорыве Шидского завального озера. При формировании «обычных» селевых потоков, даже столь мощных, как Исыкский 1964 г. или Алмаатинский 1973 г., также связанных с прорывом озер, но на несколько порядков меньшего объема, количество обломочного материала, вовлеченного в селеобразование, существенно превосходило первоначальный расход

породивших их водных потоков [Степанов, Степанова, 1991; Степанов, Яфязова, 2014]. В рассматриваемых же случаях, когда объем прорывного паводка исчислялся кубическими километрами, скорее всего формировались колоссальные наносоводные паводки, переносившие как материал, вынесенный из прорванных завальных плотин, так и захваченный с бортов речных долины.

Более того, внимательный анализ поперечного профиля А-В показал, что северная часть поверхности конуса выноса Пянджа возможно более древняя и ее огибающая на 2-3 метра выше, чем у большей, южной, части конуса (см. рис. 11). Такой признак двукратного формирования конуса выноса р. Пяндж хорошо согласуется с тем, что в его бассейне прорыв крупных подпрудных озер с одновременным высвобождением нескольких кубических километров воды происходил, как минимум, дважды.

Предложенное объяснение морфологии конуса выноса р. Пяндж безусловно является лишь гипотезой, для подтверждения которой потребуются проведение специальных полевых исследований. Тем не менее, оно хорошо согласуется с данными о наличии в водосборном бассейне следов нескольких прорванных оползневых перекрытий крупнейших рек региона.

### Выводы

Приведенные примеры катастрофических прорывных паводков, произошедших в доисторические времена в долинах Памирских рек, показывают масштабы последствий, которые могут сопровождать гипотетический прорыв крупных подпрудных озер в этом регионе, как существующих (Сарезское озеро), так и тех, которые могут образоваться в будущем. Следует заметить, что, учитывая малую продолжительность периода времени, для которого на Памире имеются данные о природных катастрофах, фактический возраст "доисторических" событий может составлять первые тысячи и, даже, сотни лет.

Эти данные могут использоваться для проверки и калибровки расчетных моделей прорыва крупных завальных плотин и прохождения возникающих при этом наносоводных паводков и селей, используемых при оценке опасности прорывов существующих завальных плотин.

### Список литературы

- Государственный водный кадастр СССР. 1990. Часть 1. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. вып. XII Таджикская ССР. Л. Гидрометеоздат
- Степанов Б.С., Степанова Т.С. 1991. Механика селей. Эксперимент, теория, методы расчета. М., Московское отделение Гидрометеоздата. 379 с.
- Степанов Б.С., Яфязова Р.К. 2014. Селевые явления Юго-восточного Казахстана. Т. 3. Селевые процессы и селетехнические сооружения. Алматы, 433 с.
- Evans S.G., Delaney K.B. 2011. Characterization of the 2000 Yigong Zangbo River (Tibet) Landslide Dam and Impoundment by Remote Sensing. In: Evans, S.G., Hermanns, R., Scarascia-Mugnozza, G., Strom, A.L. (Eds.), Natural and Artificial Rockslide Dams, 133. Lecture Notes in Earth Sciences, pp. 543-559.
- Ischuk A.R. 2011. Usoi Rockslide Dam and Lake Sarez, Pamir Mountains, Tajikistan. In: Evans S.G., Hermanns R., Strom A.L., Scarascia-Mugnozza G. (Eds.), Natural and Artificial Rockslide Dams. Lecture Notes in Earth Sciences, 133. Springer, Heidelberg, pp. 423-440.
- King J., Loveday I., Schuster R.L. 1989. The 1985 Bairaman landslide dam and resulting debris flow Papua New Guinea. Q. J. Eng. Geol. 22, 257-270.
- Shang Y., Yang Z., Li L., Liu D., Liao Q., Wang Y. 2003. A super-large landslide in Tibet in 2000: background, occurrence, disaster, and origin. Geomorphology 54, 225-243.
- Strom A.L. 2010. Evidence of momentum transfer during large-scale rockslides' motion. In: Williams A.L., Pinches G.M., Chin C.Y., McMorrان T.G., Massei C.I. (Eds.), Geologically Active. Proc. of the 11th IAEG Congress, Auckland, New Zealand, 5-10 September 2010, Taylor & Frensis Group, London, 73-86.
- Strom A., Abdrakhmatov K. 2018. Rockslides and rock avalanches of Central Asia: distribution, morphology, and internal structure. Elsevier. 449 p. ISBN: 978-0-12-803204-6.