

УДК 551.332.56: 556.166.4

DOI: 10.46698/VNC.2026.92.80.001

Оригинальная статья

Прорывы озёр в 2025 году: причины и последствия

М.Ю. Беккиев[✉], М.Д. Докукин[✉], Р.Х. Калов[✉]

Высокогорный геофизический институт,
Россия, 360001, г. Нальчик, пр. Ленина, 2,
e-mail: inrush@bk.ru

Статья поступила: 17.04.2026, доработана: 15.06.2026, принята к публикации: 18.06.2026

Резюме: Актуальность работы. В результате деградации ледников нередко образуются озёра, которые вследствие разрушения плотин прорываются, вызывая катастрофические паводки и селевые потоки. Для оценки опасности прорыва существующих и образующихся озёр очень важна информация об условиях и механизмах фактических прорывов озёр, чтобы идентифицировать новые озёра и определить признаки и степень их прорывоопасности. В 2025 г. произошли прорывы озёр на Эльбрусе у ледника Малый Азау в Кабардино-Балкарии (Центральный Кавказ), в ущелье Такыр-Тор (хребет Терской-Алатау, Кыргызстан) и в долине Матайян (Тайвань), каждый из которых имел характерные особенности, учёт которых важен для распознавания участков будущих прорывных катастроф. **Цель исследования** – провести анализ условий, причин и механизмов произошедших прорывов озёр. **Материалы и методы.** Работа основана на результатах анализа разновременных космоснимков и материалах съёмки с БПЛА (ортофотоплан и цифровая модель рельефа). **Результаты.** Анализ разновременных космоснимков показал, что озеро Такыр-Тор в Кыргызстане появилось в тыловой котловине каменного глетчера в 2025 году, а ранее в течение более 10 лет отсутствовало. После двух прорывов 27 июня и 1 июля по подземному каналу в теле каменного глетчера озеро снова исчезло. Озеро в долине р. Матайян на Тайване возникло 19 июля 2025 г. в результате схода оползня и блокирования стока реки. Прорыв озера произошёл 23 сентября в результате волны на озере, образовавшейся от входа в озеро селевого потока, вызванного аномальными осадками тайфуна Рагаса. Прорыв каскада озёр на Эльбрусе произошёл из-за волны на поверхности воды верхнего озера от паводка с ледника Малый Азау и последовательных размывов моренных плотин нижележащих озёр. **Выводы.** Примеры прорывов озёр в 2025 г. показали, что аномальный приток воды с ледника, блокировка подземного канала стока в теле каменного глетчера, сход селя в озеро из-за аномальных осадков в бассейне реки, впадающей в озеро, могут приводить к прорывам озёр. Своевременно выявленные в результате мониторинга высокогорной зоны, дешифрирования космоснимков и анализа метеоусловий потенциальные угрозы прорыва озёр позволяют принять меры, чтобы избежать гибели людей.

Ключевые слова: космоснимок, ледниковое озеро, подземный канал стока, каменный глетчер, завальная плотина, прорывной паводок.

Благодарности: Публикация подготовлена в рамках научно-исследовательской темы 2.12 Плана НИТР Росгидромета на 2025 г., № госрегистрации 125041005097-4.

Для цитирования: Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Р.Х. Прорывы озёр в 2025 году: причины и последствия. *Геология и геофизика Юга России*. 2026. 16(2): 232–243. DOI: 10.46698/VNC.2026.92.80.001

DOI: 10.46698/VNC.2026.92.80.001

Original paper

Lake outbursts in 2025: causes and consequences

M.Y. Bekkiev[✉], M.D. Dokukin[✉], R.H. Kalov[✉]

High-Mountain Geophysical Institute, 2 Lenin Ave.,
Nalchik 360001, Russian Federation,
e-mail: inrush@bk.ru

Received: 17.04.2026, revised: 15.06.2026, accepted: 18.06.2026

Abstract: Relevance. As a result of glacier degradation, lakes are formed, the outbursts of which cause catastrophic floods. To assess the danger of existing and emerging lakes, information about the conditions and mechanisms of actual lake outburst is very important. **Aim.** The Aim is to analyze the conditions, causes, and mechanisms of lake outbursts in 2025. **Materials and methods.** The work is based on the results of an analysis of multi-time satellite images and UAV survey materials. **Results.** An analysis of satellite images showed that Lake Takyr-Tor appeared in Kyrgyzstan in 2025 and had been absent for more than 10 years previously. Lake outbursts through an underground channel in the rock glacier occurred on June 27 and July 1. The lake in the Mataiyang River Valley in Taiwan was formed on July 19, 2025 as a result of a landslide and blocking the flow of the river. The lake outburst on September 23 was caused by a wave generated by a debris flow entering the lake, which resulted from the abnormal precipitation brought by Typhoon Ragasa. The outburst of the cascade of lakes on Elbrus occurred due to a wave on the upper lake from a flood from the Maly Azau glacier. **Conclusions.** Examples of lake outbursts in 2025 showed that an abnormal inflow of water from a glacier, blocking of an underground drainage channel in the rock glacier, and debris flows into a lake due to abnormal precipitation in the basin of a river flowing into the lake can lead to lake outbursts. The potential threats of lake outburst, which were identified in a timely manner as a result of monitoring the high-altitude zone, decoding satellite images and analyzing weather conditions, make it possible to take measures to avoid loss of life.

Keywords: satellite image, glacial lake, underground drainage channel, rock glacier, dam blockage, lake outburst flood.

Acknowledgements: The publication was prepared as part of the research topic 2.12 of the Russian Hydrometeorological Research Plan for 2025, No. 125041005097-4.

For citation: Bekkiev M.Y., Dokukin M.D., Kalov R.H. Lake outbursts in 2025: causes and consequences. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2026. 16(2): 232–243. DOI: 10.46698/VNC.2026.92.80.001

Введение

В результате изменения климата и деградации горных ледников появляется большое количество ледниковых озёр, которые со временем прорываются, вызывая по долинам рек катастрофические паводки. По данным [Taylor et al., 2023] 15 млн человек во всем мире проживают в условиях потенциального воздействия прорывных паводков, более половины из них – в Индии, Пакистане, Перу и Китае. Вследствие высокой опасности прорывных паводков ледниковые озёра инвентаризируются и анализируется изменение их количества и площади. В высокогорной Азии зафиксировано в 2018 г. 28 953 ледниковых озера общей площадью около 2000 км² [Wang et al., 2020]. Одним из самых катастрофических был паводок от прорыва озера Чорабари в Индии в 2013 г. [Allen et al., 2016], в результате которого погибло более 6000

человек. Озеро существовало более 100 лет. В 2 км ниже него располагался посёлок паломников Кедарнатх, и никто не ожидал прорыва.

Возникают также ситуации, когда исследованиями выявляется высокая опасность прорыва, но далеко не всегда удаётся принять необходимые меры для снижения риска чрезвычайной ситуации. Длительное время изучалось озеро Башкара в долине р. Адылсу (бассейн р. Баксан, Центральный Кавказ) и отмечалось, что опасность прорыва высока, но прорыв 01.09.2017 был неожиданным, что привело к человеческим жертвам. Подобный пример был с озером Лхонак Южное в Гималаях, в индийском штате Сикким, в 2023 г. [Zhang et al., 2025], когда в результате прорыва погибло 178 человек и были разрушены три гидроэлектростанции. До этого, после исследований по оценке опасности прорыва озера [Sattar et al., 2021], было рекомендовано создание системы раннего предупреждения, но на практике оно реализовано не было. В результате исследований озёр в верховьях р. Малка в 2005 г. были выявлены явная угроза прорыва озера Бирджалы и возможный механизм этого процесса, а также сделано предупреждение об этом [Черноморец и др., 2006], но система оповещения создана не была. Так как прорыв произошёл рано утром, человеческих жертв не было.

Для оценки опасности прорывов озёр, кроме параметров озёр, очень важно определить тип озера и его котловины, что даёт возможность оценить механизм прорыва. Такой подробный анализ проведён для озёр района Кордильера-Бланка в Перу [Iturrizaga, 2014], для озёр в Гималаях [Mohanty, Gantayat, 2026], в Кыргызстане [Ерохин, Загинаев, 2020], в России [Хромова и др., 2021].

Практически ежегодно происходят прорывы ледниковых озёр в разных горных районах мира. В настоящей статье представлена информация о прорывах озёр в 2025 г.: на склоне г. Эльбрус у ледника Малый Азау 6 августа, в долине р. Такыр-Тор в Кыргызстане 27 июня и 1 июля, в долине р. Матайян на Тайване 23 сентября.

Материалы и методы исследований

В работе использовались космоснимки спутника Sentinel-2 разрешением 10 м (browser.dataspace.copernicus.eu) до и после дат прорывов озёр в Кыргызстане, на Тайване и на Эльбрусе, космоснимок Google Earth от 28.08.2022, ортофотоплан и цифровая модель местности от 07.08.2025 (материалы аэрофотосъёмки ФГБУ «ВГИ» с использованием квадрокоптера Геоскан 401 Геодезия) участка озёр у ледника Малый Азау на Эльбрусе, космоснимок Google Earth от 24.11.2025 участка озера на Тайване.

Для того чтобы оценить изменения озёр и их котловин, а также участков речных долин после прорывов озёр, попарно просматривались космоснимки в программе ArcMap с использованием инструмента «Зашторить слой» (интерактивное отображение последнего по времени космоснимка, расположенного ниже предыдущего), создавались векторные слои контуров озёр и зон отложений паводков, определялись площади озёр. На участке у ледника Малый Азау строились горизонталы рельефа через 0,5 м для определения изменений уровня воды в озёрах.

Обработка материалов аэрофотосъёмки участка у ледника Малый Азау проводилась в программе Agisoft Metashape Professional.

Результаты исследований и их обсуждение

Прорывы озёр у ледника Малый Азау на Эльбрусе 06.08.2025

В июле 2025 г. произошли катастрофические сели в долине р. Герхожансу бассейна р. Баксан, а 6 августа наблюдался сход селя по левому притоку р. Азау выше р. Малая Азау вследствие прорыва озёр у ледника Малый Азау. Факт прорыва установлен по многочисленным видеороликам в сети Интернет. На следующий день специалисты ФГБУ «ВГИ» поднялись с квадрокоптером и сделали аэрофотосъёмку участка, прилегающего к озёрам (рис. 1b).

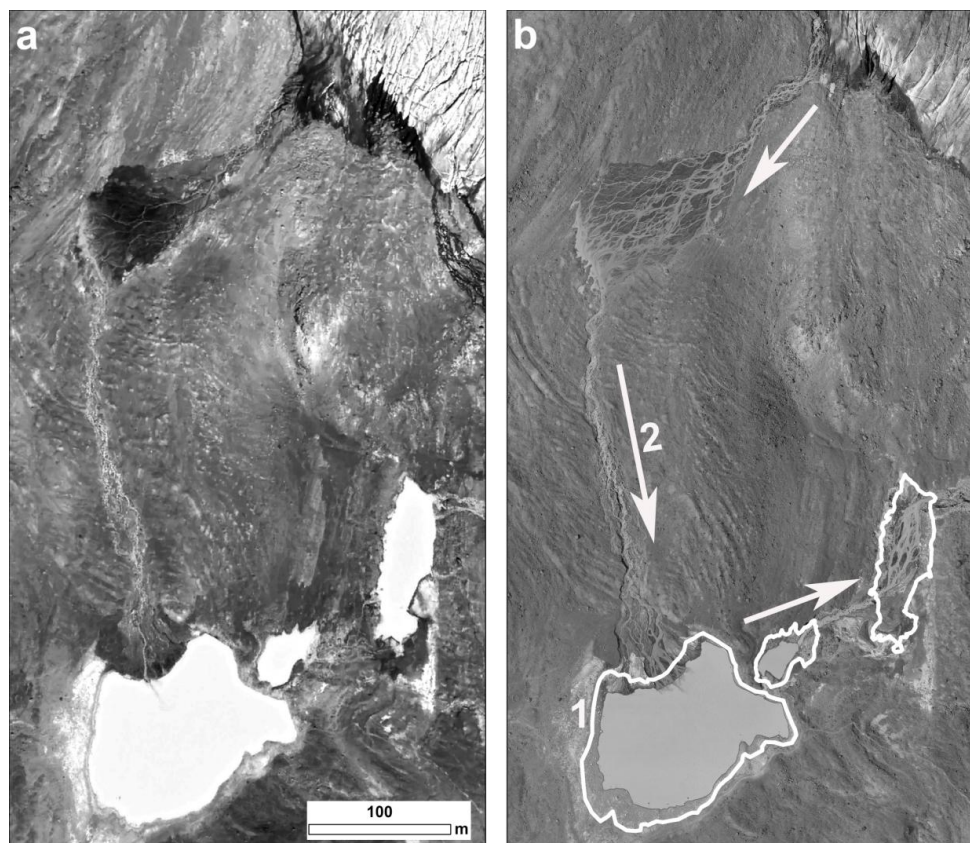


Рис. 1. Участок прорыва озёр у ледника Малый Азау на склоне Эльбруса 06.08.2025 на космоснимке от 28.08.2022 (Google Earth) (a) и на ортофотоплане от 07.08.2025 (b).

1 – контуры озёр до прорыва, 2 – направление притока воды в озёра и прорывного паводка /

Fig. 1. The lake outburst site near the Maly Azau glacier on the slope of Elbrus on August 6, 2025, as seen in a satellite image from August 28, 2022 (Google Earth) (a) and an orthophotomap from August 7, 2025 (b). 1 – lake contours before the outburst, 2 – direction of water inflow into the lakes and the outburst flood

Для оценки состояния озёр до прорыва анализировались космоснимки Sentinel-2 и был сделан вывод, что озёра в 2025 и 2022 гг. были одинаковыми, и поэтому для оценки изменений за основу был взят детальный космоснимок 2022 г. (рис. 1a).

До прорыва существовало 3 озера. Их площадь составляла 12,5 тыс. м² (верхнее), 1,1 тыс. м² (среднее) и 3,2 тыс. м² (нижнее). После прорыва осталось два озера: 9,2 тыс. м² (верхнее) и 0,45 тыс. м² (среднее, теперь – нижнее). По пути к озеру за счёт донной эрозии прорывной паводок стал селом и вошёл в озеро в виде волны.

В результате прорыва глубина верхнего и среднего озёр уменьшилась на 1 м (данные анализа горизонталей через 0,5 м). Исходя из изменений площади и глубины, уменьшение объёма составило 10,8 тыс. м³ и 0,8 тыс. м³. Глубина нижнего озера до прорыва была 3 м, а объём – около 7,0 тыс. м³. Итого общий объём сброшенной воды с трёх озёр составил 18,6 тыс. м³. Котловина нижнего озера частично заполнилась отложениями селя, который сформировался в момент прорыва. Ниже озёр происходил размыв русла (донная эрозия) и прошёл селевой поток, видео которого было в интернете. По данным космоснимков Sentinel-2 селевой материал отложился на конусе выноса, как и в 2011 г. Негативных последствий на дне долины р. Азау не отмечено. До прорыва озёр осадков не было зафиксировано, следовательно, причиной прорыва был сброс воды с ледника без участия атмосферных осадков (следы потока с ледника видны на рис. 1b).

В прошлом были прорывы озера у ледника Малый Азау в 1978 и 2011 гг. [Докукин, Хаткутов, 2016]. До прорыва в 2011 г. площадь озера составляла 25,5 тыс. м² и объём сброшенной воды при прорыве достигал 17,0 тыс. м³ (почти как в 2025 г.). Но причина прорыва была другая – поверхностный размыв ледяной гряды, образующей плотину, как при прорыве озера на севере Эльбруса в 2006 г. [Черноморец и др., 2006]. Разрушительных последствий от сходов селей после прорывов 2011 и 2025 гг. не было вследствие малых расходов прорывных паводков.

В будущем прорывы оставшегося озера у ледника Малый Азау также возможны, так как при деградации ледника возможно накопление талых вод под ледником и формирование водных импульсов и селевых потоков, которые в случае схода в озеро снова приведут к его прорыву. Примеры формирования таких водных импульсов отмечены на севере Эльбруса в 2010 и 2013 гг.

Прорывы озера Такыр-Тор в Кыргызстане 27 июня и 1 июля 2025 г.

27 и 28 июня 2025 г. в сети Интернет появились сообщения о прорыве озера Такыр-Тор в Ысык-Атинском районе Чуйской области, в результате которого был разрушен мост между селами Алмалуу и Кебек-Бий (Горная Серафимовка) («Прорыв озера Такыр-Тор. Эвакуированные временно размещены в других селах», 2025 // <https://report.kg/proisshestvija/40821-proryv-ozera-takyr-tor-jevakuirovannye-vremenno-razmescheny-v-drugih-selah>, дата обращения: 23.03.2026), расположенный на расстоянии около 15 км от озера. Было эвакуировано 950 человек, жилые дома и объекты инфраструктуры не пострадали.

Анализ космоснимков Sentinel-2 показал, что озеро перед прорывом имело площадь 52,5 тыс. м², длину – 470 м (рис. 2b).

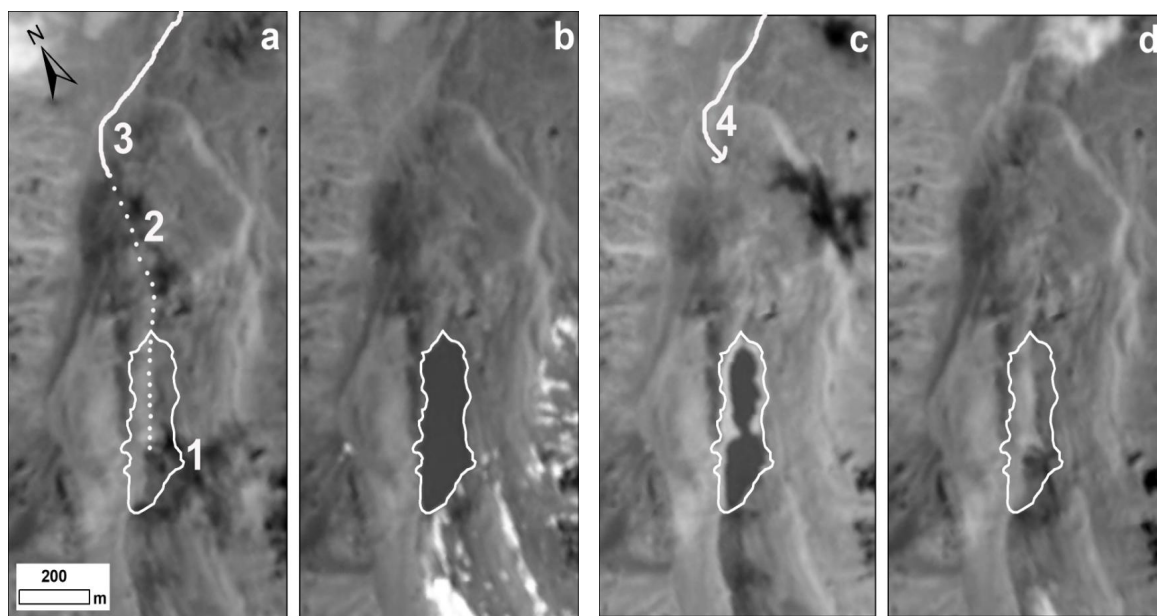


Рис. 2. Участок озера Такыр-Тор в Кыргызстане до и после прорывов 27 июня и 1 июля 2025 г. на космоснимках Sentinel-2. (a) 20.08.2024, 1 – контур озера при максимальном заполнении котловины, 2 – подземный канал стока талых вод ледника, 3 – русло с поверхностным водотоком; (b) 21.06.2025, (c) 03.07.2025, 4 – участок выхода прорывного паводка на поверхность; (d) 20.08.2025 /

Fig. 2. A section of Lake Takyr-Tor in Kyrgyzstan before and after the outbursts on June 27 and July 1, 2025 on Sentinel-2 satellite images. (a) 08/20/2024, 1 – contour of the lake at maximum filling of the basin, 2 – underground channel of glacier meltwater runoff, 3 – channel with surface watercourse; (b) 06/21/2025, (c) 07/03/2025, 4 – the area of the outburst flood to the surface; (d) 08/20/2025

По данным («Прорыв озера Такыр-Тор. Эвакуированные временно размещены в других селах», 2025 // <https://report.kg/proisshествija/40821-proryv-ozera-takyr-tor-jevakuirovannye-vremenno-razmescheny-v-drugih-selah>, дата обращения: 23.03.2026), объём озера составлял 450 тыс. м³. Озеро было расположено в котловине массива каменного глетчера между широкими боковыми валами. Поверхностный сток с озера отсутствовал. Верхний край озера соприкасался с ледником, частично покрывая его. Нижний край ограничивался массивом каменного глетчера и был на расстоянии 400 м от его фронтального уступа, в верхней части которого сток с озера выходил на поверхность. На рисунке 3 показан фронтальный уступ каменного глетчера с местом выхода потока на поверхность после прорыва озера (на рис. 2с отмечен № 4).



Рис. 3. Участок фронтального уступа каменного глетчера после прорыва озера Такыр-Тор. Фото пресс-службы Кабинета Министров Кыргызской Республики, 27.06.2025 («Прорыв озера Такыр-Тор. Эвакуированные временно размещены в других селах», 2025 // <https://report.kg/proisshествija/40821-proryv-ozera-takyr-tor-jevakuirovannye-vremenno-razmescheny-v-drugih-selah>, дата обращения: 23.03.2026) /

Fig. 3. The front ledge of the rock glacier after the outburst of Lake Takyr-Tor. Photo by the press service of the Cabinet of Ministers of the Kyrgyz Republic on 27.06.2025 (Lake Takyr-Tor has burst. Evacuees have been temporarily housed in other villages. 2025. // <https://report.kg/proisshествija/40821-proryv-ozera-takyr-tor-jevakuirovannye-vremenno-razmescheny-v-drugih-selah>. (accessed 03/23/2026)

Анализ космоснимков 2025 г. показал, что котловина озера Такыр-Тор заполнялась постепенно, начиная с мая. В предыдущие годы в период 2015–2024 гг. котловина оставалась пустой (см. рис. 2а), за исключением небольшого озера площадью 3–4 тыс. м². Это свидетельствует о том, что подземный канал стока талых вод с ледника работал стабильно. И лишь весной 2025 г. произошла его блокировка, из-за чего и наполнилась котловина водой. Прорыв образовавшегося озера произошёл в результате быстрой разблокировки подземного канала стока. Так как космоснимок от 28.06.2025 показал, что после прорыва в котловине оставалась значительная часть воды, можно сделать вывод о том, что объём сброшенной воды включал значительный объём воды, накопившейся внутри каменного глетчера. Уровень воды в озере к 1 июля снова достиг первоначального состояния, и произошёл повторный прорыв, к которому соответствующие службы были готовы, и люди снова были эвакуированы. В результате второго прорыва по долине р. Такыр-Тор снова прошли паводок и се-

левой поток, достигший моста на дороге, соединяющей сёла Алмалуу и Кебек-Бий.

После второго прорыва уровень воды в озере Такыр-Тор уменьшался постепенно, и озеро полностью исчезло только к 20 августа (см. рис. 2d).

Ранее в результате исследований прорывов озёр в каменных глетчерах были сделаны выводы:

1) большую часть времени озёрные котловины оставались пустыми, и их заполнение происходило в начале тёплого сезона в год прорыва, что позволяет выявить опасность прорыва озера заблаговременно;

2) котловина озера может опорожняться не сразу на полную глубину;

3) опорожнение озёрной котловины может происходить без прорывного паводка;

4) котловины озёр могут заполняться и прорываться несколько раз с промежутком в несколько лет;

5) в будущем озёра могут появляться на участках каменных глетчеров, где они раньше не были зафиксированы, что обуславливает необходимость мониторинга каменных глетчеров и оценки параметров рельефа котловин как вместилищ озёр [Докукин и др., 2020].

Исследование прорывов озера Такыр-Тор позволило уточнить вывод о периодичности прорывов озёр в каменных глетчерах: прорыв может повториться через несколько дней.

Вследствие того, что озёра в котловинах каменных глетчеров длительное время отсутствуют, большей частью они не являются объектами мониторинга, и поэтому прорывы таких озёр становятся неожиданными и оборачиваются катастрофами. Есть несколько таких примеров: разрушение кишлака Дашт на Памире в Таджикистане в 2002 г., сход селя на г. Алматы в 2015 г. от прорыва озера в верховьях р. Каргалы в Казахстане, разрушение кишлака Пашгор в Панджшерском ущелье в Афганистане в 2018 г., и др. [Докукин и др., 2020]. В этом отношении важно отметить, что озеро Такыр-Тор было объектом мониторинга. Известны его прорывы в 1991 и 2009 гг. [Zaginaev et al., 2024]. Появление озера в 2025 г. было обнаружено на этапе его роста, и предупреждение об угрозе прорыва было сделано за неделю до события («Гидрогеологи предупреждали МЧС о прорыве озера Такыр-Тор за неделю до ЧС», 2025 // <https://report.kg/obschestvo/41650-gidrogeologi-preduprezhdali-mchs-o-proryve-ozera-takyr-tor-za-nedelju-do-chs.html?ysclid=mn3gp3ellv942726686>, дата обращения: 24.03.2026), что позволило принять необходимые меры по снижению риска негативных последствий.

Прорыв озера в долине р. Матайян на Тайване 23.09.2025 г.

23 сентября 2025 г. произошёл прорыв озера в долине р. Матайян в уезде Хуалянь на Тайване, что имело катастрофические последствия. По сообщению (Super Typhoon Ragasa death toll climbs to 19. 2025. // <https://www.taipeitimes.com/News/taiwan/archives/2025/10/09/2003845172> (дата обращения: 23.03.2026)) погибло 19 жителей, 7 человек пропали без вести. Это было следствием прохождения тайфуна «Рэгаса». Во время ливней быстро наполнилась котловина озера, которое образовалось в результате схода оползней (обвалов) с левого склона долины р. Матайян 19 июля из-за ливней тайфуна «Вифа» (рис. 4ab).

Зона отрыва оползней (обвалов) шириной 2,4 км охватывала водораздел левого притока р. Матайян и соседней реки, площадь зоны поражения – 7,6 км². Во время движения обвально-оползневые массы поднимались по левому склону долины до высоты около 450 м, а затем закрыли плотиной высотой 120 м основное русло реки. Ниже отложений обломочных масс отмечается зона воздействия воздушной волны в виде полос поваленного леса протяжённостью до 300 м и шириной до 50 м (космоснимок Google Earth, 24.11.2025).

Постепенно за период 19 июля – 23 сентября образовалось озеро площадью около $0,9 \text{ км}^2$ и длиной $2,3 \text{ км}$ (рис. 4с). Объём воды, сброшенной из озера 23 сентября, достигал, по данным правительства, 60 млн м^3 (Arranz A., Aluckal A.J., Huang H., Kawoosa V.M. Typhoon Ragasa. How heavy rainfall led to a lake bursting in Taiwan. 2025. // <https://www.reuters.com/graphics/ASIA-EATHER/TAIWAN/znvngwlmvl/> (дата обращения: 02.03.2026)). По материалам анализа космоснимков (рис. 4д), в озеро вследствие выпадения аномальных осадков сходили склоновые селевые потоки (особенно с размывом обвальнo-оползневых отложений), которые ускорили прорыв обвальнo-оползневой плотины, начавшийся после поднятия уровня воды в озере до высоты плотины.

Значительная площадь посёлка Гуанфу была занесена отложениями прорывного паводка (рис. 5b) – $10,2 \text{ км}^2$.

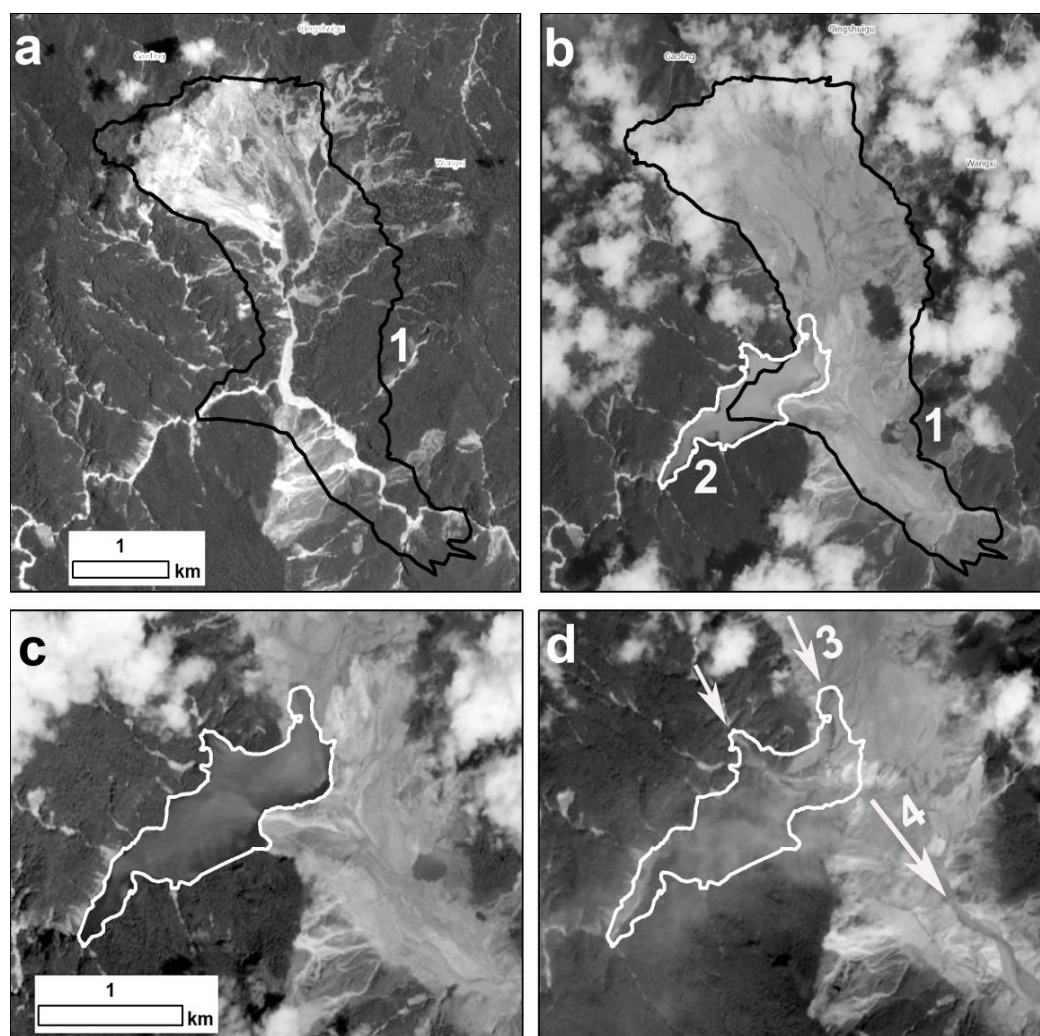


Рис. 4. Участок схода оползней (обвалов), формирования и прорыва озера в долине р. Матайян (Тайвань) на космоснимках Sentinel-2: (a) 15.06.2025, (b) 17.08.2025, (c) 11.09.2025, (d) 01.10.2025.

1 – зона поражения обвальнo-оползневым процессом 19.07.2025, 2 – контур озера 11.09.2025,

3 – русла селевых потоков, сошедших в озеро, 4 – направление прорыва озера /

Fig. 4. The area of landslides, formation and outburst of a lake in the Mataiyan River valley (Taiwan) on Sentinel-2 satellite images: (a) 06/15/2025, (b) 08/17/2025, (c) 09/11/2025, (d) 10/01/2025.

1 – area affected by the landslide process on July 19, 2025, 2 – lake outline 09/11/2025, 3 – the channels of debris flows that descended into the lake, 4 – direction of the lake outburst

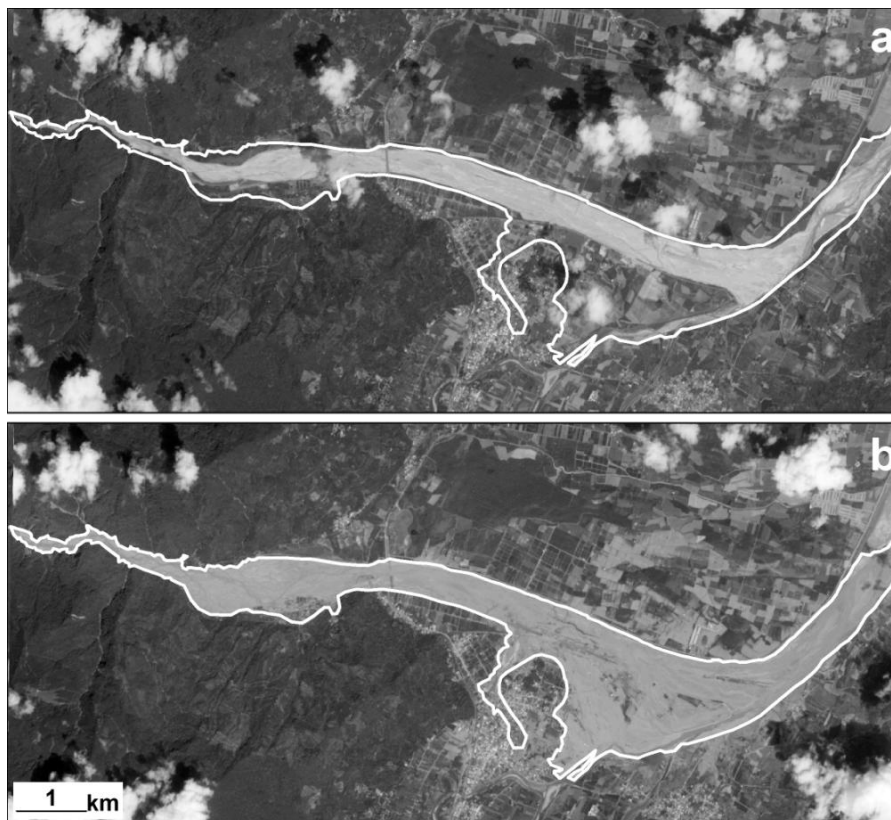


Рис. 5. Зона отложений прорывного паводка на территории пос. Гуанфу на космоснимках: (a) 11.09.2025, (b) 01.10.2025 /

Fig. 5. The zone of outburst flood deposits in the Guangfu settlement area in satellite images: (a) 09/11/2025, (b) 10/01/2025

За два дня до прорыва озера было отдано распоряжение об эвакуации жителей, но вследствие того, что не все люди были эвакуированы, погибло 19 жителей (Super Typhoon Ragasa death toll climbs to 19. 2025. // <https://www.taipeitimes.com/News/taiwan/archives/2025/10/09/2003845172> (дата обращения: 23.03.2026)). Это показало, что мероприятия по снижению рисков негативных последствий прорывов озёр не всегда достигают нужного результата.

Подобный случай оползня и прорыва озера произошёл в 1985–1986 гг. в Папуа — Новой Гвинее [King et al., 1989] в долине р. Байраман, когда после землетрясения 11 мая 1985 г. сошёл оползень и образовал на реке плотину высотой около 200 м и длиной около 3 км. 17 сентября 1985 г. было принято решение об эвакуации жителей деревни Байраман, находящейся в 39 км от формирующегося озера. Озеро к августу 1986 г. достигло объёма 50 млн м³ и до начала перелива воды через плотину принудительно были эвакуированы остававшиеся в деревне жители. Всё это время проводился мониторинг. Прорыв озера произошёл 12 сентября 1986 г. и деревня Байраман, где до первой эвакуации проживало 120 человек, была разрушена.

Прорывы озёр произошли через 2 месяца после схода оползня (Тайвань) и через 1 год и 4 месяца (Папуа — Новая Гвинея). Другие примеры озёр, подпруженных завальными плотинами свидетельствуют о том, что время существования таких озёр может превышать 100 лет (Сарезское озеро в Таджикистане, образовавшееся в 1911 г. [Лехатинов, 2020]) и даже тысячи лет (озеро Шева в Афганистане [Shroder, Weihs, 2010]). При этом не снимается вопрос о мониторинге таких озёр и их плотин с целью предупреждения о возможном прорыве.

Выводы

Анализ космоснимков и материалов аэрофотосъёмки участков прорывов озёр у ледника Малый Азау на склоне г. Эльбрус (Кабардино-Балкария, Россия), в котловине каменного глетчера в долине р. Такыр-Тор в Ысык-Атинском районе Чуйской области Кыргызской Республики, в долине р. Матайян в уезде Хуалянь на острове Тайвань в 2025 году показал, что эти озёра значительно отличались по площади (по порядку: Азау, Такыр-Тор, Матайян) – от 16,8 тыс. м², 52,5 тыс. м² до 0,9 км², и по объёму сброшенной воды – от 18,6 тыс. м³, 450 тыс. м³ до 60 млн м³.

Озёра отличались по типу плотин: невысокие моренные валы, тело каменного глетчера, обвально-оползневой массив; по типу стока воды из озера: поверхностный, по подземному каналу, отсутствие стока; по причине и механизму прорыва: наносоводный поток с ледника в озеро и образование волны с размывом моренного вала, по подземному каналу после его разблокировки, сход ливневых селевых потоков в озеро с размывом обвально-оползневой плотины.

Случай прорыва озера Такыр-Тор в Кыргызской Республике подтвердил вывод о том, что если в длительное время пустующей котловине каменного глетчера появляется озеро, то обязательно произойдёт его прорыв или даже два прорыва подряд, для минимизации ущерба от которых необходимы срочные меры. Это же относится и к озёрам, образованным обвально-оползневыми плотинами, как на Тайване (прорывы могут происходить в год образования озера), но не во всех случаях. В последние годы участились паводки вследствие изменений в подлёдных дренажных системах ледников, приводящие к прорывам ниже расположенных приледниковых озёр, что требует детальных исследований.

Литература

1. Докукин М.Д., Хаткутов А.В. Озёра у ледника Малый Азау на Эльбрусе: динамика и прорывы // Лёд и снег. – 2016. – Т. 56. № 4. – С. 472–479. DOI: 10.15356/2076-6734-2016-4-472-479.
2. Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Подземные прорывы озёр и другие проявления селей в каменных глетчерах // Труды 6-й Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Т. 1. / Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020. – С. 371–387.
3. Ерохин С.А., Загинаев В.В. Типизация горных озёр Кыргызстана по степени их прорывоопасности // ГеоРиск. – 2020. Т. 14. № 3. – С. 78–86. DOI: 10.25296/1997-8669-2020-14-3-78-86.
4. Лехатинов А.М. Риск прорыва Сарезского озера: задачи изучения и прогнозирования // ГеоРиск. 2020. – Т. 14. № 2. – С. 22–31. DOI: 10.25296/1997-8669-2020-14-2-22-31.
5. Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Глазовский А.Ф., Муравьев А.Я., Никитин С.А., Лаврентьев И.И. Новый Каталог ледников России по спутниковым данным (2016–2019 гг.) // Лёд и Снег. – 2021. – Т. 61. № 3. – С. 341–358. DOI: 10.31857/S2076673421030093.
6. Черноморец С.С., Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Сейнова И.Б., Крыленко И.В. Прорыв ледникового озера на северо-восточном склоне Эльбруса 11 августа 2006 г.: прогноз, событие и последствия // Материалы гляциологических исследований. – 2006. – Вып. 102. – С. 225–229.
7. Allen S.K., Rastner P., Arora M., Huggel C., Stoffel M. Lake outburst and debris flow disaster at Kedarnath, June 2013: hydrometeorological triggering and topographic predisposition // Landslides. – 2016. – Vol. 13. – pp. 1479–1491. DOI: 10.1007/s10346-015-0584-3.
8. Iturrizaga L. Glacial and glacially conditioned lake types in the Cordillera Blanca, Peru // Progress in Physical Geography. – 2014. – Vol. 38. No. 5. – pp. 602–635. DOI: 10.1177/0309133314546344.
9. King J., Loveday I., Schuster R.L. The 1985 Bairaman landslide dam and resulting debris flow, Papua New Guinea // Engineering Geology, London. – 1989. – Vol. 22. – pp. 257–270.

10. Mohanty L., Gantayat P. Comprehensive assessment of Himalayan glacial lakes concerning their distribution, dynamics, and hazard potential // *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. – 2026. Vol. 17. No. 1. Art. No. 2639085. DOI: 10.1080/19475705.2026.2639085.
11. Sattar A., Goswami A., Kulkarni A.V., Emmer A., Haritashya U.K., Allen S., Frey H., Huggel C. Future Glacial Lake Outburst Flood (GLOF) hazard of the South Lhonak Lake, Sikkim Himalaya // *Geomorphology*. – 2021. – Vol. 388. No 3. – Art. No. 107783. DOI: 10.1007/s10346-024-02358-x.
12. Shroder J.F., Weihs B.J., Geomorphology of the Lake Shewa landslide dam, Badakhshan, Afghanistan using remote sensing data // *Geografiska Annaler*. – 2010. – Vol. 92 A. No 4. – pp. 469–483. DOI: 10.1111/j.1468-0459.2010.00408.x.
13. Taylor C., Robinson T.R., Dunning S., Carr J.R., Westoby M. Glacial Lake outburst floods threaten millions globally // *Nature Communications*. – 2023. – Vol. 14. – Art. No. 487. DOI: 10.1038/s41467-023-36033-x.
14. Wang X., Guo X., Yang C., Liu Q., Wei J., Zhang Y., Liu S., Zhang Y., Jiang Z., Tang Z. Glacial Lake inventory of High Mountain Asia (1990–2018) 1 derived from Landsat images // *Earth System Science Data*. – 2020. Vol. 12. No. 3. – pp. 2169–2182. DOI: 10.5194/essd-12-2169-2020.
15. Zaginaev V., Sakyev D., Nazarkulov K., Amanova M., Isaev E., Erokhin S. Monitoring the development of potential hazardous mountain Lakes using remote sensing in the Kyrgyz Republic // *International Journal of Geoinformatics*. – 2024. – Vol. 20. No. 12. – pp. 36–48. DOI: 10.52939/ijg.v20i12.3771.
16. Zhang T., Wang W., An B. A massive lateral moraine collapse triggered the 2023 South Lhonak Lake outburst flood, Sikkim Himalayas // *Landslides*. – 2025. – Vol. 22. – pp. 299–311. DOI: 10.1007/s10346-024-02358-x.

References

1. Dokukin M.D., Khatkutov A.V. Lakes near the glacier Maliy Azau on the Elbrus (Central Caucasus): dynamics and outbursts. *Ice and Snow*. 2016. Vol. 56. No. 4. pp. 472–479. DOI: 10.15356/2076-6734-2016-4-472-479. (In Russ.)
2. Dokukin M.D., Bekkiev M.Yu., Kalov R.Kh., Savernyuk E.A., Chernomorets S.S. Underground outbursts of lakes and other debris flow manifestations in rock glaciers. In: *Proceedings of the 6th International Conference “Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection”*. Vol. 1. Eds. S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva. Dushanbe. Promotion LLC. 2020. pp. 371–387. (In Russ.)
3. Erokhin S.A., Zaginaev V.V. Types of mountain lakes in Kyrgyzstan by the level of their outburst hazard. *GeoRisk World*. 2020. Vol. 14. No. 3. pp. 78–86. DOI: 10.25296/1997-8669-2020-14-3-78-86. (In Russ.)
4. Lekhatinov A.M., Risk of Sarez Lake outburst: study and prediction tasks. *GeoRisk World*. 2020. Vol. 14. No. 2. pp. 22–31. DOI: 10.25296/1997-8669-2020-14-2-22-31. (In Russ.)
5. Khromova T.Y., Nosenko G.A., Glazovsky A.F., Muraviev A.Y., Nikitin S.A., Lavrentiev I.I. New Inventory of the Russian glaciers based on satellite data (2016–2019). *Ice and Snow*. 2021. Vol. 61. No 3. pp. 341–358. DOI: 10.31857/S2076673421030093. (In Russ.)
6. Chernomorets S.S., Petrakov D.A., Tutubalina O.V., Seinova I.B., Krylenko I.V. Glacial lake outburst on the northeastern slope of Mount Elbrus on August 11, 2006: forecast, event and consequences. In: *Data of Glaciological Studies*. 2006. Issue 102. pp. 225–229. (In Russ.)
7. Allen S.K., Rastner P., Arora M., Huggel C., Stoffel M. Lake outburst and debris flow disaster at Kedarnath, June 2013: hydrometeorological triggering and topographic predisposition. *Landslides*. 2016. Vol. 13. pp. 1479–1491. DOI: 10.1007/s10346-015-0584-3.
8. Iturrizaga L. Glacial and glacially conditioned lake types in the Cordillera Blanca, Peru. *Progress in Physical Geography*. 2014. Vol. 38. No. 5. pp. 602–635. DOI: 10.1177/0309133314546344.
9. King J., Loveday I., Schuster R.L. The 1985 Bairaman landslide dam and resulting debris flow, Papua New Guinea. *Engineering Geology*, London. 1989. Vol. 22. pp. 257–270.
10. Mohanty L., Gantayat P. Comprehensive assessment of Himalayan glacial lakes concerning their distribution, dynamics, and hazard potential. *Geomatics. Natural Hazards and Risk*. 2026. Vol. 17. No. 1. Art. No. 2639085. DOI: 10.1080/19475705.2026.2639085.

11. Sattar A., Goswami A., Kulkarni A.V., Emmer A., Haritashya U.K., Allen S., Frey H., Huggel C. Future Glacial Lake Outburst Flood (GLOF) hazard of the South Lhonak Lake, Sikkim Himalaya. *Geomorphology*. 2021. Vol. 388. No 3. Art. No. 107783. DOI: 10.1007/s10346-024-02358-x.
12. Shroder J.F., Weihs B.J., Geomorphology of the Lake Shewa landslide dam, Badakhshan, Afghanistan using remote sensing data. *Geografiska Annaler*. 2010. Vol. 92 A. No 4. pp. 469–483. DOI: 10.1111/j.1468-0459.2010.00408.x.
13. Taylor C., Robinson T.R., Dunning S., Carr J.R., Westoby M. Glacial Lake outburst floods threaten millions globally. *Nature Communications*. 2023. Vol. 14. Art. No. 487. DOI: 10.1038/s41467-023-36033-x.
14. Wang X., Guo X., Yang C., Liu Q., Wei J., Zhang Y., Liu S., Zhang Y., Jiang Z., Tang Z. Glacial Lake inventory of High Mountain Asia (1990–2018) 1 derived from Landsat images. *Earth System Science Data*. 2020. Vol. 12. No. 3. pp. 2169–2182. DOI: 10.5194/essd-12-2169-2020.
15. Zaginaev V., Sakyev D., Nazarkulov K., Amanova M., Isaev E., Erokhin S. Monitoring the development of potential hazardous mountain Lakes using remote sensing in the Kyrgyz Republic. *International Journal of Geoinformatics*. 2024. Vol. 20. No. 12. pp. 36–48. DOI: 10.52939/ijg.v20i12.3771.
16. Zhang T., Wang W., An B. A massive lateral moraine collapse triggered the 2023 South Lhonak Lake outburst flood, Sikkim Himalayas. *Landslides*. 2025. Vol. 22. pp. 299–311. DOI: 10.1007/s10346-024-02358-x.