

**ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ВОДОЁМЫ:
ОПАСНОСТЬ, КОТОРАЯ ПРАКТИЧЕСКИ ИГНОРИРУЕТСЯ**

Бутвиловский В.В.¹, Кириллов В.Е.²

¹Лейбниц-Институт полимерных исследований, 01069, Hohe Straße, 6, Дрезден, Германия, wladimirbutwilowski@gmail.com

²Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, 680000, ул. Ким Ю Чена 65, Хабаровск, Россия. Kirillow.vadim2013@yandex.ru

Аннотация. Изложена информация об обвальном-оползневых явлениях и их опасности, наглядно представленных на примере недавнего события в Бурейском водохранилище. Оценены возможности подобных явлений в пределах акваторий Телецкого озера на Алтае и Королевского озера в Альпах. Сделан вывод о неотложной необходимости проведения профилактических мероприятий по защите населения от подобных катастроф.

Ключевые слова. Оползни-обвалы, ударные волны, горные водоёмы, риск разрушений, мониторинг, меры безопасности.

LANDSLIDES AND LAKES: A DANGER THAT IS VIRTUALLY IGNORED

¹Butvilovsky V.V., ²Kirillov V.E.

¹Leibniz-Institute for Polymer Research, 01069, Hohe Straße, 6, Dresden, Deutschland, wladimirbutwilowski@gmail.com

²Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 680000, st. Kim Yu Chena 65, Khabarovsk, Russia. Kirillow.vadim2013@yandex.ru

Annotation. Information is presented about landslide phenomena and their danger, clearly presented using the example of a recent event in the Bureisky Reservoir. The possibilities of such phenomena within the water areas of Lake Teletskoye in Altai and the Royal Lake in the Alps were assessed. It is concluded that there is an urgent need for preventive measures to protect the population from such disasters.

Keywords. Landslides, shock waves, mountain reservoirs, risk of destruction, monitoring, safety measures

Преамбула. «...*Наши дайверы обнаружили в глубинах Телецкого интересное явление: огромный оползень сошел почти на трети акватории напротив Яйлю (от гостевого дома до устья Чечинька), смело все живое, обрастания и прочее, перевернуло бревна, разрушило часть затопленной дамбы... Можно ли предположить, что сейсмические события этому поспособствовали или это закономерная фаза формирования рельефа дна Телецкого озера? Интересно Ваше мнение. Попрошу ребят при следующем погружении сфотографировать следы оползня. С уважением, Татьяна Бекетова*». Март 2022.

Общественный и исследовательский интерес к оползневых явлениям в водоёмах или у их берегов обычно обостряется после подобных событий, а через несколько месяцев или лет сходит почти на нет. Тем не менее, научная и популярная литература достаточно насыщена описаниями крупных и гигантских горных и береговых оползней, в том числе и подводных. К примеру, Геологическая служба Баварии имеет даже подробный каталог закартированных альпийских постледниковых горных обвалов. В каталоге описаны не только параметры и

рельеф этих юных геологических феноменов, но и эстетические достопримечательности созданных ими ландшафтов, дабы пробудить к ним особый туристический интерес (<https://www.gamssteig.de/themen/bergsturz-alpine-landschaftsform>).

Лет 30-40 назад вышла серия статей и книг об обвалах и оползнях Кавказа, Монголии, Казахстана и гор Средней Азии [Бондарев, 1975; Белоусов, 1976; Солоненко, 1976; Хромовских, 1984; Ефремов, 1988; и др.]. Эти феномены отмечены и во многих других регионах Мира [Дайсон, 1966, и др.]. На Алтае крупные оползни и обвалы были почти неизвестны, поэтому в ходе регионального геоморфологического картирования была проведена большая работа по их выявлению и изучению [Бутвиловский, 1993 и др.]. В итоге закартировано около 70 крупных оползней-обвалов (от 1,5 до 150 млн. м³), изучены их рельеф и геологическое строение, следы воздействия на прилегающие склоны и днища долин, и на этом основании сделаны выводы о возможных физических явлениях и процессах как внутри оползневых масс, так и за их пределами [Бутвиловский, 1993, см. там же рис. 70; 15, 46, 47, 48, 68 и др.]. Попутно было выявлено более 300 оползней и обвалов объемом менее 1 млн. м³.

Практически все крупные обвалы блоков литифицированных горных пород приурочены к районам мощного древнего оледенения Алтая, а также к речным долинам, эродированным катастрофическими потоками прорывов крупных ледниково-подпрудных озёр и к их бывшим акваториям. Серия оползней в рыхлых отложениях также наблюдается в основном в этих районах и прослеживается в предгорьях и на Предалтайскую равнину вдоль долинных врезов, созданных катастрофическими потоками. Большинство крупных оползней-обвалов имеет позднеледниковый возраст и датируются по ¹⁴C древнее 9-10 тыс. лет назад, но моложе 13-15 тыс. лет назад. Их обрушения именно в этот период связаны с повышенной неустойчивостью склонов и сейсмической активностью в процессе таяния ледниковых масс, интенсивной эрозии бортов долин и геологически мгновенного осушения глубоких (до 500 м) подпрудных озёр [Бутвиловский, 1993 и др.]. Обнаружены здесь и юные позднеголоценовые обвалы, некоторым из которых (к примеру, в верховьях чулышманской Шавлы) всего лишь несколько сотен лет.

Особое внимание было уделено склонам и побережью Телецкого озера, где были выявлены многочисленные (0,1-5 млн. м³) прибрежные глыбовые обвальные свалы (самый крупный, около 5 млн. м³, в районе кордона Карагай), а также около 140 довольно крупных доледниковых и постледниковых ниш отрыва скальных блоковых оползней [Бутвиловский, 1993, рис. 68]. Большая часть акватории озера не имеет широкого мелководного «шельфа», подводные склоны очень круты и на глубинах 200-250 м опираются на широкое субгоризонтальное днище водоёма, поэтому большинство обвалов при обрушении сразу полностью уходило под воду и их обнаружение требует специальных работ. Толща рыхлых отложений подо дном Телецкого озера по данным геофизических исследований превышает 400-500 м [Селегей, 1978]. Этого достаточно, чтобы «спрятать» немало оползневых тел.

То, что крупные оползни-обвалы постледникового и голоценового возраста были массовым явлением в горных регионах, сомнений не вызывает. Не вызывает никаких сомнений и то, что они будут происходить и в дальнейшем. В конце концов они происходят в разных регионах Мира и в настоящее время. За последние 100-200 лет было несколько десятков весьма крупных обвалов (Анды, Средняя Азия, Кавказ, Альпы, Аляска и др.) и даже гигантских (Сарезский обвал на Памире – 1910 год, или обвал Уаскаран в Перу – 1970 год), а крупные оползни глинистых грунтов происходят каждый год неоднократно. Иначе говоря, эти события почти столь же актуальны и релевантны, как и катастрофы, связанные с крупными землетрясениями или извержениями вулканов.

Разрушения ландшафтов, совершаемые непосредственно обвалами и оползнями, а также в их близи, нередко гораздо более сильные и стремительные, нежели от землетрясений или эффузивных извержений. Известно, что кроме сильнейшего физического ударного воздействия на всё своём пути, сокрушающего всё перед ними стоящее, оползни-обвалы вызывают быстрый нагрев и превращение в пар грунтовых вод, что приводит к мощным

глубинным взрывам и выбросам глыб или столбов грунта из недр движущихся и интенсивно дробящихся масс. Они образуют характерные конусовидные горки высотой до 2-7 м и диаметром 5-20 м, сложенные глыбами или щебнем с примерно одинаковым размером обломков. При движении оползней-обвалов крупные глыбы и блоки обычно выдавливаются изнутри наверх и «плывут» на поверхности движущейся массы. Происходит сильный нагрев и расслоение смеси разрыхленного материала на преимущественно грубообломочный в верхней части толщи и мелкообломочный вплоть до порошка и «муки» в нижней. Мелкий материал служит «смазкой» при движении обвалов по субгоризонтальным поверхностям, поэтому величина их перемещения зачастую превышает расчётную на многие сотни метров и километры. Истирание способствует выбросу в воздух громадного количества пыли, которая может висеть в воздухе несколько дней и затем оседает вокруг слоем до 10-50 см мощности. Вылетающие из оползней-обвалов глыбы (2-5 м) могут лететь по воздуху до 1-2 км и образуют при падении в рыхлый грунт ударные кратеры и валы, а в скалах – трещины и выбоины. Срываясь с крутых склонов, крупные обвалы вызывают взрывы захваченного у подножий воздуха, ударные воздушные волны, значительные псевдосейсмические толчки и псевдотектонические нарушения подстилающих рыхлых отложений. Разогнавшись, они могут на перегибах рельефа ложа взлетать в воздух и далее некоторое время мчаться на воздушной подушке. Сейсмогенные обвалы обычно имеют путь пробега в 4-5 раз длиннее гравитационных (рекордный пробег крупнейшего в Мире обвала в Иране около 20 км), зачастую забрасываются на противоположные борта долин на 100-300 м и способны «перелетать» через низкие водоразделы. В днищах широких (более 2 км) долин они обычно разлетаются веером и образуют накопления, напоминающие в плане «львиную лапу».

При обрушении крупных оползней-обвалов в озера, бухты и водохранилища, кроме всего прочего, возникают громадные ударные водяные волны с заплесками на противоположные склоны до высоты в несколько сотен метров [Дайсон, 1966; Хромовских, 1984; Molnia, 1985; Бутвиловский, Бутвиловская, 1991, и др.]. Разрушения ландшафтов от таких событий приобретают уже не локальные, а районные масштабы. К примеру, сейсмогенный оползень-обвал в бухте Литуя на Аляске в 1958 году выбил волну, которая заплеснула на южный берег до высоты 524,6 м, а на северный берег – выше 207,4 м. Она перехлестнула горный отрог высотой 207 м, смыла с бортов бухты склоновый рыхлый чехол и деревья на площади 7 км² при длине бухты 11 км и, двигаясь со скоростью до 58,3 м/с, прорезала канал через остров Сенотаф и образовала в рыхлых отложениях серию уступов до 7,5 м высоты. Длительность события составила всего около 5-8 минут. Анализ аэрофотоснимков показал, что за последние 200 лет подобные события происходили здесь не менее 6-7 раз.

Данные по алтайским оползням-обвалам позволяют интерпретировать выше отмеченные физико-механические явления подобным образом [Бутвиловский, 1993 и др.]. Несмотря на то, что были проведены основательные исследования, защищены производственные отчёты и опубликованы материалы, призывающие обратить самое пристальное внимание на опасность этих явлений и связанный с ними риск, должного отклика общественности они не получили. Другими алтайскими исследователями эти сейсмо-гравитационные феномены в дальнейшем на должном уровне не изучались, а «нарисованные картины» происходивших катастрофических событий воспринимались скорее как буйные фантазии их авторов. Дабы ещё раз подчеркнуть, что реконструированные нами события не являются плодами больного воображения, а вполне реалистичны, приведём описание феноменов совсем недавнего (11 декабря 2018 года) обрушения оползня-обвала в Бурейское водохранилище на Дальнем Востоке России, тем более, что одному из авторов статьи (В. Е. Кириллову) удалось изучить ситуацию непосредственно на месте. Кроме этого, весьма полезная информация об этом событии содержится в недавно опубликованных статьях А.Н.Махинова [2019] и О.В.Зеркаля с соавторами [2019].

Установлено, что на момент обрушения оползня-обвала на склонах долины снежный покров достигал 70 см, а акватория водохранилища имела ледяной покров толщиной 70-

80 см. Ширина акватории в месте обрушения составляла 500-550 м, глубина – 65-70 м. Правый южный склон долины водохранилища здесь менее крут, достигает относительных высот 250-300 м, расчленён долинами притоков с узкими заливами длиной 1,5-3,0 км, а у подножия осложнён пологим широким (1,1 км) террасоувалом, тыльная часть которого возвышается до 60 м от уреза водохранилища. Левый северный склон, с которого обрушился оползень, крутой (около 30°) и имеет высоту 300-350 м (рис. 1, 2). Видимая часть ниши отрыва имеет в плане U-образную форму, её длина превышает 600 м, ширина достигает в средней части 500 м, «глубина» – около 100 м, а ложе от субвертикальной верхней стенки дугообразно выполаживается к урезу воды и прикрыто раздробленным при оползании суглинисто-щебнисто-глыбовым чехлом мощностью до 10-12 м. Аккумулятивное оползневое тело занимает площадь более 250 тыс.м², объём около 25 млн м³ и образует в плане «трёхпалую» форму. У подножия левого склона долины оно имеет наименьшую ширину (146 м) и высоту над урезом воды (8,5 м), у правого пологого террасоувала достигает максимальной высоты (47 м) и ширины (620 м).

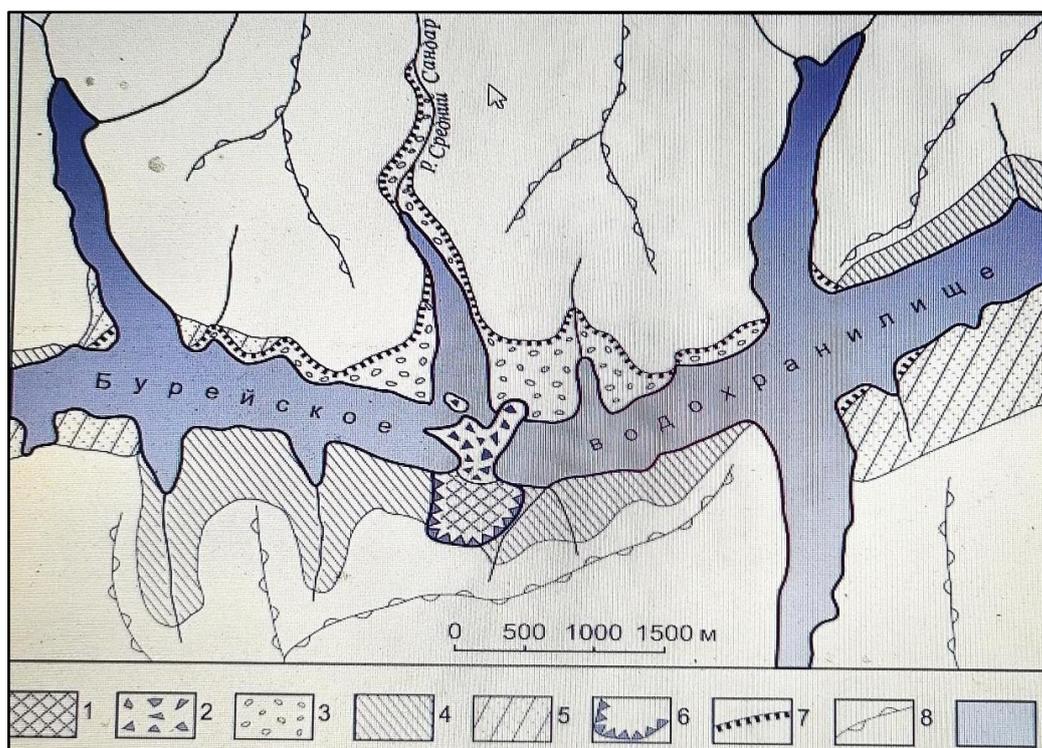


Рис. 1. Положение оползня и волны заплеска в долине р. Бурей [Махинов и др., 2019, рис. 3]: 1 – поверхность скольжения оползня, 2 – оползневое тело, 3 – ареал уничтоженного леса, 4 – крутые склоны, 5 – пологие склоны, 6 – стенка срыва, 7 – граница заплеска волны, 8 – гребни водоразделов, 9 – акватория водохранилища

Возникновению оползня именно в этом месте способствовали повышенная трещиноватость горных пород и их аномальная насыщенность грунтовыми водами. Оползневое тело состоит из глинисто-песчано-щебнисто-мелкоглыбового материала с глыбами до 12 м в поперечнике у его поверхности. Местами на оползне имеются крутосклонные конусовидные горки высотой до 3 м, сложенные довольно однородным мелкозёмом или щебнем с примесью суглинка (рис. 2). Такие горки возникают обычно при взрывоподобных выбросах обломочного материала из недр оползней при их движении.

Обрушение блоков горных пород в глубокое водохранилище происходило двумя главными кратковременными (28 сек и 14 сек) примерно равными по объёму подвижками с перерывом между ними около 10 сек. Средняя скорость первого перемещения оценивается в 25-26 м/сек. Второе в конечной фазе было ещё более быстрым (до 60 м/сек) и частично шло на «воздушной подушке» [Зеркаль и др., 2019].

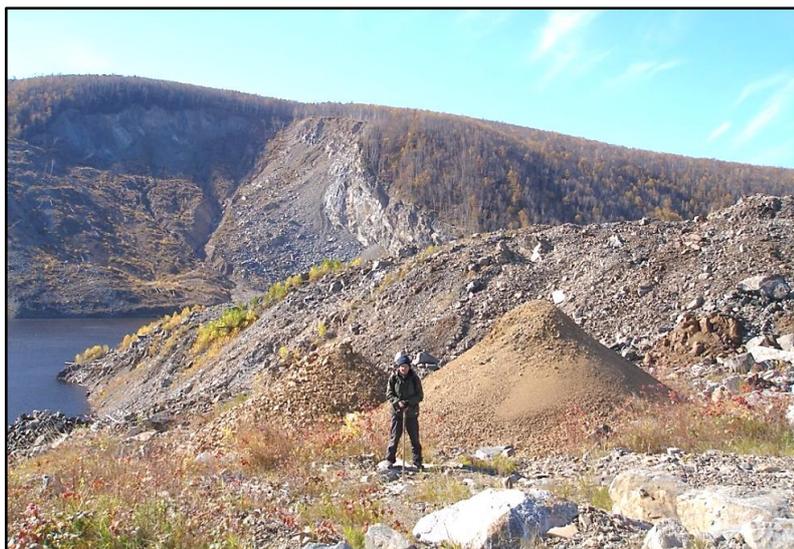


Рис. 2. Ниша отрыва оползня-обвала, тело оползня на правобережье и конусовидные горки выброса обломочного материала из недр оползня (фото В. Е. Кириллова)

Стремительное обрушение огромных масс горных пород вызвало мощную воздушную ударную волну, а следом за ней и большую волну водяную, которую местные исследователи называют «цунами», выделяя три её разновидности, а также

волны обратного отката [Махинов и др., 2019]. Сразу отметим, что такие волны неправильно называть «цунами». Цунами возникают при ударах снизу, а не сверху и сбоку. Они имеют огромную длину и в месте зарождения малую, почти незаметную высоту. Обычно одно событие состоит из нескольких волн (нескольких накатов и откатов, причём наибольшей высоты и длины достигает не первый). Перемещаясь почти незаметными на сотни и тысячи километров, волны цунами могут наращивать свою высоту вблизи побережий. Их высота у берегов обычно не превышает 10-15 м, а заплеск редко превосходит 20-35 метров. Волны от обрушений в водоёмы оползней-обвалов совершенно иные по параметрам, кинематике, а также по сопутствующим и разрушительным эффектам. Обычно они одиночны и в открытой водной среде начинают затухать через 10-30 км. Это не «цунами». Они давно обозначены в научной литературе «ударными волнами», поэтому научно неправильно и неэтично прикреплять к ним журналистские клише...



Рис. 3. Скопление стволов деревьев, принесённых ударной волной к уровню ее заплеска на террасовале (фото В. Е. Кириллова)

О том, как «плескались» волны вблизи оползня Буреи, имеются разные реконструкции и о них можно много спорить. Для нас же важнее, каковыми оказались следы их воздействия на окружающую среду. Воздушная ударная волна пошла веером в север-северо-

восточном направлении и через 600-700 м начала затухать и резко уменьшать свою разрушительную силу. Именно воздушной волной были переломаны стволы деревьев примерно на уровне уже лежащего снежного покрова (около 70 см). Подобное действие воздушных ударных волн нам удалось наблюдать как результат падения крупных снежных лавин в горах Кузнецкого Алатау, где в конце зимы лавинные воздушные волны в радиусе 250-350 м срезают деревья на уровне 2-3 м, соответствующему толщине снежного покрова.

Вслед за воздушной волной пошла водная ударная волна, высота заплеска которой на большей части правобережного террасовала составляла около 60 м выше уреза водохранилища. На террасовале она подхватила уже срезанные деревья, вырвала оставшиеся, а также пни с корневищами и складировала плавучую древесину у границы

заплеска в виде «баррикады» высотой до 3 м (рис. 3). Ударная волна срезала не только лес, но и склоновый чехол, обнажив вблизи побережья коренные выходы. Остатки корней деревьев начинают встречаться на увале лишь в 200-250 метров от берега, а останки пеньков – в 350 м. Льда было выброшено немного, что свидетельствует в пользу того, что вода максимально высокой части волны шла по поверхности льда водохранилища и крушила его давлением сверху вниз, раздробив до округлых кусков не крупнее 50-60 см. Часть деревьев волна отката унесла обратно в водохранилище и попутно также смывала мёрзлый и талый грунт. Однако главная масса водной ударной волны пошла в расположенную напротив долину рч. Средний Сандар – сначала в её залив протяженностью 1,8 км, а затем пронеслась ещё 1,8 км по «сухой» части долины, где и выклинилась (рис. 1 и 4). Наибольшей высоты заплеска (90 м) волна достигла в сужении долины в 2,3 км от её устья. Средняя скорость её движения составила, судя по данным сейсмографии, около 20 м/сек. По ходу движения она также вырывала деревья, эродировала грунт, складировала брёвна, а затем откатилась назад в водохранилище, прихватив с собой большую часть смытого леса и заплеснувшись уже на левобережье в оползневую нишу отрыва до высоты 22 м.



Рис. 4. Ареал смытого леса и грунта на склонах залива и долины рч. Средний Сандар (фото В. Е. Кириллова)

Боковые части ударной волны пошли вправо и влево по самому водохранилищу и были заметно ниже и слабее фронтальной. Кроме этого им сильно мешал лёд водохранилища, который надо

было взламывать на всём их пути и который способствовал их затуханию. В итоге вверх (на восток) по водохранилищу волна оставила следы разрушительных заплесков на протяжении 12 км, а вниз (на запад) – около 8 км. Далее в обе стороны лёд водохранилища был разбит крупными трещинами ещё на протяжении 2-3 км [Махинов, 2020]. Проксимальные к движению этих волн выступы берегов подверглись большим заплескам и разрушениям (до высоты 40-30 м, а через 5-6 км – до 10-5 м), «теневые» участки берегов – гораздо меньшим заплескам (рис. 1, 5), а заводы оказались забиты плавающими деревьями (рис. 5).



Рис. 5. Следы разрушительного заплеска волны вверх по водохранилищу; заводь водохранилища со скоплением плавника (фото В. Е. Кириллова)

Приведённые сведения и приложенные фотографии наглядно свидетельствуют о том, каковы явления, сопутствующие оползням-обвалам в водоемы, и каковы связанные с ними разрушения ландшафтов. Надо отметить, что Бурейский оползень не был особо крупным. Известны гораздо более мощные, причём обрушенные тоже недавно. В частности, в 1963 году оползень в водохранилище Вайонт (Италия) вызвал ударную волну выше 260 м, которая перехлестнула через плотину и, мчась вниз по долине, снесла десятки поселений и убила несколько тысяч человек. И это в обжитой обустроенной Европе!... Казалось бы, после такого случая должны быть проведены специальные исследования обвальнo-оползневой устойчивости склонов (прежде всего вблизи акваторий горных озёр и водохранилищ), разработаны и осуществлены мероприятия обеспечения необходимой и возможной безопасности населения и сооружений, правила и допуски строительства в таких районах, профилактические инженерные конструкции, повышающие устойчивость склонов, оборудованы системы оповещения и даны указания о правильном поведении людей на случай возможной катастрофы. Увы, нам не удалось найти информацию о должном проведении столь необходимых профилактических работ. Если что-то и проводилось, то на уровне разговоров в узком кругу или незначительных рекогносцировочных исследований. А ведь в тех же Альпах крупных горных озёр и водохранилищ более чем достаточно. Достаточно и исторической информации об обрушении оползней и обвалов.



Рис. 6. Панорама Королевского озера (длина около 8 км, ширина до 1,2 км, глубина до 190 м) и городка Берхдесгаден (около 8 тыс. жителей) (<https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6nigssee>).

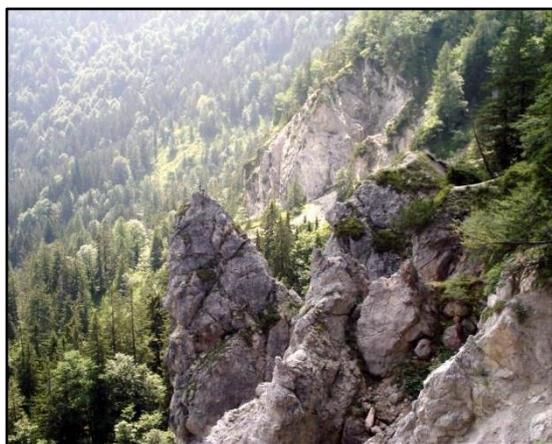


Рис. 7. Раздробленные скальные выходы в верхних частях склонов Королевского озера (фото В. В. Бутвиловского)

Когда один из авторов обратился к немецким коллегам-географам с предложением написать и «пробить» проект на исследование устойчивости склонов Королевского озера в Баварских Альпах, то должного понимания, энтузиазма и поддержки он, к своему удивлению, не нашёл. Установка власть имущих и опрофессоренных экологов выглядит простой: не нагнетайте, господа, обстановку, не возбуждайте население – пока ещё ничего не случилось и на нашем веку не случится. Иначе говоря, на жителей тех мест им наплевать... На нашем веку может и не

случиться, но после того как один из авторов побывал на озере и провёл там рекогносцировочные наблюдения, то увиденная им реалистическая картина заставляет расценивать ситуацию иначе. Большая часть склонов вокруг озера сложена известняками и доломитами, имеет превышения от 1000 до 2100 м, крутизну – 30-50° и в верхних частях сильно трещиновата, раздроблена и закарстована (рис. 6, 7).

В последнюю ледниковую эпоху котловина и борта озера подвергались мощной экзарации, однако бывшая троговая форма котловины в постледниковое время уже искажена многочисленными нишами отрыва последующих довольно крупных горных обвалов. Наиболее крупная ниша отрыва наблюдается на правом борту у мыса Св. Бартоломея, где её крупный оползень-обвал (около 70-80 млн м³) почти полностью перегородил озеро. Ныне он большей частью перекрыт маломощным пролювием левого притока водоема (рис. 8). Далее к югу имеется ещё один обвал (около 10 млн м³), который отделяет от Королевского озера его часть, названную Верхним озером. Этот обвал зарегистрирован в каталоге Геологической службы и считается весьма молодым (несколько сотен лет) (<https://www.gamssteig.de/themen/bergsturz-alpine-landschaftsform>). В районе городка Берхдесгаден поперечный вал крупной конечной морены размыт на глубину более 30 м и следы мощной эрозии прослеживаются вниз по долине истока на протяжении 10-12 км при ширине до 600-650 м. Не исключено, что эта эрозия обусловлена большей частью ударными волнами, которые неизбежно возникали при падении в озеро обвалов. В частности вышеотмеченный обвал Св. Бартоломея вполне мог вызвать волну с заплеском в несколько сотен метров, которая через 5 км перемещения вдоль озера на выходе в широкую долину еще могла иметь высоту до 25-40 м, а может и более (нужны дополнительные исследования местности).

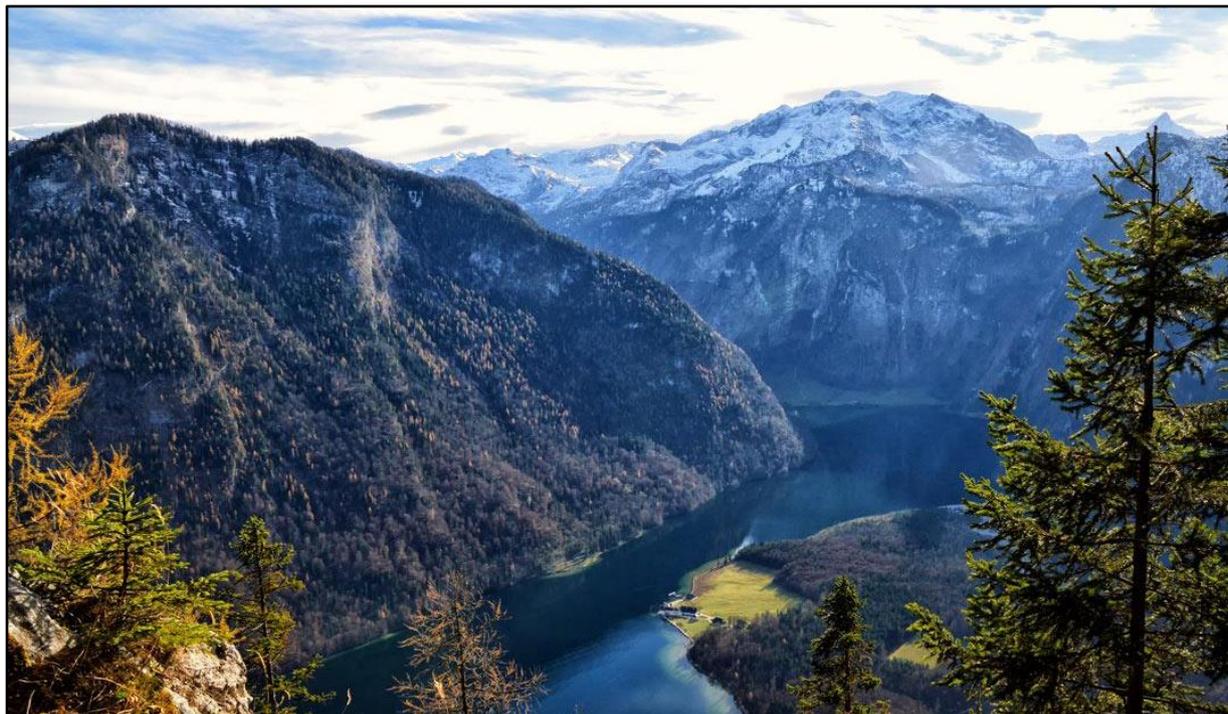


Рис. 8. Крупная ниша отрыва (на фото – слева) и ее оползень-обвал, перекрытый пролювиальным конусом выноса (на фото – справа) в районе Св. Бартоломея (из <https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6nigssee>).

Полагаем, что уже этих данных достаточно, чтобы обратить на проблему самое пристальное внимание и для начала хотя бы разработать и внедрить систему предохранительных мероприятий для населения. От сильных землетрясений в большинстве случаев людей спасает правильное и надёжное сейсмоустойчивое строительство, правильный выбор строительных площадок и материало-конструкций, а также правильное

поведение людей. К большинству эффузивных вулканических извержений люди тоже неплохо приспособились и обычно организованно покидают участки возможного наползания лавы и выброса вулканических бомб. Ясно, что «остановить» обрушение обвалов и оползней на таких крутых склонах и при таких превышениях вряд ли возможно, но организовать круглосуточный видео-мониторинг за акваторией, систему оповещения и индивидуальные убежища для людей в пределах досягаемости за 1-2 минуты – можно. Однако ничего этого не делается. По крайней мере нам не удалось найти информацию о проведении подобных мероприятий ни для Королевского озера, ни для других водоёмов горной части Европы.

Не лучше обстоят эти дела и в горных областях России, также известной недавними оползневыми и обвальными катастрофами. Наши призывы обратить внимание на их особую опасность (исходя из данных по акватории Телецкого озера) остались гласом вопиющих в пустыне [Бутвиловский, Бутвиловская, 1991 и др.], испугавшим разве что некоторых жителей кордонов на Телецком озере. И хорошо, что лишь на короткое время. Люди не могут жить в постоянном страхе: или перестают обращать внимания на опасность, или же создают от опасности какую-то самозащиту.

Однако сообщение об подводном оползне у пос. Яйлю (см. преамбулу) заставило нас вновь вернуться к этой теме. Особенностью Телецкого озера является не только возможность обрушения в водоём крупных и гигантских блоков скальных коренных пород, но и сползания огромных объёмов рыхлых толщ, которые накоплены как на подводных бортах самого озера, так и на его сухопутных «террасах». Наиболее крупные коренные блоки-сбросы с зияющими трещинами отседания километровой протяженности установлены нами над террасой Беле (25x3x1,5 км), в районе Караташа (10x4x1 км), заливов Камга, Колдор, Кокши, Ижон, Самыш. Склоны котловины осложнены многочисленными нишами обвального отрыва [Бутвиловский, 1993, рис. 68]. Зияющие трещины отседания на склонах здесь также не редкость, что отмечал в районе Алтынту почти сто лет назад и Н. Л. Бубличенко [1937] (рис. 9).



Рис. 9. Аккумулятивная терраса Беле и нависающие над озером склоны Алтынту с многочисленными нишами обвального отрыва и эрозионно-лавиными желобами (превышение склона около 2 км) (фото из https://de.wikipedia.org/wiki/Telezker_See)

Опасность мощного оползания в озеро присуща здесь и рыхлым отложениям. Наиболее мощные (более 100-200 м) накоплены на террасах Беле и Яйлю. Их ареалы круто «висят» на

300-400 м выше дна озера, содержат в своём основании и средних частях крупные линзы и толщи пластичных озерно-ледниковых илов (до 10-30 м мощности), имеют внутри себя структуры и нарушения более раннего оползания, субвертикального смещения и отседания, а на поверхности – ярко выраженный оползневой рельеф [Бутвиловский, 1993, см. «Геоморфологическая карта участка северного побережья Телецкого озера (Яйлю)»]. Эти оползни большей частью возникли при быстром снижении уровня Телецкого озера в позднеледниковье и возобновлялись в позднем голоцене как в ходе роста его уровня (на 40 м), так и при сезонных его колебаниях (до 6-8 м). Дополнительно к этому оползание рыхлых толщ могли вызвать свойственные региону умеренные землетрясения, обильные дождевые и снеговые осадки, насыщающие рыхлые толщи водой, мощные осенне-зимние штормы и прибойная абразия побережий и озерного «шельфа». В настоящее время к комплексу причин оползневых явлений может весьма эффективно подключиться и интенсивная застройка террас Яйлю и Беле. Она не только создаёт дополнительную весовую нагрузку на грунты, но и изменяет их дренаж. Всё это сейчас значительно повышает оползневую опасность района, которая, очевидно, уже начала реализовываться...

Эпилог. Наш ответ сотрудникам Алтайского биосферного заповедника был следующим: *«Чтобы сказать о ситуации более определённо, нужно больше информации. Спусковой причиной оползания может быть многое. Но дело даже не в этом. Дело в общей геоморфологической и геологической ситуации участка Яйлю. А она весьма благоприятствует крупным оползневым явлениям. На схеме, которую я вам посылал, а также в моей книге даётся информация об оползнях на участке Яйлю... Сейчас, вероятно, начинается новый этап активизации оползневых процессов. Не исключено, что дополнительную нагрузку на грунты оказывает всё большая и большая застройка территории... Дополнительным давлением и оползанием затрагиваются прежде всего глубинные части (ведь 100-150 метровая рыхлая толща террасы Яйлю "висит" на 200-300 м над дном озера). Равновесие сейчас нарушилось и следует ожидать продолжения оползания уже на суше. Не исключено, что часть террасы может оползти в озеро вместе с частью посёлка. На вашем месте я бы обратился в администрацию республики, чтобы помогли провести необходимые геологические исследования, разобрались со строительством (где можно и где нельзя) и обезопасили территорию хотя бы простым поверхностным и глубинным дренажом с помощью канав и буровых скважин. Это сделать надо, не откладывая в долгий ящик. Хотя бы на всякий случай, на будущее... Информировуйте. Чем могу – помогу».* Прошло почти два года. Новой информации получено не было...

Список использованной литературы

- Белоусов Т.П. Тектонические движения Памира в плейстоцене-голоцене и сейсмичность. – М.: Наука, 1976. – 120 с.
- Бондарев Л.Г. Ледники и тектоника. – Л.: Наука, 1975. – 110 с.
- Бубличенко Н.Л. Геологическое строение берегов Телецкого озера и его происхождение // Исследования озёр СССР, вып. 9. – Л.: Изд-во Гос. гидрол. ин-та, 1937. – С. 27-39.
- Бутвиловский В.В., Бутвиловская Т.В. Обвалы и водоёмы: Известные модели взаимодействия, исторические аналоги на Алтае, современный уровень риска // Экзогенные процессы на территории Алтайского края: Тез. докл. – Барнаул, 1991. – С. 26-28.
- Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: Событийно-катастрофическая модель. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 253 с.
- Дайсон Дж. Л. В мире льда. Пер. с англ. – Л.: Гидрометиздат, 1966. – 232 с.
- Ефремов Ю.В. Голубое ожерелье Кавказа. – Л.: Гидрометиздат, 1988. – 160 с.
- Зеркаль О.В., Махинов А.Н., Кудымов А.В., Харитонов М.Е., Фоменко И.К., Барыкина О.С. Буреинский оползень 11 декабря 2018 г. Условия формирования и особенности механизма развития. // ГеоРиск, том XIII, № 4, 2019. – С.18-30.

Махинов А.Н., Ким В.И., Остроухов А.В., Матвеев Д.В. Крупный оползень в долине реки Бурея и цунами в водохранилище Бурейской ГЭС. // Вестник ДВО РАН, 2019, № 2. – С. 35-44.

Селегей В.В., Селегей Т.С. Телецкое озеро // Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. – Л.: Гидрометиздат, 1978. – 142 с.

Солоненко В.П. Оползни и обвалы в сейсмических зонах и их прогноз // Гидрогеология и инженерная геология. Международный геол. конгресс, XXV сессия. – М.: Наука, 1976. – С. 57-67.

Хромовских В.С. Каменный дракон. – М.: Мысль, 1984. – 156 с.

Molnia V.F. Processes on a glacier-dominated coast, Alaska // L. Geomorphologie. – 1985, b. 57. – P. 141-159.

Bergsturz und Felssturz in den Bayerischen Alpen – 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gamssteig.de/themen/bergsturz-alpine-landschaftsform> (дата обращения 01.12.2023)

Königssee, Википедия – 2010 [Электронный ресурс]. – URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6nigssee> (дата обращения 04.12.2023)

Telezker See, Википедия – 2012 [Электронный ресурс]. – URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Telezker_See (дата обращения 05.12.2023)