

УДК 551.24 (234.9)

DOI: 10.23671/VNC.2017.3.9502

О ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПАХ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЛАВИНООБРАЗНЫХ ПОТОКОВ И ДИНАМИЧЕСКИХ ТИПАХ ЛЕДНИКОВ, ОПАСНЫХ ПО ИХ ПРОЯВЛЕНИЮ

© 2017 М. Г. Бергер, д.г.-м.н., проф.

Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: berger7@rambler.ru

Согласно современным представлениям, все лавинообразные потоки генетически однотипны и имеют экзогенную склоново-гравитационную природу. Катастрофические события, произошедшие в последнее время на ледниках Центрального Кавказа и в сопредельных с ними районах перигляциальной зоны, показывают, однако, что такой тип лавинообразных потоков не исчерпывает всего разнообразия существующих в природе их типов.

Одним из типов чрезвычайно опасных катастрофических лавинообразных потоков являются газодинамические, генетически связанные с па-роксизмальными взрывоподобными направленными газодинамическими выбросами ледников, впервые установленными автором при изучении Колкинской (Геналдонской, Кармадонской) катастрофы 2002 года. К это-му же генетическому типу относятся, в частности, Уаскаранские (Перу) ка-тастрофические лавинообразные потоки 1962 и 1970 гг., а также Колкин-ские (Геналдонские) 1902 и 1752 гг., Девдоракские (Казбекские) 1832 и 1776 гг., Араратские 1840 г. и некоторые другие.

Важнейшей особенностью катастрофических лавинообразных потоков этого типа является чрезвычайно высокоскоростное, нередко субгори-зонтальное (и даже направленное вверх) движение огромных ледово-каменных масс на значительной части пути по воздуху.

Ключевые слова: генетические типы катастрофических лавинообразных потоков, динамические типы ледников, газодинамический выброс ледника Колка.

Склоново-гравитационные лавинообразные потоки (С-Г-ЛОП)

Согласно обычным, наиболее распространенным представлениям, все лавинообразные потоки генетически однотипны и имеют экзогенную склоново-гравитационную природу.

Основные особенности этих потоков охарактеризованы Т.Г. Войничем-Сяноженским и В.Г. Созановым [1997].

Согласно характеристике этих авторов, одной из важнейших особенностей этих потоков является их способность развивать большие скорости на крутых участках горных склонов. Высокие скорости их субгоризонтального движения и тем более движение с набором высоты, против направления действия силы тяжести не предполагаются.

Катастрофические события, произошедшие в последнее время на ледниках Центрального Кавказа и в сопредельных с ними районах перигляциальной зоны, показывают, однако, что этот тип лавинообразных потоков, представляющих исключительно большую опасность, не исчерпывает всего разнообразия существующих в природе их типов.

Газодинамические лавинообразные потоки (ГД-ЛОП) и взрывоподобные внезапные газодинамические выбросы как причина возникновения (запуска) этих потоков

Одним из таких типов катастрофических лавинообразных потоков являются газодинамические (ГД-ЛОП), впервые установленные при изучении Колкинской (Геналдонской, Кармадонской) катастрофы 2002 года [Бергер, 2004, 2006 и др.] с эпицентром на леднике Колка (проявившийся, в основном, на большей части пути,

в Геналдонском ущелье катастрофический лавинообразный поток обычно именуется, соответственно, Геналдонским).

По способу зарождения (запуска) и механизму движения этот поток представляет собой инерциальное движение ледникового материала, выброшенного в результате исключительно мощного взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка, произошедшего примерно в 20 часов 08 минут 20 сентября 2002 года.

В общем случае взрывоподобный внезапный газодинамический выброс представляет собой крайне быстро протекающее высвобождение огромного количества энергии расширяющихся высоконапорных сжатых природных газов в ограниченном пространстве, вызывающее разрушение, отрыв и движение твердофазного материала вмещающей среды.

Считается, что внезапные газодинамические выбросы имеют техногенное (антропогенное) происхождение либо являются природно-техногенными. В связи с этим необходимо подчеркнуть, что внезапные взрывоподобные газодинамические выбросы могут происходить и спонтанно, без какого-либо техногенного воздействия на горный массив. Одним из таких, чисто природных, стихийных явлений был внезапный газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 года.

Если, вслед за Ф. А. Баумом и др. [1959, с. 9] считать, что «работа, совершаемая при взрыве, обусловлена быстрым расширением газов или паров, *независимо от того, существовали ли они до или образовались во время взрыва*» (выделено мной. – М. Б.) (эта формулировка сохранена и во втором, переработанном издании книги [Баум и др., 1975, с. 9]), то техногенные взрывы и внезапные газодинамические выбросы (в том числе чисто природные, стихийные, происходящие без какого бы то ни было, даже косвенного вмешательства человека, как это случилось в 2002 г. на леднике Колка) – абсолютно идентичные, однотипные явления.

Принципиально аналогичными по характеру, но менее масштабными являются, очевидно, Уаскаранские (Перу) катастрофические ЛОП 1962 и 1970 гг., так и оставшиеся генетически нерасшифрованными, несмотря на большую длительность их изучения и большое количество посвященных им публикаций.

Генетически нерасшифрованными остались и другие случаи проявления ЛОП, по всей вероятности (судя по их весьма сходным совершенно экстраординарным особенностям), этого же типа (ледник Колка, июль 1902 г., 1752 г. и более ранние, Девдоракский ледник, 1832 г., 1776 г. и, возможно, некоторые другие, катастрофические события на горе Арарат, 1840 г., очевидно, газодинамические по механизму запуска и особенностям проявления лавинообразные потоки разных лет на склонах вулкана Рейнир в Каскадных горах на северо-западе США (штат Висконсин), в Чугачских горах на Аляске и др.).

Важнейшей особенностью катастрофических лавинообразных потоков этого типа является чрезвычайно высокоскоростное, нередко субгоризонтальное (и даже направленное вверх) движение огромных ледово-каменных масс на значительной (большей) части пути по воздуху (как принято в таких случаях образно говорить, «на воздушной подушке»). Понимаемая в буквальном смысле, эта метафора нередко является источником недоразумений, необоснованных и ошибочных предположений в научных построениях).

Субазеральное прохождение таких потоков может сопровождаться шлейфом осыпания части обломочного материала.

В силу полного, абсолютного незнания и непонимания большинством исследователей исключительно мощного по величине выделившейся энергии взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка и вызванного им гигантского Геналдонского лавинообразного потока, в считанные минуты перебросившего (в основном, безусловно, по воздуху) около 100 млн. тонн ледово-каменного материала из Колкинского цирка на 15 и более километров в Кармадонскую котловину (остановленного лишь непреодолимой механической преградой Скалистого хребта), и вообще взрывоподобных газодинамических и сопровождающих их явлений, ни в какой мере не являющихся экзогенными склоново-гравитационными, и, кроме того, в силу допущенных ошибок при их моделировании, недопустимого игнорирования важнейшего момента их возникновения (запуска), а также при необоснованном, опровергаемом фактами неоднократном приписывании чудодейственных свойств воде в нереально большом ее количестве, газодинамические лавинообразные потоки и механизм их движения различные авторы представляют в виде некоего странного сочетания явлений селевого, лавинного, обвального и оползневого типов [Божинский, Черноморец, 2007] или только селевого и лавинного [Петраков, 2008] или же, наконец, просто в качестве обычного безнапорного движения жидкости под действием силы тяжести [Зарини, Каменецкий, 2010], что ни в малейшей мере не позволяет объяснить эту крупнейшую в истории России ледниковую катастрофу.

* * *

В плане рассмотрения данного круга вопросов отметим, прежде всего, особенности механического действия взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка. Они в значительной мере идентичны многократно описанным [Докучаев и др., 1963; Родионов и др., 1971; Родионов и др., 1986; Покровский, 1980; Ромашов, 1976, 1980; Бейкер и др., 1986; Адушкин, Спивак, 1993; Механическое..., 1994; и мн. др.] особенностям механического действия малозаглубленных подземных взрывов на выброс или на сброс (принципиально такими же являются особенности механического действия внезапных газодинамических выбросов в подземных горных выработках [Петухов, Линьков, 1983; Петросян и др., 1983; Ходот, 1961, 1967; Забигаило и др., 1980; Бирюков, 2011; и мн. др.]).

Основными проявлениями механического действия взрывоподобного газодинамического выброса ледника Колка являются:

1) разрушение ледника, экранировавшего скопление высоконапорных сжатых поствулканических газов, служившего непроницаемым барьером на пути их восходящей миграции; весьма показательным, что разрушенным (и в значительной мере выброшенным) оказался весь ледник до его основания, все части вертикального профиля ледника, а не только его поверхностная и приповерхностная зоны, как это бывает при быстрых гляциодинамических подвижках;

2) чрезвычайно высокоскоростное малоубывающее по скорости с расстоянием неоднотадийное инерциальное движение ледово-каменных продуктов разрушения ледника в поле силы тяжести под действием энергии сжатых газов, запасенной в кусках выбрасываемого материала;

3) образование полости (воронки) выброса на месте уничтоженного выбросом ледника;

4) практически синхронное с этим образование гигантского завала (навала) перемещенного выбросом материала продуктов разрушения ледника Колка в Кармадонской котловине на удалении около 15 км от эпицентра выброса – вне непосредственной пространственной связи с прежним контуром ледника и за пределами площади распространения современных гляциальных отложений.

В связи с наклонным залеганием поверхности ледника Колка выброс носил направленный характер: при центробежном характере разлета выброшенного материала в эпицентре, султан выброса в целом был асимметричным – основное количество выброшенного ледово-каменного материала испытало мощное *направленное* метание, каналированное бортами Колкинского и Геналдонского ущелий. Дальность же его инерциального движения оказалась ограниченной механической преградой Скалистого хребта и была бы, несомненно, большей при отсутствии этой преграды.

Подобно осколкам, образующимся при техногенных взрывах, многочисленные обломки ледово-каменного материала, образовавшиеся при взрывоподобном газодинамическом выбросе ледника Колка, летели по воздуху, с огромной силой ударялись в борта ущелья, иногда вонзались в них, проникали на некоторую глубину и застревали в них. Как пишут по поводу осколочного действия взрыва У. Бейкер с соавторами [1986, с. 86], «первоначальная потенциальная энергия сжатого газа переходит в кинетическую энергию осколков». Проявление осколочного действия газодинамического выброса ледника Колка подчеркивает именно взрывоподобный (а отнюдь не селевой, не склоново-гравитационный – типа обвала, срыва, соскальзывания, оползня, подвижки-обрушения и т. п.) характер этого выброса. Аналогичные явления, судя по имеющимся описаниям [Пагирев, 1902, с. 210; Обвал..., 1904, с. 65], имели место и при катастрофическом выбросе ледника Колка 3 июля 1902 г.

В диагностическом плане весьма характерными и показательными газогеодинимическими эффектами на этапах подготовки, проявления и завершения газодинамического выброса ледника Колка были:

1. Трещинно-обвальный, денудационно-аккумуляционный (эффект резкого снижения прочностных свойств и устойчивости склонового залегания горных пород в области питания ледника).

2. Трещинно-инфильтрационный (эффект резкого возрастания проницаемости и, соответственно, улучшения фильтрационных свойств горных пород в литосферном субстрате ледника и в сопредельной перигляциальной области).

3. Эффект продолжительного интенсивного концентрированного прорыва большого количества высоконапорных глубинных природных газов непосредственно под ледник и связанного с ним постепенного отжатия ледника от его ложа и длительного устойчивого и увеличивающегося куполообразования на леднике, особенно в почти не нагруженной обвалами левой (северной) части его тыльной зоны (эффект газового домкрата).

4. Предкатастрофический эффект поверхностных струйных газовыделений («фумарол») в приледниковой разломной трещинно-разрывной зоне обвалов.

5. Взрывоподобный внезапный газодинамический выброс ледника со всеми сопутствующими ему явлениями, включая разрушение ледника до его основания, отрыв большей части ледника от ледникового ложа и боковых пород, высокоскоростной разлет (метание) ледово-каменных продуктов разрушения ледника, ударную воздушную волну гигантской интенсивности и пр. Это основное пароксизмальное катастрофическое событие в эпицентральной зоне катастрофы, приведшее к крайне

быстрому, почти мгновенному разрушению, уничтожению и исчезновению ледника Колка, обобщенно может быть названо также *газодинамической аннигиляцией ледника* (в зарубежных публикациях в данном случае часто говорят о коллапсе ледника Колка, не указывая, однако, сколько-нибудь определенно и, главное, доказательно причину и механизм этого коллапса).

При характеристике этого пароксизмального взрывоподобного газодинамического выброса (который гляциологи в последнее время часто именуют подвижкой – неожиданной, внеурочной, преждевременной и т. п.) важно обратить внимание, в частности, на то, что выброшенной оказалась бóльшая, основная часть ледника Колка, а не какая-то «избыточная», «сверхнормативная» (в соответствии с представлениями В. Г. Ходакова [1974], К. П. Рототаева и др. [1983], а также Л. В. Десинова и других гляциологов) его часть, считающаяся ими «критической».

6. Посткатастрофический эффект продолжительных поверхностных струйных газовыделений в эпицентральной зоне выброса и вблизи от нее.

* * *

Значительные по масштабам катастрофические природные и природно-техногенные газодинамические процессы в поверхностной и близповерхностной (первые 100-200 м от дневной поверхности) зонах являются довольно редкими.

Причина этого состоит в необходимости выполнения ряда существенных условий (довольно редко в полной мере реализующихся в природе) для возникновения возможности подготовки, запуска и протекания газодинамических явлений. Перечислим важнейшие из этих условий.

1. Наличие источников длительной интенсивной генерации огромного количества природных газов.

Основной источник высоконапорных газов, вызвавших взрывоподобный направленный газодинамический газоледокаменный выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г., а затем, после выброса ледника, обусловивших многодневное интенсивное свободное поверхностное газовыделение в эпицентре катастрофы и сопредельной с ним зоне, очевиден – им были глубинные поствулканические газы, постоянно генерирующиеся в глубинных зонах Казбекско-Джимарайского района и всей Казбекской неовулканической области.

2. Наличие путей концентрированной миграции природных газов. Наиболее часто такими путями служат трещинно-разрывные зоны, в пределах которых горные породы обладают высокой проницаемостью (фильтрационной способностью).

3. Наличие в поверхностной или близповерхностной зоне на путях миграции природных газов газонепроницаемого либо слабопроницаемого барьера (экрана, покрышки, флюидоупора) со свободной (открытой, обнаженной) поверхностью либо создание такой поверхности в процессе ведения горных работ.

4. Наличие либо возможность возникновения в ходе миграции газов пород-коллекторов и перекрытых газонепроницаемыми барьерами ловушек (резервуаров, природных емкостей) для поступления и накопления в них значительных количеств природных газов.

5. Небольшая толщина ледника (или иного локального газоупорного барьера со свободной поверхностью), определяющая его гравитационный потенциал и силы его связи (сцепления, сmerzания) с вмещающими породами.

6. Наличие условий для возникновения и быстрого возрастания аномально высокого (сверхвысокого) пластового давления природных газов.

Все перечисленные моменты в полной мере реализуются в подледниковом субстрате ледника Колка.

При подготовке, запуске и протекании взрывоподобного внезапного газодинамического выброса ледника Колка, безусловно, в полной мере проявились и указанные И. М. Петуховым и А. М. Линьковым [1983 и др.] дополнительные условия.

В частности, согласно мнению этих крупнейших специалистов в области механики горных ударов и внезапных газодинамических выбросов, проявление взрывного разрушения зависит от наличия достаточно больших начальных трещин в горных породах и от внешних воздействий, способствующих образованию и распространению трещин. Без выполнения таких дополнительных условий сама по себе «большая энергия не приводит к взрыву. Если же условия роста трещин оказываются выполненными, то происходит катастрофа – громадный избыток энергии, запасенный в газе, вызывает взрыв» [Петухов, Линьков, 1983, с. 246].

В связи с этим необходимо заметить, что взрыв, точнее, взрывоподобный внезапный газодинамический выброс ледника Колка 2002 г., как известно, в течение, по меньшей мере, двух месяцев, интенсивно готовился, в том числе и в отношении возникновения достаточно больших начальных трещин в леднике, и в отношении сильных сотрясательных сейсмоударных и обвальнударных внешних воздействий на ледник, способствовавших образованию и распространению трещин в леднике. Этому же способствовали и интенсивно проявившиеся в тыльной части ледника на заключительном этапе подготовительной стадии выброса процессы куполообразования [Тутубалина и др., 2005; Бергер, 2007; и др.].

В реконструктивно-диагностическом плане важно подчеркнуть и такую аналогию между подземными внезапными газодинамическими выбросами и газодинамическим выбросом ледника Колка. Как отмечает Ю. М. Бирюков [2011, с. 6], «внезапные выбросы угля и газа происходят не мгновенно – процесс выброса длится несколько минут». Тем более не мог быть (и, безусловно, не был) мгновенным гигантский газодинамический выброс ледника Колка. Все это (а также отмечаемый Ю. М. Бирюковым [там же] скачкообразный характер подготовки и развития выбросов с различными по продолжительности интервалами между скачками), естественно, не могло не отразиться на сейсмических записях Колкинской катастрофы [Заалишвили, Невская, 2003; Заалишвили и др., 2004, 2005а, б, 2007 и др.; Заалишвили, Харебов, 2008; Заалишвили, Мельков, 2012; и др.]. Вышеизложенное, кстати, полностью соответствует давно высказанным и экспериментально доказанным положениям механики внезапных газодинамических выбросов [Николин и др., 1967; Петухов, Линьков, 1983; Петросян и др., 1983] и механики разрушения [Николаевский, 1981].

Полигенные (полигенетические) лавинообразные потоки (ПГ-ЛОП)

Катастрофическое событие 17 мая 2014 года на Девдоракском леднике [Заалишвили, Мельков, Дзеранов и др., 2014; Тавасиев, Галушкин, 2014; Черноморец, 2014] указало на существование в природе еще одного типа весьма опасных лавинообразных потоков – *полигенных* (ПГ-ЛОП), вызываемых совместным действием различных эндогенных и экзогенных факторов.

К этому типу относятся лавинообразные потоки сложного (неоднотипного) генезиса и характера протекания – обвального-газодинамические, обвального-газодинамотермальные, обвального-геотермальные, сейсмогенно-обвальные и др.

Характерной особенностью полигенных (полигенетических) ЛОП, по-видимому, зачастую является участие в их возникновении тех или иных эндогенных флюидодинамических и геотермальных факторов, имеющих обычно поствулканический генезис.

В какой-то мере полигенными (полигенетическими) могут считаться и другие ЛОП, поскольку в их возникновении нередко принимают то или иное, в том числе существенное, участие, наряду с другими, и сейсмические факторы.

Это – грунтовые потоки, без элементов воздушного (субаэрального, «эолового») переноса ледникового материала.

Интересно, что, как отмечают В. Б. Заалишвили, Д. А. Мельков, Б. В. Дзеранов и др. [2014], характер сейсмического сопровождения Девдоракского потока 17 мая 2014 г. сходен с характером сейсмического сопровождения катастрофического Геналдонского ЛОП 20 сентября 2002 г. Этот факт заслуживает детального рассмотрения и обсуждения.

Основные динамические типы ледников

С учетом процессов энерго- и массообмена, протекающих в газодинамических ледниковых системах (мегасистемах), включающих не только ледники и области их питания, но и их литосферный субстрат (в том числе его глубокие горизонты), существуют ледники 1) *квазиравновесные* (динамически относительно устойчивые, неопасные по ледниковым пульсациям любого типа и, соответственно, по катастрофическим лавинообразным потокам), 2) *неравновесные* (динамически неустойчивые, опасные по гляциодинамическим быстрым подвижкам и склоново-гравитационным лавинообразным потокам) и 3) *сильно неравновесные* (динамически весьма неустойчивые, опасные по кратко охарактеризованным выше газодинамическим и полигенным лавинообразным потокам).

Примерами ледников первого типа, по-видимому, является ледник Майли (с которым ранее иногда ошибочно связывали различные природные катастрофы), второго типа – ледник Колка (взрывоподобные направленные газодинамические выбросы и связанные с ними катастрофические инерциальные газодинамические лавинообразные потоки сентября 2002 г., июля 1902 г. и 1752 г., а также, по-видимому, более ранние, не имеющие сколько-нибудь точной датировки) и Девдоракский ледник (катастрофические лавинообразные потоки 17 мая 2014 г., 1832 г., 1776 г. и, вероятно, некоторые другие).

Важно еще раз подчеркнуть, что сильно неравновесные условия, существующие в ледниках третьего, динамически весьма неустойчивого, типа, и связанная с ними опасность проявления газодинамических и полигенных лавинообразных потоков, обусловлены, прежде всего, действием глубинных, эндогенных факторов, а не проявляющимися на поверхности Земли климатическими, сезонно-гидрометеорологическими, гравитационными, обвальными-денудационными и иными экзогенными факторами.

Заключение о существенной роли воздействия эндогенных (прежде всего, флюидных) факторов (в частности, газодинамического) на развитие ледника Колка и, по-видимому, некоторых других пульсирующих ледников существенно меняет сло-

жившиеся представления в данной области, традиционно относящейся к динамической гляциологии, но, безусловно, далеко выходящей за ее рамки и требующей привлечения методических подходов, результатов и понятийно-терминологического аппарата геологии, геомеханики и некоторых других областей науки.

К методике определения динамических типов ледников и связанных с ними природных опасностей

Вышеизложенное показывает, что в основе методики определения динамических типов ледников и связанных с ними природных опасностей должны лежать следующие важнейшие моменты.

1. Детальная реконструкция динамических состояний и особенностей развития ледников в течение как можно более длительного периода.

2. Признание возможного существенного участия эндогенных геодинамических и геотермальных факторов в развитии ледников, включая быстрые ледниковые подвижки и катастрофические лавинообразные потоки. Выявление признаков эндогенного воздействия на ледники.

3. Признание существования в природе, наряду со склоново-гравитационными, газодинамическими и полигенными катастрофическими лавинообразными потоками. Выявление случаев их проявления.

Особенно важным является применение такого подхода при изучении ледников Приказбекской и Приэльбрусской областей новейшего вулканизма. В современную геологическую эпоху эти области характеризуются широким проявлением поствулканических процессов, которые могут продолжаться еще многие тысячелетия. Именно эндогенными поствулканическими процессами обусловлены многие катастрофические события на этих ледниках и в их перигляциальной зоне.

Использование (и некоторое развитие) кратко охарактеризованного выше методического подхода в исследовании, например, ледника Колка предполагает:

1) изучение истории ледника в течение как можно более длительного интервала времени его существования, выявление закономерностей в его развитии, установление факторов, определяющих это развитие и его закономерности;

2) изучение Колкинской катастрофы 2002 г. и других событий на леднике, установление их геодинамического типа, механизма протекания и причин (факторов, вызывающих эти события и определяющих их особенности);

3) изучение современного состояния и тенденций развития ледника Колка, процессов, протекающих в ледниковом ложе, в области питания ледника и в подледниковом пространстве (литосферном субстрате ледника);

4) прогнозирование развития ледника на ближайшие десятилетия и более отдаленную перспективу, в частности, оценка возможности повторения катастрофической пульсации ледника Колка и прогноз времени ее возможного проявления.

Некоторые заключения по отмеченному кругу вопросов были сделаны автором в предшествующих публикациях.

В завершение еще раз отметим крайне слабую разработанность, бездоказательность, противоречивость (даже в рамках одной и той же работы) и во многом ошибочность принимаемой в гляциологии трактовки затронутых в статье вопросов, нередко обсуждаемых гляциологами и другими географами, но являющихся по своей сути не географическими, а геологическими.

Литература

1. Адушкин В. В., Спивак А. А. Геомеханика крупномасштабных взрывов. – М.: Недра, 1993. – 319 с.
2. Баум Ф. А., Станюкович К. П., Шехтер Б. И. Физика взрыва. – М.: Физматгиз, 1959. – 800 с.
3. Баум Ф. А., Орленко Л. П., Станюкович К. П., Чельшев В. П., Шехтер Б. И. Физика взрыва/Под ред. К. П. Станюковича. Изд. 2-е, перераб. – М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. лит., 1975. – 704 с.
4. Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П., Кулеш Дж., Стрелов Р. Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х кн. Кн. 2. – М.: Мир, 1986. – 384 с.
5. Бергер М. Г. Газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г. – новое катастрофическое природное явление // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Тезисы докладов Международной конференции, г. Владикавказ, 23-26 июня 2004 г. – Владикавказ: РЕМАРКО, 2004. – С. 4-5.
6. Бергер М. Г. Природная катастрофа на леднике Колка 20 сентября 2002 года – внезапный газодинамический выброс ледника // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах. Доклады Международной конференции. Владикавказ – Москва, 23-26 июня 2004 г. – Владикавказ: Олимп, 2006. – С. 41-49.
7. Бергер М. Г. О предвестниках внезапного газодинамического выброса ледника Колка 20 сентября 2002 года // Материалы VI Международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий». Владикавказ, 28-30 мая 2007 г. – Владикавказ: Терек, 2007. – С. 194-208.
8. Бирюков Ю. М. Техногенная газодинамика. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 159 с.
9. Божинский А. Н., Черноморец С. С. Моделирование казбекских ледниковых завалов XVIII-XIX вв. // Материалы гляциологических исследований. – 2007. – Вып. 103. – С. 91-95.
10. Войнич-Сяноженцкий Т. Г., Созанов В. Г. Лавинообразные потоки. Возникновение, динамика и воздействие на окружающую среду. – Владикавказ: Изд-во СОГУ, 1997. – 221 с.
11. Докучаев М. М., Родионов В. Н., Ромашов А. Н. Взрыв на выброс. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 108 с.
12. Заалишвили В. Б., Невская Н. И. Сход ледника Колка 20 сентября 2002 года и задачи информационных технологий изучения природных систем // Информационные технологии и системы: новые информационные технологии в науке, образовании, экономике (НИТНОЭ-2003). Международная научно-техническая конференция. Т. 2. – Владикавказ, 2003. – С. 175-180.
13. Заалишвили В. Б., Невская Н. И., Харебов А. К. Анализ инструментальных записей схода ледника Колка по данным локальной сети сейсмических наблюдений // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. – 2004. – Т. 4. №3. – С. 58-64.
14. Заалишвили В. Б., Невская Н. И., Макиев В. Д., Мельков Д. А. Интерпретация инструментальных данных процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. – 2005а. – Т. 5. №3. – С. 43-54.
15. Заалишвили В. Б., Невская Н. И., Мельков Д. А. К вопросу интерпретации инструментальных данных процессов схода ледника Колка 20 сентября 2002 года:

Докл. [6 Российская национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (с международным участием). Сочи, 19-24 сент. 2005. Вып. 3] // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2005б. – № 6. – С. 13-17.

16. Заалишвили В. Б., Невская Н. И., Макиев В. Д., Мельков Д. А. Особенности процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года по инструментальным данным // Геофизика XXI столетия: 2006 год. Сборник трудов Восьмых геофизических чтений им. В. В. Федынского (2-4 марта 2006 г., Москва). – Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2007. – С. 191-199.

17. Заалишвили В. Б., Харебов К. С. Исследование процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года по динамическим характеристикам инструментальных записей // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа: Труды Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 20-22 сентября 2007 г. – Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2008. – С. 202-221.

18. Заалишвили В. Б., Мельков Д. А. Особенности процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года и его макросейсмическое проявление по инструментальным данным современных регистрационных систем // Геология и геофизика Юга России. – 2012. – № 3. – С. 29-44.

19. Заалишвили В. Б., Мельков Д. А., Дзеранов Б. В., Кануков А. С., Габарев А. Ф., Шепелев В. Д. Сход каменно-ледовой лавины в районе ледника Девдорак 17 мая 2014 года по инструментальным данным // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – № 4. – С. 122-128.

20. Забигаило В. Е., Широков А. З., Кратенко Л. Я., Лукинов В. В., Стовас Г. М. Геологические условия выбросоопасности угольных пластов Донбасса. – Киев: Наукова думка, 1980. – 192 с.

21. Зарини А. Г., Каменецкий Е. С. Оценка скорости движения ледово-каменной массы и селя при катастрофическом сходе ледника Колка // Устойчивое развитие горных территорий. – 2010. – № 1. – С. 27-29.

22. Механическое действие взрыва. Сборник. – М.: ИДГ РАН, 1994.

23. Николаевский В. Н. Динамическая прочность и скорость разрушения // Механика. Новое в зарубежной науке. Вып. 26. Удар, взрыв и разрушение. – М.: Мир, 1981. – С. 166-203.

24. Николин В. И., Меликсетов С. С., Беркович И. М. Выбросы породы и газа. – М.: Недра, 1967. – 81 с.

25. Обвал Геналдонского ледника // Ежегодник Кавказского горного общества в г. Пятигорске. 1902 и 1903 гг. № 1. – Пятигорск, 1904. – С. 61-66.

26. Пагирев Д. Д. Падение ледников с Гимарай-хоха // Известия Кавказского отдела Императорского Русского географического общества. – 1902. – Т. 15. Вып. 3. – С. 205-210.

27. Петраков Д. А. Многостадийные ледниковые катастрофы как особый тип стихийно-разрушительных процессов гляциального генезиса // Материалы гляциологических исследований. – 2008. – Вып. 105. – С. 87-96.

28. Петросян А. Э., Иванов Б. М., Крупеня В. Г. Теория внезапных выбросов. – М.: Наука, 1983. – 152 с.

29. Петухов И. М., Линьков А. М. Механика горных ударов и выбросов. – М.: Недра, 1983. – 280 с.

30. Покровский Г. И. Взрыв. 4-е изд. – М.: Недра, 1980. – 190 с.
31. Родионов В. Н., Адушкин В. В., Костюченко В. Н., Николаевский В. Н., Ромашов А. Н., Цветков В. М. Механический эффект подземного взрыва. – М.: Недра, 1971. – 224 с.
32. Родионов В. Н., Сизов И. А., Цветков В. М. Основы геомеханики. – М.: Недра, 1986. – 301 с.
33. Ромашов А. Н. Особенности развития выброса породы при взрывах на склоне // Разрушение и деформирование твердой среды взрывом. Взрывное дело. Сборник № 76/33. – М.: Недра, 1976. – С. 85-97.
34. Ромашов А. Н. Особенности действия крупных подземных взрывов. – М.: Недра, 1980. – 244 с.
35. Рототаев К. П., Ходаков В. Г., Кренке А. Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. – М.: Наука, 1983. – 169 с.
36. Тавасиев Р. А., Галушкин И. В. Каменно-ледовый обвал с горы Казбек 17 мая 2014 года // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. – 2014. – Т. 14. № 2. – С. 43-45.
37. Тутубалина О. В., Черноморец С. С., Петраков Д. А. Ледник Колка перед катастрофой 2002 года: новые данные // Криосфера Земли. – 2005. – Т. IX. № 4. – С. 62-71.
38. Ходаков В. Г. Особенности формирования баланса льда пульсирующего ледника Колка // Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. – 1974. – Вып. 24. – С. 116-125.
39. Ходот В. В. Внезапные выбросы угля и газа. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 363 с.
40. Ходот В. В. Международный конгресс по проблеме внезапных выбросов газов и пород. Отчет о заграничной командировке. – М., 1967. – 37 с.
41. Черноморец С. С. Новый «Казбекский завал» 17 мая 2014 года // Природа. – 2014. – № 7. – С. 67-72.

DOI: 10.23671/VNC.2017.3.9502

GENETIC TYPES OF CATASTROPHIC AVALANCHE-LIKE FLOW AND DYNAMIC TYPES OF THE GLACIERS, WHICH ARE HAZARDOUS FOR THEIR MANIFESTATION

© 2016 M. G. Berger, Sc. Doctor (Geol.-Min.), prof.

Geophysical institute VSC RAS, Russia, 362002, RNO-Alania, Vladikavkaz,
Markov Str., 93 a, e-mail: berger7@rambler.ru

According to the modern concepts, all of the avalanche flows are genetically similar and have exogenous slope-gravitational nature. Catastrophic events happened in recent years on the glaciers of the Central Caucasus and the adjacent areas of periglacial zone indicate, however, that this type of avalanche flows does not exhaust the diversity of their types existing in nature.

One of the extremely dangerous catastrophic avalanche types is gas-dynamic one genetically associated with paroxysmal explosive directional gas dynamic surge of glaciers, for the first time determined by the author during the study of Kolka (Genaldon, Karmadon) disaster of 2002. In particular, Waskaran (Peru) catastrophic avalanche flows in 1962 and 1970, as well as Kolka (Genaldon) in 1902 and 1752, Devdorak (Kazbek) in 1832 and 1776, Ararat flows in 1840 and some others are referred to the same genetic type.

The most important feature of such type of catastrophic avalanche flows is extremely high speed, often sub-horizontal (and even upward) movement of huge ice-rock masses over the air on a large part of the way.

Keywords: genetic types of catastrophic avalanche-like flows, dynamic types of glaciers, gasdynamic ejection of the glacier Kolka.

References

1. Adushkin V.V., Spivak A.A. Geomehanika krupnomasshtabnyh vzryvov [Geomechanics of large explosions]. Moscow, Nedra Publ., 1993. 319 p. (in Russian).
2. Baum F.A., Stanyukovich K.P., Shehter B.I. Fizika vzryva [Physics of explosion]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1959. 800 p. (in Russian).
3. Baum F.A., Orlenko L.P., Stanyukovich K.P., Chelyshev V.P., Shehter B.I. Fizika vzryva [Physics of explosion]. 2-nd revised edition. Ed by K.P. Stanyukovicha. Moscow, Glav-naya redakcyia fiz.-mat. lit. Nauka Publ. 1975. 704 p. (in Russian).
4. Bejker U., Koks P., Uestajin P., Kulesh Dzh., Strelou R. Vzryvnye yavleniya. Ocenka i posledstviya [Explosive phenomena. Evaluation and consequences]. In 2 books, Book. 2. Moscow, Mir Publ., 1986. 384 p. (in Russian).
5. Berger M.G. Gazodinamicheskij vybros lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 g. – novoe katastroficheskoe prirodnoe yavlenie [Gasdynamic ejection of the Kolka glacier on September 20, 2002 – A new catastrophic natural phenomenon]. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii "Preduprezhdenie opasnykh situacij v vysokogornyh rajonah", g. Vladikavkaz, 23–26 iyunya 2004 g [Abstracts of the international conference "Prevention of dangerous situations in high-altitude areas", Vladikavkaz, June 23–26, 2004]. Vladikavkaz, Remarko Publ., 2004, pp. 4–5. (in Russian).
6. Berger M.G. Prirodnaya katastrofa na lednike Kolka 20 sentyabrya 2002 goda – vnezapnyj gazodinamicheskij vybros lednika [Catastrophe on the Glacier Kolka on September 20, 2002 – sudden gas-dynamic discharge of the glacier]. Doklady Mezhdunarodnoj konferencii "Preduprezhdenie opasnykh situacij v vysokogornyh rajonah", Vladikavkaz – Moskva, 23–26 iyunya 2004 g [Procs. of international conference "Prevention of dangerous situations in high-altitude areas", Vladikavkaz, June 23–26, 2004]. Vladikavkaz, Olimp Publ., 2006, pp. 41–49. (in Russian).
7. Berger M.G. O predvestnikah vnezapnogo gazodinamicheskogo vybrosa lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda [On the precursors of the sudden gas-dynamic discharge of the Kolka glacier on September 20, 2002]. Materialy VI Mezhdunarodnoj konferencii «Innovacionnye tehnologii dlya ustoichivogo razvitiya gornyh territorij». Vladikavkaz, 28–30 maya 2007 g. [Materials of VI international conference "Information technologies for sustainable development of mountainous regions", Vladikavkaz, May 28–30, 2007]. Vladikavkaz, Terek Publ., 2007, pp. 194–208. (in Russian).

8. Biryukov Yu.M. Tehnogennaya gazodinamika [Technogenic gas dynamics]. Kalinin-grad, FGBOU VPO «KGTU» Publ., 2011. 159 p. (in Russian).
9. Bozhinskij A.N., Chernomorec S.S. Modelirovanie kazbekskih lednikovyh zavalov XVIII-XIX vv [Modeling of the Kazbek glacial debris of the 18th-19th cc]. Materialy glyacio-logicheskikh issledovanij, 2007, Issue 103, pp. 91–95. (in Russian).
10. Vojnich-Syanozhenckij T.G., Sozanov V.G. Lavinoobraznye potoki. Vozniknovenie, dinamika i vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu [Avalanche flows. Appearance, dynamics and impact on the environment]. Vladikavkaz, North Ossetian State University, 1997. 221 p. (in Russian).
11. Dokuchaev M.M., Rodionov V.N., Romashov A.N. Vzryv na vybros [Explosion blowout]. Moscow, Academy of Sciences of USSR, 1963. 108 p. (in Russian).
12. Zaalishvili V.B., Nevskaya N.I. Shod lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda i zadachi informacionnyh tehnologij izucheniya prirodnyh sistem [Kolka glacier fall on September 20, 2002 and the tasks of information technologies for studying natural systems] Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya Informacionnye tehnologii i sistemy: novye informacionnye tehnologii v nauke, obrazovanii, ekonomike [International scientific-practical conference “Information technologies and systems: new information technologies in science, education and economics”. 2003, Vol.2. Vladikavkaz, 2003, pp. 175–180. (in Russian).
13. Zaalishvili V.B., Nevskaya N.I., Harebov A.K. Analiz instrumental'nyh zapisej shoda lednika Kolka po dannym lokal'noj seti seismicheskikh nablyudenij [Analysis of instrumental records of the glacier Kolka fall from the local network of seismic observations] Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra RAN i RSO-A, 2004, Vol. 4, No. 3, pp. 58–64. (in Russian).
14. Zaalishvili V.B., Nevskaya N.I., Makiev V.D., Mel'kov D.A. Interpretaciya instrumental'nyh dannyh processa shoda lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda [Interpretation of instrumental data of the process of the glacier Kolka fall on September 20, 2002] Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra RAN i RSO-A, 2005, Vol. 5, No. 3, pp. 43–54. (in Russian).
15. Zaalishvili V.B., Nevskaya N.I., Mel'kov D.A. K voprosu interpretacii instrumental'nyh dannyh processov shoda lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda [On the interpretation of the instrumental data of the processes of the glacier Kolka fall on September 20, 2002]. Seis-mostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij, 2005, No. 6, pp. 13–17. (in Russian).
16. Zaalishvili V.B., Nevskaya N.I., Makiev V.D., Mel'kov D.A. Osobennosti processa shoda lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda po instrumental'nym dannym [Features of the process of the glacier Kolka fall on September 20, 2002 on instrumental data]. Geofizika XXI stoletiya: Sbornik trudov Vos'mykh geofizicheskikh chtenij im. V.V. Fedynskogo (2–4 marta 2006 g., Moskva) [Geophysics of XXI century: Procs. of 8-th geophysical readings. Tver', OOO «Iz-datel'stvo GERS», 2007. pp. 191–199. (in Russian).
17. Zaalishvili V.B., Harebov K.S. Issledovanie processa shoda lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda po dinamicheskim karakteristikam instrumental'nyh zapisej [The study of the process of the glacier Kolka fall on September 20, 2002, on the dynamic characteristics of instrumental records] Opasnye prirodnye i tehnogennye geologicheskie processy na gornyh i predgornyh territoriyah Severnogo Kavkaza: Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Vladikavkaz, 20-22 sentyabrya 2007 g. – Vladikavkaz, VSC RAS and RNO-Alania, 2008, pp. 202–221. (in Russian).
18. Zaalishvili V.B., Mel'kov D.A. Osobennosti processa shoda lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda i ego makroseismicheskoe proyavlenie po instrumental'nym dannym sovremennykh registracionnykh sistem [Features of the process of the glacier Kolka fall on September 20, 2002 and its macroseismic manifestation according to the instrumental data of modern registration systems]. Geologiya i geofizika Yuga Rossii, 2012, No. 3, pp. 29–44. (in Russian).
19. Zaalishvili V.B., Mel'kov D.A., Dzeranov B.V., Kanukov A.S., Gabaraev A.F., Shepelev V.D. Shod kamennolodovoj laviny v rajone lednika Devdorak 17 maya 2014 goda po instrumental'nym dannym [The descent of the stone-ice avalanche near the Devdorak glacier on May 17, 2014, according to instrumental data]. Geologiya i geofizika Yuga Rossii, 2014, No. 4, pp. 122–128. (in Russian).
20. Zabigajlo V.E., Shirokov A.Z., Kratenko L.Ya., Lukinov V.V., Stovas G.M. Geologicheskie usloviya vybrosoopasnosti ugol'nyh plastov Donbassa [Geological conditions of ejection danger of coal seams of Donbass]. Kiev, “Naukova dumka” Publ., 1980. 192 p. (in Russian).
21. Zarini A.G., Kameneckij E.S. Ocenka skorosti dvizheniya ledovo-kamennoj massy i selya pri katastroficheskom shode lednika Kolka [Estimation of the speed of movement of ice-rock mass and mudflow at the catastrophic glacier Kolka fall]. Ustoichivoe razvitie gornyh territorij, 2010, No. 1, pp. 27–29. (in Russian).

22. Mehanicheskoe dejstvie vzryva [The mechanical action of the explosion]. Moscow, Institute of Geosphere Dynamics (IDG) RAS, 1994. (in Russian).
23. Nikolaevskij V.N. Dinamicheskaya prochnost' i skorost' razrusheniya [Dynamic strength and rate of failure]. Mekhanika. Novoe v zarubezhnoj nauke, Issue 26 "Udar, vzryv i razrushenie". Moscow, Mir Publ., 1981, pp. 166–203. (in Russian).
24. Nikolin V.I., Meliksetov S.S., Berkovich I.M. Vybrosov porody i gaza [Outburst of rock and gas]. Moscow, Nedra Publ., 1967. 81 p. (in Russian).
25. Obval Genaldonskogo lednika [Genaldon glacier avalanche]. Ezhegodnik Kavkazskogo gornogo obshhestva v g. Pyatigorske, 1902 and 1903, No. 1. Pyatigorsk, 1904, pp. 61–66. (in Russian).
26. Pagirev D.D. Padenie lednikov s Gimara-j-hoha [The fall of glaciers from the Guimarai-Khokh]. Izvestiya Kavkazskogo otdela Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshhestva, 1902, Vol. 15, Issue 3, pp. 205–210. (in Russian).
27. Petrakov D.A. Mnogostadijnye lednikovye katastrofy kak osobyj tip stihijno-razrushitel'nyh processov glyacial'nogo genezisa [Multistage glacial catastrophes as a special type of spontaneously destructive processes of glacial genesis]. Materialy glyaciologicheskikh issledovanij, 2008, Issue 105, pp. 87–96. (in Russian).
28. Petrosyan A.Je., Ivanov B.M., Krupenya V.G. Teoriya vnezapnyh vybrosov [The theory of sudden outbursts]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 152 p. (in Russian).
29. Petuhov I.M., Lin'kov A.M. Mekhanika gornyh udarov i vybrosov [The mechanics of rock bursts and outbreaks]. Moscow, Nedra Publ., 1983. 280 p. (in Russian).
30. Pokrovskij G.I. Vzryv [Explosion]. 4-rd edition. Moscow, Nedra Publ., 1980. 190 p.
31. Rodionov V.N., Adushkin V.V., Kostyuchenko V.N., Nikolaevskij V.N., Romashov A.N., Cvetkov V.M. Mekhanicheskij effekt podzemnogo vzryva [Mechanical effect of underground explosion]. Moscow, Nedra Publ., 1971. 224 p. (in Russian).
32. Rodionov V.N., Sizov I.A., Cvetkov V.M. Osnovy geomekhaniki [Fundamentals of geomechanics]. Moscow, Nedra Publ., 1986. 301 p. (in Russian).
33. Romashov A.N. Osobennosti razvitiya vybrosov porody pri vzryvah na sklone [Features of the development of rock outbursts in explosions on the slope]. Razrushenie i deformirovanie tverdoj sredy vzryvom. Vzryvnoe delo, 1976 No. 76/33. Moscow, Nedra Publ., 1976, pp. 85–97. (in Russian).
34. Romashov A.N. Osobennosti dejstviya krupnyh podzemnyh vzryvov [Features of the action of large underground explosions]. Moscow, Nedra Publ., 1980. 244 p. (in Russian).
35. Rototaev K.P., Hodakov V.G., Krenke A.N. Issledovanie pul'siruyushhego lednika Kolka [Study of the pulsating glacier Kolka]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 169 p. (in Russian).
36. Tavasiev R.A., Galushkin I.V. Kamlenno-ledovyy obval s gory Kazbek 17 maya 2014 goda [Rock-ice avalanche from Mount Kazbek on May 17, 2014]. Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra RAN i RSO-A, 2014, Vol. 14., No. 2, pp. 43–45. (in Russian).
37. Tutubalina O.V., Chernomorec S.S., Petrakov D.A. Lednik Kolka pered katastrofoj 2002 goda: novye dannye [Glacier Kolka before the 2002 catastrophe: new data]. Kriosfera Zemli, 2005, Vol. IX, No. 4, pp. 62–71. (in Russian).
38. Hodakov V.G. Osobennosti formirovaniya balansa l'da pul'siruyushhego lednika Kolka [Features of the formation of the balance of ice of pulsating glacier Kolka]. Materialy glyaciologicheskikh issledovanij. Hronika, obsuzhdeniya, 1974, Issue 24, pp. 116–125. (in Russian).
39. Hodot V.V. Vnezapnye vybrosov uglya i gaza [Sudden emissions of coal and gas]. Moscow, Gosgortehizdat Publ., 1961. 363 p. (in Russian).
40. Hodot V.V. Mezhdunarodnyj kongress po probleme vnezapnyh vybrosov gazov i porod. Otchet o zagranichnoj komandirovke [International Congress on the sudden release of gases and rocks. Report on a abroad business trip]. Moscow, 1967. 37 p. (in Russian).
41. Chernomorec S.S. Novyj «Kazbekskij zaval» 17 maya 2014 goda [The new "Kazbek blockage" of May 17, 2014]. Priroda, 2014, No. 7, pp. 67–72. (in Russian).