

---

## ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

---

УДК 551.24 (234.9)

DOI: 10.23671/VNC.2018.1.11254

### ОБ УНИКАЛЬНОСТИ СЛУЧАЯ С ЛЕДНИКОМ КОЛКА

© 2018 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

Обсуждаются реконструктивно-генетические и прогностические вопросы, связанные с процессами восстановления ледника на месте бывшего ледника Колка, разрушенного и почти полностью выброшенного из своего вместилища 20 сентября 2002 года.

Главная исходная, первичная уникальная особенность случая с Колкой, определившая на десятилетия многие нередко уникальные особенности процессов, происходящих в его бывшем вместилище, – практически мгновенное исчезновение этого ледника в результате его взрывоподобного внезапного газодинамического выброса.

Уникальность случая с ледником Колка состоит не в том, что он быстро восстанавливается, демонстрируя тем самым безусловную гляциологическую закономерность своего существования в Колкинском ущелье несмотря ни на какие климатические, гидрометеорологические и другие экзогенные условия, а в том, что этот ледник, вопреки всем гляциологическим закономерностям, был практически мгновенно уничтожен и исчез 20 сентября 2002 года отнюдь не по причине деграционных гляциоклиматических условий, без каких-либо гляциологических предпосылок для этого. Уже одни только эти факты со всей очевидностью свидетельствуют о негляциологической причине молниеносного временного исчезновения («схода») ледника Колка и, соответственно, всей Колкинской (Кармадонской, Геналдонской) катастрофы.

Хотя аннигиляция ледника Колка, вызванная его пароксизмальным газодинамическим выбросом, на длительное время (не менее нескольких десятилетий) при любых происходящих в данном районе процессах исключает возможность накопления высоконапорных природных газов в приповерхностной зоне данного участка земной коры, глубинные процессы их выделения, концентрации и восходящей миграции в Казбекско-Джимарайском районе не прекращаются, а возможно, в какой-то мере даже интенсифицируются, усиливаются и ускоряются, что, видимо, и наблюдается в последние годы.

С момента же восстановления ледника Колка и обретения им свойств непроницаемого (газоупорного) барьера газодинамический цикл развития ледника вступит в потенциально опасную фазу, когда возможность проявления следующей катастрофической пульсации ледника определится, в основном, внеледниковыми глубинными поствулканическими процессами в данном районе.

**Ключевые слова:** ледник Колка, исчезновение, восстановление, Колкинская (Кармадонская, Геналдонская) катастрофа, причины, прогноз.

Во время Кармадонской катастрофы Колку полностью выбросило из ложа, осталось открытым каменистое днище.

*О.В. Ротомеева*

Колка не только коварен, но и непредсказуем. Оказывается, возможно появление нового ледника на пустом месте и сейчас как раз такой уникальный случай!.. Существует мнение, что в условиях глобального потепления ледники не могут возникнуть снова на месте исчезнувших, поэтому случай с Колкой уникален.

*О.В. Роттаева*

...Важное значение приобретает выявление потенциально механически неустойчивых и пульсирующих ледников, а также прогноз и реконструкция таких (ледниковых. – М.Б.) пульсаций, что в теоретическом плане остается одной из наиболее сложных и до сих пор не решенных задач.

*А.Ф. Глазовский, М.С. Красс, Ю.Я. Мачерет*

На леднике Колка мы сталкиваемся ... с особым типом движения... Значительную сложность представляет вопрос о необычно высоких скоростях движения льда.

*К.П. Роттаев, В.Г. Ходаков, А.Н. Кренке*

Сила тяжести – это составная часть всех осадочных процессов – водных, эоловых и гляциальных. Гравитация может и сама по себе действовать как агент транспортировки осадка, однако для того, чтобы осадок перемещался в горизонтальном направлении, требуется какой-то дополнительный механизм.

*Р.К. Селли*

...Имел место выброс основных масс ледово-каменного потока, сформированных из глетчерного льда Колки...

*М.Ю. Никитин, О.А. Гончаренко, И.В. Галушкин*

Физическая суть механизма породных выбросов представляется как спонтанный взрыв породы.

*П.Я. Галушко*

Взрывы на выброс и взрывы на сброс ... можно называть направленными, или кумулятивными, поскольку действие взрыва наиболее ярко выражено в определенных направлениях.

*Л.К. Белопухов*

Главная физическая особенность крупномасштабных взрывов на выброс состоит в том, что основная работа взрыва затрачивается на перемещение выбрасываемой породы в поле силы тяжести.

*В.В. Адушкин, Ю.А. Гостинцев, П.П. Фирстов*

Первопричиной внезапных выбросов является газовое давление.

*К. Пауль*

Внезапный выброс – динамическое явление, развивающееся главным образом путем последовательных отрывов газом частиц с обнаженных поверхностей ... под действием силы, возникающей из-за перепада в давлении газа.

*И.М. Петухов, А.М. Линьков*

...Лед является физически твердым телом и как таковое обладает ограниченной прочностью, т.е. при достижении напряжениями критических значений он испытывает хрупкое разрушение (отрывом или сколом), и это свойство важно – оно при определенных условиях проявляется в реальных ледниковых образованиях, приводя к наблюдаемым трещинообразованию и разрушению льда в них.

*С.С. Григорян*

Все выбросы, независимо от выбрасываемого материала, имеют общую природу и характер протекания. Различия между ними сравнительно невелики и касаются не слишком существенных деталей явления.

*И.М. Петухов, А.М. Линьков*

Лишь в неравновесной системе могут иметь место уникальные события.

*И.Р. Пригожин*

Почти мгновенное практически полное уничтожение и исчезновение находившегося в своем ложе карово-долинного ледника Колка и начало формирования нового ледника на месте исчезнувшего – безусловно, уникальные события в истории горного оледенения не только Центрального Кавказа, но и других горно-ледниковых областей.

Первое из этих событий, именуемое «сходом ледника Колка», подвижкой этого ледника (неожиданной, преждевременной, «внеурочной», произошедшей ранее предсказанных сроков), его срывом, сдвигом, обвалом или как-то иначе, нередко (без всяких оснований) связывают с глобальным потеплением, усматривая в этом некое «объяснение» случившегося.

Второе событие, начавшееся и протекающее в таких же климатических условиях, трудно хоть как-то связать с глобальным потеплением, оно остается без каких бы то ни было объяснений и, в силу его безусловно явной аномальности на фоне деградации и отступления других кавказских ледников, просто считается уникальным.

На самом же деле, второе событие – гляциологически вполне закономерное и легко объяснимое. Оно является неизбежным в склоново-гравитационных условиях естественным следствием первого события – гляциологически никак не обуслов-

ленного внезапного освобождения места в опустевшем карово-долинном вместилище бывшего ледника Колка, исчезновения у висячих ледников-притоков удерживающей опоры – подпруживавшего их ледника Колка.

Необходимо отметить, что продвижение нового ледника в Колкинском цирке, вызываемое резким превышением сдвигающих сил над силами сопротивления сдвигу, в морфодинамическом и, очевидно, генетическом отношениях принципиально отличается от быстрых подвижек ледников, в том числе происходящих в деградационных гляциоклиматических условиях. Это наводит на мысль о том, что для проявления быстрых подвижек необходимо действие каких-то дополнительных факторов, возможно, высоконапорных флюидодинамических.

Из приведенного выше в качестве эпиграфа развернутого высказывания О.В. Рототаевой [Лед..., 2015] становится очевидным: гляциодинамически (геомеханически) вполне естественное и закономерное в существующих в Колкинском цирке условиях возникновение (зарождение и продвижение) нового ледника на месте исчезнувшего, происходящее в условиях глобального потепления, означает, что исчезновение старого ледника Колка произошло не из-за глобального потепления (тем более, учитывая практически мгновенный характер этого исчезновения) и не было гляциологически (гляциодинамически или гляциоклиматически) обусловленным, а было вызвано какими-то другими условиями, действующими факторами, механизмами.

Уже из одного этого факта со всей очевидностью следует, что катастрофический пароксизмальный внезапный выброс ледника Колка 20 сентября 2002 года имел не гляциальную, а иную природу.

Это делает совершенно несостоятельными и бесперспективными все многолетние поиски гляциологами и примкнувшими к ним специалистами гляциологических, гляциодинамических, гляциоклиматических, гидрогляциодинамических и тому подобных экзогенных склоново-гравитационных причин Колкинской (Кармадонской, Геналдонской) катастрофы и опровергает все приводимые ими объяснения такого рода, показывая их необоснованность и ошибочность.

\* \* \*

Как известно [Котляков и др., 2014, с. 175 и др.], 20 сентября 2002 г. произошел «молниеносный сход ледника Колка из своего вместилища».

Определение этого катастрофического события в качестве «схода ледника», весьма распространенное в научной литературе (см., например, [Процесс схода..., 2009]), по-видимому, достаточно правомерное и неизбежное (особенно на начальном этапе его изучения), в научном отношении, однако, не вполне определено.

Что же касается метафоры «молниеносный», то она, как метафора, вполне уместна – в течение всего примерно десяти с половиной минут [Заалишвили, Харенов, 2008; Процесс схода..., 2009] практически весь ледник Колка, площадью около 2,5 км<sup>2</sup>, оказался разрушенным до основания (представленного донной мореной) и почти полностью выброшенным из своего вместилища.

Основное количество каменно-ледового материала в виде чрезвычайно высокоскоростного инерциального Геналдонского лавинообразного потока, обдирая борта Колкинского и Геналдонского ущелий до высоты 150–200 и даже 250 м и откладывая обломочный материал в некоторых местах на еще большей высоте (а на днище ущелий оставляя шлейфы осыпания), преимущественно по воздуху в считанные

минуты преодолело расстояние в 15–19 км до механической преграды Скалистого хребта, а затем – до подбучивания (остановки, задержки и осаждения) последующих отложений предшествующими (что принципиально подобно известному в горном деле понятию самоподбучивания материала последующих фаз пульсационно, неоднородно протекающего газодинамического выброса уже отложившимся материалом предшествующих фаз этого выброса).

В результате внезапного взрывоподобного газодинамического выброса («молниеносного схода») ледника Колка почти одновременно возникли гигантская воронка (полость, западина) выброса в бывшем вместилище ледника и, на удалении 15–19 км от нее (точнее, от эпицентра выброса в тыльной части бывшего ледника), близкое по объему к выброшенному леднику Колка гигантское ледовое тело (завал или, по взрывной терминологии, навал), именуемое также «квазиледником» и «ледником Колка-2», сложенное, в основном, бывшим колкинским материалом.

Объяснить это можно только *внезапным взрывоподобным направленным газодинамическим выбросом ледника Колка*. Такое заключение полностью подтверждается всеми весьма многочисленными достоверно установленными фактами, характеризующими особенности подготовки, протекания и завершения Колкинской катастрофы.

Именно таким является характер (геодинамический тип, механизм протекания) совершенно экстраординарной по всем особенностям Колкинской катастрофы.

Таким образом, причиной Колкинской катастрофы является исключительно мощное (высокоэнергетическое) воздействие на ледник высоконапорных глубинных поствулканических газов, в огромном количестве в начале второй половины 2002 г. (июль-сентябрь) прорвавшихся под ледник Колка и вплоть до выброса ледника продолжавших пульсационно поступать в подледниковое пространство, их огромное, непрерывно возрастающее пластовое давление под ледником, значительно превысившее к моменту катастрофы величину геостатического давления ледника и силы его сцепления (смерзания) с вмещающими породами. (После выброса ледника, т.е. после удаления непроницаемого газоупорного барьера, экранировавшего подледниковое пространство, обеспечивавшего его герметичность, высоконапорные глубинные поствулканические газы еще длительное время в затухающем режиме продолжали выделяться непосредственно в атмосферу, образовав огромное парогазовое облако над открывшимся ложем ледника и наглядно демонстрируя главный действующий фактор, вызвавший Колкинскую катастрофу. Основное же количество этих газов было выброшено вместе с ледником.)

\* \* \*

Основная, безусловно, крайне необычная, совершенно уникальная особенность Колкинской катастрофы состоит в исключительно быстром, практически мгновенном субаэральном (преимущественно по воздуху) перебросе с огромной и малоубывающей с расстоянием скоростью порядка 100 млн. м<sup>3</sup> льда и каменных горных пород из Колкинского цирка (места их первоначального залегания) более чем на 15 км в Кармадонскую котловину – до южных отрогов Скалистого хребта, явившихся непреодолимой преградой (механическим барьером), воспрепятствовавшей перебросу этого ледово-каменного материала на еще более значительное расстояние. При отсутствии же механической преграды максимальная дальность движения основной массы выброшенного материала могла бы, безусловно, значительно превы-

силь 20 км. Но и без учета этого начальная скорость массового движения основного количества компактно двигавшегося выброшенного материала продуктов разрушения ледника Колка, определенная по методике, приведенной, в частности, А.Е. Шейдеггером [1981, с. 62-63], была существенно выше 600 км/час (170 м/сек). (Увеличение же расчетной дальности движения этого материала дало бы еще большую величину его начальной скорости.) Это полностью опровергает все высказанные весьма многочисленные предположения о срыве, соскальзывании (сдвиге, выскользывании и т.п.) ледника Колка, его подвижке, обвале, обрушении и т.п., а заодно и существующие мнения о гляциальной, гляциоклиматической, гидрогляциальной, гидравлической, селевой, склонно-гравитационной, импактно-гидравлической, импактной (обвальнo-ударной) и т.п. природе Колкинской катастрофы, решающей роли воды, набора ледником некой критической массы, гравитационного агента переноса, а также многих других упоминаемых различными авторами факторов в этой катастрофе, за исключением газового.

Этот переброс был обусловлен исключительно мощным (высокоэнергетичным) пульсационным неоднoфазным взрывоподобным газодинамическим выбросом ледника Колка, носил инерциальный субгоризонтальный (в своей основной компактно двигавшейся массе) характер и происходил, естественно, в поле силы тяжести. По механизму протекания он был принципиально подобен происходящим на склонах малозаглубленным техногенным направленным взрывам на сброс [Ромашов, 1976, 1980; Черниговский, 1976; и др.].

В интервью О.В. Рототаевой [Лёд..., 2015] говорится: «Во время Кармадонской катастрофы Колку полностью выбросило из ложа, осталось открытым каменистое днище... Существует мнение, что в условиях глобального потепления ледники не могут возникнуть снова на месте исчезнувших...». Но «ледник Колка уже на 16% (по объему, а по площади значительно больше. – М.Б.) восстановился. Это уникальный случай».

Но практически мгновенный катастрофический пароксизмальный выброс ледника Колка, как неоднократно показано автором [Бергер, 2004, 2006а, 2007а и др.], произошел отнюдь не в результате процессов глобального потепления, небывалого потока южных средиземноморских циклонов, накопления под ледниками больших запасов воды и т.п., о чем так много говорится в интервью О.В. Рототаевой и многочисленных других публикациях отечественных гляциологов и других географов по данной проблеме. Все это постоянно привлекаемое гляциологами для объяснения причин и механизма гигантской Колкинской (Кармадонской, Геналдонской) катастрофы 2002 г., не дает для этого ровным счетом ничего. Эта катастрофа – внезапный взрывоподобный направленный газодинамический выброс ледника Колка, включая процессы его подготовки, запуска, протекания, прекращения и постпароксизмального завершения, а также вызванные ими вторичные события, в том числе далеко за пределами ледника, – никак не связана с условиями и процессами глобального или регионального потепления, вообще с любыми изменениями климата или гидрометеорологических условий и возможным накоплением воды под ледниками, и проходящее после катастрофического выброса ледника его восстановление в условиях, когда другие кавказские ледники стаивают, а не нарождаются на пустом месте, еще раз со всей очевидностью показывает (и доказывает) это.

Постепенное восстановление ледника Колка – процесс экзогенный, гляциодинамический, определяемый локальными поверхностными условиями в районе лед-

ника и области его питания. Практически мгновенное же исчезновение (выброс) ледника Колка, с учетом его подготовительной стадии, – процесс эндогенный, газодинамический, никак не связанный с эволюционирующими поверхностными условиями, не зависящий от этих условий и характера их эволюции, определяемый существующими в Казбекско-Джигарайском районе *глубинными* геотермодинамическими, геологическими (прежде всего, поствулканическими), геомеханическими и флюидогеодиническими условиями (также, безусловно, эволюционирующими).

Практически мгновенное полное разрушение, уничтожение и исчезновение ледника Колка, как и хронологически и генетически, безусловно, непосредственно связанное с исчезновением этого ледника образование близкого по объему «квази-ледника» (навала, завала) в Кармадонской котловине, – результат установленного автором [Бергер, 2004, 2006а и др.] взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника. Прежде всего, именно в этом, а не в восстановлении ледника на месте исчезнувшего, состоит важнейшая особенность, главная исходная, первичная уникальность случая с Колкой. Что же касается послекатастрофического восстановления ледника Колка, заполнения ледникового ложа, освободившегося после выброса большей части ледника и стаивания оставшихся в ледниковом ложе остатков льда, то, как отметил еще в 2010 г. в своем интервью автор [Факты..., 2010], это – *нормальный естественный процесс*, может быть, лишь несколько осложненный исключительно неблагоприятными для оледенения климатическими условиями, процесс восстановления обычного естественного состояния гляциальной сферы в данном районе, нарушенного мощным внешним эндогенным газодинамическим воздействием на нее.

То, что несмотря ни на что, в условиях ускоренного таяния всех других ледников на Кавказе, этот процесс происходит (и довольно быстрыми темпами), имеет вполне определенный реконструктивно-генетический смысл: это со всей очевидностью совершенно однозначно свидетельствует о том, что практически мгновенное исчезновение ледника Колка вечером 20 сентября 2002 года (как засвидетельствовал американский космический снимок [Тутубалина и др., 2005], еще в 11 часов 31 минуту того же дня ледник Колка находился на своем обычном месте, в пределах своего обычного контура) *никак не связано* с постоянно очень постепенно протекающими на Земле климатическими изменениями и вызывающими эти изменения факторами, какими бы они ни были.

Установленная автором эндогенная глубинная поствулканическая газодинамическая природа пароксизмального катастрофического выброса ледника Колка 2002 года, как и предшествующих аналогичных по характеру протекания (геодинамическому типу) выбросов этого ледника 1902, 1752 гг., и, безусловно, происходивших более ранних, исключает саму возможность существования какой-либо генетической, детерминистической, причинной (каузальной) обусловленности этих событий протекающими на земной поверхности процессами и поверхностными условиями их протекания.

Не было в 2002 г. (и в течение многих предшествующих тысячелетий), разумеется, и извержения вулкана Казбек или какого-либо другого вулкана в Казбекско-Джигарайском районе, где расположен ледник Колка, и привлечение для объяснения причин Колкинской катастрофы мифической близповерхностной магматической камеры в недрах Казбека с предположительно существующей в ней температурой выше тысячи градусов также лишено оснований. Данный вопрос рассмо-

трен, в частности, в работе [Бергер, 2008, с. 74-75 и др.]. Важные сведения по этому вопросу содержатся в статье [Заалишвили и др., 2015].

\* \* \*

Уникальность случая с ледником Колка несомненна. Но не в том, в чем ее усматривают: это – лишь вторичные следствия, естественный результат исходной, первичной уникальности случая с ледником Колка, происшедшего 20 сентября 2002 года.

Повторим: уникальность случая с ледником Колка состоит не в том, что он постепенно (и довольно быстро) восстанавливается, демонстрируя тем самым *гляциологическую закономерность, так сказать, законность, природную обусловленность своего существования* в Колкинском ущелье несмотря ни на какие климатические, гидрометеорологические и другие экзогенные условия, а в том, что этот ледник, *вопреки всем гляциологическим закономерностям и условиям*, был практически мгновенно уничтожен и исчез 20 сентября 2002 г. отнюдь не по причине деградиционных климатических условий, без каких-либо гляциологических предпосылок для этого. Уже одни только приведенные выше факты со всей очевидностью свидетельствуют о негляциологической причине исчезновения ледника Колка и, соответственно, всей Колкинской катастрофы, основным результатом которой было (безусловно, временное) исчезновение этого ледника.

Происходящее после внезапного взрывоподобного газодинамического выброса ледника Колка восстановление ледника, заполнение освободившегося, опустевшего после выброса ледника, ледникового ложа, в резко деградиционных, крайне неблагоприятных для горного оледенения климатических условиях, обусловленных глобальным потеплением, когда другие ледники Кавказа ускоренно стаивают и отступают, – естественный, нормальный экзогенный гляциологический процесс. Но то, что он происходит, то, что возрождающийся, нарождающийся новый ледник Колка в этих условиях, несмотря ни на что, устойчиво (и довольно быстро) наступает, со всей очевидностью означает, подчеркивает, что процесс весьма скоротечного исчезновения (выброса) ледника из его ложа по вызвавшим его причинам и механизму протекания не был гляциальным, гляциодинамическим (характер и динамика которого определяются льдом) и вообще экзогенным, а носил совершенно иной, не гляциодинамический, характер и был обусловлен совершенно иными, не гляциодинамическими, причинами (действующими факторами).

Предпринятые отечественными гляциологами многочисленные настойчивые попытки затушевать этот совершенно очевидный факт путем привлечения различного рода ничего не дающих предположений о наборе ледником некой критической (необходимой для начала релаксационной подвижки ледника) массы, источниках якобы существовавшего в бассейне ледника Колка аномально большого количества воды и ее якобы «решающей роли» в этой катастрофе, различного рода терминологических ухищрений и т.д. и т.п. с самого начала были несостоятельными. Они не содержали главного – объяснения хорошо известных совершенно экстраординарных особенностей Колкинской катастрофы.

Происходящее в полном соответствии с существующими в данном районе климатическими, а также геоморфологическими и другими условиями восстановление ледника Колка лишь подчеркивает аномальный, уникальный, безусловно, *неклиматический характер условий и процессов его исчезновения, непричастность к этому*

гляциоклиматических факторов, обычно привлекаемых гляциологами и климатологами в качестве причин Колкинской катастрофы.

\* \* \*

Прогнозные оценки дальнейшего состояния и развития ледника Колка и связанные с ними оценки природных опасностей, вызываемых этим ледником, обычно исходят из данных о современном состоянии ледника и области его питания, процессах развития ледника (точнее, процессах, происходящих во вместилище бывшего ледника Колка) в течение немногих лет, прошедших после катастрофы (пароксизмального выброса бывшего ледника Колка, приведшего к его разрушению до основания, уничтожению и исчезновению, т.е. аннигиляции), современных климатических условиях в районе бывшего ледника и, в целом, на Кавказе, а также архаичных, опровергнутых катастрофой, но все еще усиленно поддерживаемых представлений о необходимости набора ледником некой «критической» массы для возникновения опасных процессов на леднике и в Геналдонском ущелье, без определения и учета генетических особенностей и геодинамического характера этих процессов.

В связи с этим необходимо, прежде всего, обратить внимание на специфику первого, начального этапа послепульсационного (посткатастрофического) восстановления ледника Колка, точнее говоря, начального этапа зарождения (рождения, возникновения) нового ледника на месте исчезнувшего ледника Колка, в его бывшем вместилище.

Даже после аномально крупной, но некатастрофической быстрой гляциодинамической подвижки 1969-1970 гг., когда ледник Колка не подвергся столь глубокому (достигшему его ложа, точнее, донной морены) разрушению, как в 2002 г., ледник в течение примерно восьми лет стаивал, в том числе в гипсометрически верхней, тыльной его части, и лишь к концу этого срока было установлено, что «абляционные потери, устойчиво опережавшие в этой зоне аккумуляцию на протяжении всех лет после подвижки, уже почти полностью компенсируются приходом вещества» [Рототаев и др., 1983, с. 151] и что «верхняя часть ледника (3000–3500 м) медленно восстанавливает мощность в тыловой области» [Рототаев и др., 1983, с. 150].

Объясняя такую специфику развития ледника Колка на первом этапе его послепульсационного восстановления (точнее, его восстановления после быстрой подвижки – если более точно придерживаться распространенных в гляциологии [Гляциологический..., 1984 и др.] представлений о пульсациях ледников), К.П. Рототаев [Рототаев и др., 1983, с. 144] пишет: «Если до быстрого наступания поверхностная морена бронировала ледник от усиленного таяния, то при подвижке моренный чехол был разорван, сброшен в трещины, перемешан в массе льда. Ледник утратил защиту от прямой солнечной радиации, поверхностные слои льда обогатились обломочным материалом, существенно возросла его поверхностная абляция».

Все эти процессы, только в гораздо большей мере, более резко и в большем масштабе, проявились на леднике Колка и при катастрофической пульсации 2002 года и в первые годы после нее.

Есть, однако, все основания полагать, что протекающие в ледниковом цирке процессы накопления и вытаявания поверхностной морены приведут со временем к «восстановлению ее защитной для ледника роли» [там же], как это было после подвижки 1969-1970 гг.

Последовательное же повышение эффективности ледниковой покрывки как непроницаемого (газоупорного) барьера определится, прежде всего, увеличением ее толщины (мощности) и пластическим залечиванием (закрытием) трещин и иных пустот в леднике под действием нагрузки и в результате других процессов уплотнения, режеляции (генетически принципиально подобной широко распространенному в природе постседиментационному аутигенному росту кристаллов, например, кварца, с образованием так называемых регенерационных каемок в неледниковых отложениях) и, в целом, монолитизации ледника на этапах его восстановления и квазистационарирования.

Дальнейшее развитие ледника, с учетом защитной (бронирующей) роли поверхностной морены и действия постседиментационных процессов (в том числе структурно-текстурных и кристаллофизических) трансформации ледниковой толщи, неизбежно приведет к возникновению и последовательному увеличению эффективности ледника как непроницаемой газозащитной покрывки, благоприятствующей накоплению под ледником высоконапорных глубинных преимущественно поствулканических (а также других – постмагматических, термokatалитических и др.) природных газов, в том числе паров воды.

Специфика условий подготовки и проявления пароксизмальных взрывоподобных катастрофических пульсаций ледника Колка состоит в определяющей, управляющей роли в них *поствулканического газового фактора* [Бергер, 2004, 2006а, б, 2007а, б, 2008 и др.].

Существенной является роль высоконапорных глубинных природных газов и при запуске катастрофического выброса ледника, когда особое значение приобретают условия и факторы, определяющие скорость прорастания трещин в газовом барьере – экранирующем газовое скопление с аномально высоким пластовым давлением газов (и, соответственно, испытывающем газодинамическое воздействие) газоупорном материале со свободной поверхностью [Петухов, Линьков, 1983; Хеллан, 1988; Коваленко, 1988 и др.], т.е. в леднике (в рассматриваемом в данной работе случае).

Как показал, в частности, К. Хеллан [1988, с. 158], присутствие газа под большим давлением в замкнутом объеме при наличии начальных трещин в материале может привести к совершенно другим последствиям, нежели присутствие воды. Именно в присутствии сжатого высоконапорного газа скорость движения трещины может оказаться больше скорости звука (и, соответственно, разрушение – практически мгновенным). «Это означает, – пишет К. Хеллан, – что давление у вершин трещины будет поддерживаться постоянным. Вследствие этого разрушение будет быстрым или даже катастрофическим».

Подчеркивая исключительно большую роль газа в проявлении внезапных газодинамических выбросов, И.М. Петухов и А.М. Линьков [1983, с. 246], в частности, пишут: «Наличие и участие газа определяет особенности в их протекании. Для механизма выброса весьма существенна роль газа в процессе отделения и выброса частиц, обуславливающая в значительной степени специфические черты выбросов...». Для газодинамических выбросов именно «газ представляет источник силы и энергии» [Петухов, Линьков, 1983, с. 248, подстрочное примечание]. В этой же работе отмечается, что при развитии газодинамического выброса «газ теряет на отрыв (т.е. на отделение частиц выбрасываемого материала – М.Б.) лишь часть своей энергии, а остающаяся часть участвует в придании частицам скорости... Тем

самым создаются условия для отделения следующих частиц на новой свободной поверхности, и процесс имеет возможность многократно повторяться – происходит выброс» [Петухов, Линьков, 1983, с. 147].

\* \* \*

После происшедшего в течение немногих минут 20 сентября 2002 года взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка, приведшего к аннигиляции (уничтожению) ледника и выбросу в атмосферу огромного количества скопившихся под ледником высоконапорных глубинных природных газов, геодинамическая система ледника Колка перешла в новое относительно стабильное состояние, наступил длительный период восстановления ледника и последующего относительно спокойного развития ледника и всей включающей его гигантской геодинамической системы (мегасистемы).

Основными особенностями развития этой системы на данном этапе являются наблюдаемый на поверхности длительный (продолжающийся в течение примерно полувека) процесс рождения нового ледника Колка, накопления его массы и обретения им свойств газонепроницаемого барьера и не наблюдаемый на поверхности, протекающий на значительной глубине еще более длительный процесс выделения и накопления в литосферном субстрате ледника Колка и последующего концентрированного прорыва к земной поверхности новых порций высоконапорных поствулканических природных газов, продолжающийся в течение примерно 100–150 лет, судя по известной предшествующей истории ледника Колка и включающей его геодинамической системы [Бергер, 2007б, 2008].

Необходимо иметь в виду, что, хотя аннигиляция ледника Колка, вызванная его пароксизмальным газодинамическим выбросом, на длительное время (не менее нескольких десятилетий) при любых происходящих процессах исключает возможность накопления высоконапорных природных газов в приповерхностной зоне данного участка земной коры, глубинные процессы их выделения, концентрации и восходящей миграции в районе нарождающегося нового ледника Колка и сопредельных участках Казбекско-Джимарайского района Казбекской неовулканической области и в это время, естественно, не прекращаются, а возможно, в какой-то мере даже усиливаются и ускоряются, что, видимо, и наблюдается в последние годы [Тавасиев, 2012 и др.].

С момента же восстановления ледника Колка и обретения им свойств непроницаемого (газоупорного) барьера газодинамический цикл развития ледника вступит в новую, потенциально опасную фазу, когда возможность проявления пароксизмального взрывоподобного катастрофического выброса ледника определяется, в основном, внеледниковыми глубинными процессами в данном районе.

Учитывая наличие в Казбекско-Джимарайском районе источников поствулканических и других высоконапорных глубинных природных газов, это приведет к формированию, сохранению и увеличению объема скоплений газа в подледниковом пространстве, пульсационному (скачкообразному) возрастанию количества и давления газа в этих скоплениях, что определится, прежде всего, интенсивностью восходящей миграции поствулканических и других высоконапорных глубинных газов в этом районе, ее характером и степенью возрастания. Одновременно будут расти и напряжения, вызываемые пульсационным увеличением градиента (перепада) величины пластового давления природных газов в леднике и под ним. Все это

будет содействовать возрастанию возможности проявления следующей катастрофической пульсации нового ледника Колка и приближению времени ее возможного проявления.

Геодинамическая система ледника Колка (ее эндогеодинамическая, газогеодинамическая подсистема [Бергер, 2008, с. 12]), безусловно, выбросоопасна или, как было отмечено [Бергер, 2008, с. 45], «предрасположена» к время от времени повторяющимся газодинамическим выбросам ледника. Однако вероятность проявления такого выброса на различных этапах развития этой системы различна. Она зависит от состояния этой системы и самого ледника и при различных их состояниях, существенно изменяющихся в ходе эволюции этой системы и ее отдельных элементов, также существенно изменяется.

Невозможно, однако, заранее предсказать время, характер и масштабы («размах») флуктуаций в развитии газовой поствулканической деятельности в данном районе, в изменении ее интенсивности, и возможные последствия воздействия этих изменений на состояние ледника Колка.

Поэтому после восстановления ледника исключительную важность будут иметь данные систематического регулярного (и, конечно, грамотного, научно обоснованного) мониторинга состояния ледника и всей включающей его геодинамической системы, в том числе подледникового пространства и области питания ледника, а также, в целом, смежной с ледником перигляциальной зоны. Этот мониторинг должен фиксировать, прежде всего, признаки активизации в их состоянии.

### Литература

1. 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.
2. Бергер М.Г. Природная катастрофа на леднике Колка 20 сентября 2002 г. – внезапный газодинамический выброс ледника // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Доклады Международной конференции. Владикавказ-Москва, 23–26 июня 2004 г. – Владикавказ: Олимп, 2006а. – С. 41–49.
3. Бергер М.Г. Динамические фазы и циклы развития ледника Колка // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Доклады Международной конференции. Владикавказ-Москва, 23–26 июня 2004 г. – Владикавказ: Олимп, 2006б. – С. 24–40.
4. Бергер М.Г. Ледник Колка: Катастрофа 20 сентября 2002 г. – внезапный газодинамический выброс ледника. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007а. – 248 с.
5. Бергер М.Г. Три гляциодинамические подвижки и четыре газодинамических выброса ледника Колка. Малоизвестные страницы и дискуссионные вопросы истории развития пульсирующего ледника. – М.: КомКнига, 2007б. – 120 с.
6. Бергер М.Г. Геодинамическая система ледника Колка и вопросы прогнозирования и регулирования ее развития. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 264 с.
7. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 528 с.
8. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Шемпелев А.Г. Особенности геофизических полей над вулканическими постройками Северного Кавказа // Вулканология и сейсмология. – 2015. – №5. – С. 50–56.

9. 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.
10. Коваленко Ю.Ф. Механическое поведение тел с газонаполненными трещиновидными неоднородностями // Пластичность и разрушение твердых тел. – М.: Наука, 1988. – С. 101–117.
11. Котляков В.М., Рототаева О.В., Носенко Г.А., Десинов Л.В., Осокин Н.И., Чернов Р.А. Кармадонская катастрофа: что случилось и чего ждать дальше. – М.: Издательский дом «Кодекс», 2014. – 184 с.
12. Лёд тронется? / А. Максименко (интервью с О.В. Рототаевой) // Аргументы и факты. Северный Кавказ. – 2015. – №35. – С. 3.
13. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. – М.: Недра, 1983. – 280 с.
14. Процесс схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. / Отв. ред. В.Б. Заалишвили. – Владикавказ: ВНИЦ РАН и РСО-А, 2009. – 165 с.
15. 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.
16. Ромашов А.Н. Особенности действия крупных подземных взрывов. – М.: Недра, 1980. – 244 с.
17. Рототаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. – М.: Наука, 1983. – 169 с.
18. Тавасиев Р.А. Ледники Майли и Колка (Центральный Кавказ) // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. – 2012. – Т. 12. №3. – С. 37–45.
19. 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.
20. Факты и аргументы. Ответы на вопросы корреспондента газеты «Владикавказ» Т.Ю. Бунтури. – Владикавказ. – №83 (849). – 29.10.2010. – С. 3.
21. Хеллан К. Введение в механику разрушения. – М.: Мир, 1988. – 364 с.
22. Черниговский А.А. Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1976. – 319 с.
23. Шейдеггер А.Е. Физические аспекты природных катастроф. – М.: Недра, 1981. – 232 с.

DOI: 10.23671/VNC.2018.1.11254

## ON THE UNIQUENESS OF THE CASE WITH THE GLACIER KOLKA

© 2018 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

Reconstructive genetic and prognostic issues related to the glacier restoration at the site of the former Kolka Glacier, that was destroyed and almost completely thrown out of its container on September 20, 2002, are discussed.

The main initial, primary unique feature of the case with Kolka, which defined for decades many often unique features of the processes occurring in its former container, is the almost instantaneous disappearance of this glacier as a result of its explosive sudden gas-dynamic ejection.

The uniqueness of the case with the Kolka glacier is not that it is quickly restored, thus demonstrating the unconditional glaciological regularity of its existence in the Kolka Gorge in spite of any climatic, hydrometeorological and other exogenous conditions, but that this glacier, contrary to all glaciological laws, was almost immediately destroyed and disappeared on September 20, 2002, not because of degradation glacioclimatic conditions, without any glaciological preconditions for this. Already these facts alone clearly indicate the non-stylistic reason for the instantaneous disappearance («descent») of the Kolka Glacier and, accordingly, the entire Kolka (Karmadon, Genaldon) catastrophe.

Although annihilation of the Kolka Glacier was caused by its paroxysmal gas-dynamic discharge, for a long time (not less than several decades) for any processes occurring in a given region excludes the possibility of accumulation of high-pressure natural gases in the near-surface zone of this section of the earth's crust, deep processes of their isolation, concentration and ascending migration in the Kazbek-Dzhimara district do not stop, and, perhaps, to some extent even intensify, gain in strength and accelerate, which, apparently, is observed in the latter years.

From the moment of the Kolka glacier restoration and the acquisition of the properties of an impenetrable gas barrier, the gas dynamic development cycle of the glacier will enter a potentially dangerous phase when the manifestation possibility of the next catastrophic pulsation of the glacier will be determined mainly by the extraglacial abyssal post-volcanic processes in this region.

**Keywords:** Kolka glacier, disappearance, restoration, Kolka (Karmadon, Genaldon) catastrophe, causes, forecast.

### References

1. Berger M.G. Gazodinamicheskij vybros lednika Kolka 20 sentjabrja 2002 g. – novoe katastroficheskoe prirodnoe javlenie [The gasdynamic ejection of the Kolka glacier on September 20, 2002 – a new catastrophic natural phenomenon]. Preduprezhdenie opasnyh situacij v vysokogornyh rajonah: Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii, g. Vladikavkaz, 23–26 ijunja 2004. Vladikavkaz: REMARKO, 2004. Pp. 4-5. (in Russian)
2. Berger M.G. Prirodnaja katastrofa na lednike Kolka 20 sentjabrja 2002 g. – vnezapnyj gazodinamicheskij vybros lednika [Natural catastrophe on the Kolka Glacier on September 20, 2002 – a sudden gas-dynamic ejection of the glacier]. Preduprezhdenie opasnyh situacij v vysokogornyh rajonah: Doklady Mezhdunarodnoj konferencii. Vladikavkaz–Moskva, 23–26 ijunja 2004. Vladikavkaz, Olimp, 2006a. Pp. 41–49. (in Russian)
3. Berger M.G. Dinamicheskie fazy i cikly razvitija lednika Kolka [Dynamic phases and cycles of development of the Kolka glacier]. Preduprezhdenie opasnyh situacij v vysokogornyh rajonah: Doklady Mezhdunarodnoj konferencii. Vladikavkaz–Moskva, 23–26 ijunja 2004. Vladikavkaz, Olimp, 2006b. Pp. 24–40. (in Russian)

4. Berger M.G. Lednik Kolka: Katastrofa 20 sentjabrja 2002 g. – vnezapnyj gazodinamicheskij vybros lednika [Kolka glacier: Catastrophe on September 20, 2002 – a sudden gas-dynamic ejection of the glacier]. M. Izd-vo LKI, 2007a, 248 p. (in Russian)
5. Berger M.G. Tri gljaciodinamicheskie podvizhki i chetyre gazodinamicheskikh vybrosa lednika Kolka. Maloizvestnyye stranicy i diskussionnye voprosy istorii razvitija pul'sirujushhego lednika. [Three glaciodynamic movements and four gas-dynamic ejections of the Kolka glacier. Little-known pages and discussion questions of the development history of the pulsating glacier]. M. KomKniga, 2007b, 120 p. (in Russian)
6. Berger M.G. Geodinamicheskaja sistema lednika Kolka i voprosy prognozirovanija i regulirovanija ee razvitija. [The geodynamic system of the Kolka glacier and the forecasting and regulating problems of its development]. M. Izd-vo LKI, 2008. 264 p. (in Russian)
7. Gljaciologicheskij slovar' [Glaciological dictionary]. Pod red. V.M. Kotljakova, L. Gidrometeoizdat, 1984. 528 p. (in Russian)
8. Zaalishvili V.B., Nevskaja N.I., Nevskij L.N., Shempelev A.G. Osobennosti geo-fizicheskikh polej nad vulkanicheskimi postrojkami Severnogo Kavkaza [Features of geophysical fields over volcanic structures of the North Caucasus]. Vulkanologija i sejsmologija, 2015. No.5. Pp. 50–56. (in Russian)
9. Zaalishvili V.B., Harebov K.S. Issledovanie processa shoda lednika Kolka 20 sentjabrja 2002 goda po dinamicheskim harakteristikam instrumental'nyh zapisej [Investigation of the process of the Kolka glacier fall on September 20, 2002, on the dynamic characteristics of instrumental records]. Opasnye prirodnye i tehnogennye geologicheskie processy na gornyh i predgornyh territorijah Severnogo Kavkaza, Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii, Vladikavkaz, 20–22 sentjabrja 2007, Vladikavkaz, VNC RAN i RSO-A, 2008. Pp. 202–221. (in Russian)
10. Kovalenko Ju.F. Mehanicheskoe povedenie tel s gazonapolnennymi treshhino-vidnymi neodnorodnostjami [Mechanical behavior of bodies with gas-filled crack-like inhomogeneities]. Plastichnost' i razrushenie tverdyh tel. M. Nauka, 1988. Pp. 101–117. (in Russian)
11. Kotljakov V.M., Rototaeva O.V., Nosenko G.A., Desinov L.V., Osokin N.I., Chernov R.A. Karmadonskaja katastrofa: chto sluchilos' i chego zhdet' dal'she [Karmadon disaster: what happened and what to expect next]. M.: Izdatel'skij dom «Kodek», 2014. 184 p. (in Russian)
12. Ljod tronetsja? / A. Maksimenko (interv'ju s O.V. Rototaevoj) [interview with O.V. Rototaeva]. Argumenty i fakty. Severnyj Kavkaz, 2015. No.35, 3 p. (in Russian)
13. Petuhov I.M., Lin'kov A.M. Mehanika gornyh udarov i vybrosov [The mechanics of rock bursts and releases]. M. Nedra, 1983. 280 p. (in Russian)
14. Process shoda lednika Kolka 20 sentjabrja 2002 g. [The process of the Kolka glacier fall on September 20, 2002]. Otv. red. V.B. Zaalishvili. Vladikavkaz: VNC RAN i RSO-A, 2009. 165 p. (in Russian)
15. Romashov A.N. Osobennosti razvitija vybrosa 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. Sbornik No.76/33. M. Nedra, 1976. Pp. 85–97. (in Russian)
16. Romashov A.N. Osobennosti dejstvija krupnyh podzemnyh vzryvov [Features of the action of large underground explosions]. M. Nedra, 1980. 244 p. (in Russian)
17. Rototaev K.P., Hodakov V.G., Krenke A.N. Issledovanie pul'sirujushhego lednika Kolka [Study of the pulsating glacier Kolka]. M. Nauka, 1983. 169 p. (in Russian)
18. Tavasiev R.A. Ledniki Majli i Kolka (Central'nyj Kavkaz) [Glaciers Maili and Kolka (Central Caucasus)] Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra RAN i RSO-A. 2012. Vol. 12, No.3. Pp. 37–45. (in Russian)
19. 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)

20. Fakty i argumenty. Otvetny na voprosy korrespondenta gazety «Vladikavkaz» [Facts and arguments. Answers to the questions of the correspondent of the newspaper «Vladikavkaz»]. T.Ju. Bunturi. Vladikavkaz, No.83 (849), 29.10.2010. 3 p. (in Russian)

21. Hellan K. Vvedenie v mehaniku razrusheniya [Introduction to fracture mechanics]. M. Mir, 1988. 364 p. (in Russian)

22. Chernigovskij A.A. Primenenie napravlenogo vzryva v gornom dele i stroitel'stve [The use of a directed explosion in mining and construction]. Issue 2-e, pererab. i dop. M. Nedra, 1976. 319 p. (in Russian)

23. Shejdegger A.E. Fizicheskie aspekty prirodnyh katastrof [Physical aspects of natural disasters]. M. Nedra, 1981. 232 p. (in Russian)