

---

## ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

---

УДК 551.24 (234.9)

### О ПРИЧИНАХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОБВАЛОВ НА ЛЕДНИК КОЛКА ПЕРЕД ЕГО КАТАСТРОФИЧЕСКИМ ВЫБРОСОМ 20 СЕНТЯБРЯ 2002 ГОДА И НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНКАХ ВЕЛИЧИНЫ ЭТИХ ОБВАЛОВ

© 2012 М. Г. БЕРГЕР, д.г.-м.н., проф.

Международный инновационный научно-технологический центр  
«Устойчивое развитие горных территорий»; Центр геофизических исследований  
ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а.  
e-mail: [berger7@rambler.ru](mailto:berger7@rambler.ru)

Опровергнуты представления о тектонических причинах предкатастрофической интенсификации обвалов на ледник Колка в июле-сентябре 2002 г. Как и многие другие аномальные по характеру или интенсивности природные явления, происходившие в данном районе в это время – на стадии подготовки катастрофического пароксизмального газодинамического выброса ледника Колка, а затем и сам выброс ледника, интенсификация обвалов была вызвана продолжительным мощным концентрированным (струйным) прорывом к земной поверхности (в область пониженных давлений) высоконапорных глубинных поствулканических газов, сопровождавшимся разрушением горных пород, в том числе опережающим трещинообразованием в поверхностной и приповерхностной зонах, под давлением расширяющихся сжатых газов на путях их восходящей струйной миграции. Интенсификация обвалов содействовало и термальное воздействие поствулканических газов на породы криолитозоны в верхней части горного массива. При всей их аномальной интенсивности, предкатастрофические обвалы на ледник Колка не сыграли сколько-нибудь существенной роли в проявлении выброса ледника, не были ни главной, ни даже второстепенной его причиной. Показаны необоснованность и ошибочность некоторых количественных оценок величины этих обвалов. Опровергнуты представления о проявлении 20 сентября 2002 г. гигантского обвала на ледник Колка.

Продолжительные аномально интенсивные предкатастрофические обвалы на ледник Колка – один из предвестников пароксизмального взрывоподобного катастрофического газодинамического выброса ледника Колка, следствие и показатель протекания процессов его подготовки. Ни в каком другом отношении эти обвалы и широко проводимое в течение более десяти лет их интенсивное изучение ни научного, ни практического интереса не представляют.

**Ключевые слова:** ледник Колка, поствулканические газы, катастрофический газодинамический выброс, предкатастрофическая интенсификация обвалов.

*Мы... выбираем одну за другой основные черты явления, начиная с той, которая прежде всего привлекает наше внимание. При этом... наиболее часто бросается в глаза как раз не то обстоятельство, которое опытный ученый считает основным...*

Дж. К. Максвелл

## 1. Предварительные замечания. Некоторые исходные данные

Чрезвычайно важной задачей исследований природных катастроф, имеющей очень большое и научное, и практическое значение, является выявление и изучение надежных предвестников этих катастроф. При этом важно не только указание характера предвестникового явления и времени его проявления (промежутка времени между этим предвестником и ожидаемым временем наступления катастрофы), но и выявление природы (генезиса) предвестника, причин и условий его проявления, характера его связи с катастрофой, его места в цепи взаимосвязанных событий, определяющих подготовку катастрофы и определяемых процессами ее подготовки.

В этом плане в исследованиях Колкинской катастрофы 2002 г. наиболее часто особое внимание привлекают предшествовавшие катастрофе аномально интенсивные, в том числе сравнительно крупные, продолжительные обвалы на ледник Колка висячих ледников правого (южного) борта ледника и части их скального основания, оставившие бросающиеся в глаза следы их отрыва на северном склоне г. Джимарайхох и ее восточных отрогов, представляющих западную часть перемычки между г. Джимарайхох и г. Майлихох.

Эти обвалы в течение примерно двух месяцев предшествовали гигантской природной катастрофе на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, по всей вероятности, сопровождали ее в течение весьма непродолжительного времени ее протекания и длительное время продолжались после нее [Десинов, 2004; Десинов, Котляков, 2005; Котляков и др., 2003; Котляков, Рототаева, 2003; Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005; и др.].

Многими специалистами придается исключительно большое значение этим обвалам, именно с их проявлением обычно так или иначе связываются причины катастрофического пароксизмального выброса ледника Колка, а в будущем, в случае повторения таких обвалов, – возможность повторения подобной катастрофы.

Некоторые высказанные по данному поводу представления во многом близки к выдвинутой еще столетие назад гипотезе Н. В. Поггенполя [Поггенполь, 1905], который связывал принципиально подобную по характеру протекания катастрофу 1902 г. в данном районе вообще, собственно, не с ледником Колка, а с обвалами висячих ледников (семи «фирн-глетчеров») с северного склона г. Джимарайхох в ущелье Колки, образовавшими «две колоссальные лавины, которые проникли далеко в долину Геналдона» [Поггенполь, 1905, с. 8, а также с. 10-11]. Не усматривая причину катастрофы непосредственно в леднике (и, тем более, в процессах, протекавших под ледником), Н. В. Поггенполь [Поггенполь, 1905, с. 8] пишет: «Причина ужасного несчастья лежала гораздо выше, – на крутом северном склоне самого Гимарай-Хоха, образующего гигантскую фирновую стену». При этом Н. В. Поггенполь совершенно не анализирует, не учитывает и, вообще, никак не характеризует пред- и посткатастрофическое состояние ледника Колка (за исключением допускающего различное генетическое истолкование указания, что ко времени его посещения этих мест, т. е. к 17-18 августа 1902 г., «все ущелье Колки было еще завалено несметным количеством фирновых масс» [Поггенполь, 1905, с. 9]), и не предполагает какого-либо участия самого ледника Колка в этой катастрофе. (Иначе, по-видимому, думали об этой катастрофе более осведомленные о катастрофе и предшествовавших ей обвалах, в частности, о времени проявления обвалов висячих ледников, местные жители, усматривавшие источник беды именно в леднике Колка, а не в обвалах с г.

Джимарайхох и в связи с этим, предполагая возможность повторения катастрофы, отказывавшиеся идти к леднику и согласившиеся заночевать лишь на достаточной высоте в стороне от него [Поггенполь, 1905, с. 6] на поляне, которая, судя по описанию Н. В. Поггенполя [там же], была явно не затронута катастрофой 3 и 6 июля; возможно, это сохраняло надежду, что и в случае следующей катастрофы это место окажется не затронутым и безопасным. По сохранившимся у потомков воспоминаниям, местные жители отговаривали людей идти 6 июля 1902 г. на поиски пропавших за несколько дней до этого, говоря им, что «ледник еще дышит» [Ю. Г. Цогоев, личное сообщение], а не указывая на возможность новых обвалов на ледник с г. Джимарайхох. В этой краткой формулировке на обычном бытовом уровне в разговорной иносказательной образной форме, естественной для неспециалистов, очень емко, но достаточно правильно и вполне понятно отражены, как можно думать, не только неустойчивость состояния ледника перед его очередным газодинамическим выбросом 6 июля 1902 г., но и характер и причины этой неустойчивости, обусловленные продолжавшимся пульсационным поступлением высоконапорных поствулканических газов под ледник.)

Гипотеза Н. В. Поггенполя, однако, не может быть использована при объяснении характера и причин катастрофы 2002 г., поскольку при этом необходимо объяснить, прежде всего, именно состояние ледника Колка в 2002 г., особенно его посткатастрофическое состояние, которое, в отличие от состояния ледника в 1902 г., достаточно хорошо известно и не сводится к приведенной Н. В. Поггенполем [Поггенполь, 1905, с. 9] характеристике, относящейся к 1902 г.

Позицию Н. В. Поггенполя и других исследователей Геналдонской (Колкинской) катастрофы 1902 г. (во многом принципиально различающихся по их представлениям об этой катастрофе, ее характере и причинах), прежде всего, Э. А. Штебера [Штебер, 1903], а в последующем Л. А. Варданянца, П. В. Ковалева, К. П. Рототаева и других, во многом можно объяснить недостаточностью имевшихся данных для установления характера (геодинамического типа) этой катастрофы, объемов, времени, стадийности и причин проявления предшествовавших ей продолжительных аномальных обвалов с северного склона г. Джимарайхох, а также для выявления особенностей взаимосвязи между катастрофой и этими обвалами. Сходная ситуация существует и в исследованиях более ранних Девдоракских (XVIII-XIX вв.) катастроф, а по-видимому, и более поздних, сравнительно недавних Уаскаранских (1962 и 1970 гг.) и некоторых других природных пароксизмов, на предкатастрофической стадии которых в большинстве случаев установлено или предполагается проявление аномальной по масштабам обвальной деятельности в их эпицентральных зонах.

Однако собранные различными исследователями Колкинской катастрофы 2002 г. факты весьма многочисленны и вполне достаточны для доказательного решения этих вопросов (с учетом имеющихся результатов современной флюидогеодинамики и смежных областей [Файф, Прайс, Томпсон, 1981; Флюиды..., 2006; Киссин, 2009; Малышев, 2011; и др.]).

\* \* \*

Обнаруженные в самом начале исследований гигантской природной катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье привлекающие внимание следы обвалов с северного склона г. Джимарайхох и ее отрогов поначалу были приняты за

следы происшедшего непосредственно перед катастрофой одного единовременно (одномоментного) грандиозного обвала, который и сочли (без каких-либо доказательств) главным виновником этой катастрофы, ее непосредственной причиной, тем более, что на предшествующем катастрофе этапе высказавшие и поддерживавшие это мнение отечественные и зарубежные специалисты наблюдений в данном районе не проводили. Однако собранные Л. В. Десиновым [Десинов, 2004] свидетельства присутствовавших в это время на леднике людей и обнаружение и изучение космических снимков ледника Колка и его правого питающего борта, снятых перед катастрофой, в том числе за восемь с половиной часов до нее [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005], указали на необоснованность подобных заключений.

Ставшие известными спустя некоторое время после появления подобных заключений данные свидетельствовали о том, что это следы не одного, а многих обвалов и что оставившие эти следы обвалы происходили задолго до катастрофы и в значительной мере (в основной своей части) прошли еще до нее.

С учетом этих данных, в связи с рассматриваемым ниже кругом вопросов необходимо сразу же заметить, что продолжительная предкатастрофическая аномально большая интенсивность обвалов на ледник Колка с примыкающего к леднику северного склона г. Джимарайхох и ее восточных отрогов (правого питающего борта ледника Колка) в июле-сентябре 2002 г. – достоверно установленный факт, подтвержденный присутствовавшими на леднике людьми, многочисленными наземными, а также космическими снимками; гигантские же объемы единовременных обвалов или одного сверхгигантского, более чем стомиллионнотонного (как иногда утверждается [Васьков, 2011 и др.]) единовременного обвала, как и их свободное вертикальное падение на ледник, – не более чем предположения, не имеющие никаких доказательств (более того, противоречащие документально установленным фактам) и ничего не доказывающие, не позволяющие объяснить многочисленные документально установленные факты, характеризующие особенности подготовки, проявления и завершения Колкинской катастрофы, в связи с чем привлечение этих предположений вообще не имеет особого смысла в данном отношении, в расшифровке характера (геодинамического типа), механизма и причин этой катастрофы.

Особо необходимо подчеркнуть, что для проводимого И. М. Васьковым [Васьков, 2011, с. 75 и 105-106] разделения предкатастрофических обвалов на «основную фазу» (предполагаемый им гигантский обвал 20 сентября 2002 г.) и предшествующие ей в течение около двух месяцев, как предполагается [там же], сравнительно небольшие обвалы (даже суммарно более чем на порядок уступающие по объему обвалу 20 сентября) нет никаких фактических оснований. Более того, существуют и теоретические, и фактические основания полагать, что никакого гигантского обвала на ледник Колка 20 сентября 2002 г. не было. Рассмотрение этих вопросов будет проведено ниже в данной статье.

Изначальная ошибка в расшифровке происхождения бросающихся в глаза обвальных следов в правом борту ледника Колка как следов одного (одномоментного, единовременного) обвала явилась источником многочисленных последующих необоснованных и ошибочных заключений и построений, наиболее полно представленных в монографии И. М. Васькова [Васьков, 2011], касающихся причин и механизма Колкинской катастрофы.

Не отвечая на неоднократно высказанные в печати возражения против его обоснования обвально-ударных представлений о Колкинской катастрофе и самих этих

представлений, И. М. Васьков продолжает раз за разом повторять эти представления, что сочетается с используемыми им предположениями о некоем торсионном воздействии на ледник Колка [Васьков и др., 2008, с. 129], продолжительном и лишь частично совпадающем по времени и месту с проявлением обвальных ударов обвально-ударном образовании огромных количеств сернистых газов из присутствующих в породах сульфидов [Васьков, 2011, с. 74 и 93] и многими другими.

Имеются и некоторые другие специалисты, продолжающие придерживаться представлений об ударе гигантского обвала по леднику Колка 20 сентября 2002 г. как причине катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье.

Все это заставляет вновь обратиться к обсуждению данного круга вопросов.

\* \* \*

И. М. Васьков [Васьков, 2011 и др.], предполагающий проявление 20 сентября 2002 г. единовременного обвала массой в 105 млн т на ледник Колка, в плане возможного объяснения причин такого обвала предполагает, что на предшествовавшем обвалу этапе «динамика экзогенных процессов» в этом месте резко замедлилась (по-видимому, при отсутствии резкого замедления динамики эндогенных процессов). Ни объяснений причин, ни каких-либо доказательств этого резкого замедления не приводится (если, конечно, не считать такими объяснениями и доказательствами слова «так случилось» «по тем или иным причинам»).

На самом же деле, по имеющимся фактическим данным [Котляков, Рототаева, 2003; Котляков и др., 2003; Десинов, 2004; Десинов, Котляков, 2005; Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005; и др.], на предшествовавшем двадцатому сентября этапу и в сентябре, и в августе, и в июле, и даже в июне 2002 г. динамика экзогенных процессов, если иметь в виду обвалы, на данном участке не замедлилась (тем более, резко), а ускорилась.

Как пишут, в частности, В. М. Котляков, О. В. Рототаева, Л. В. Десинов, И. А. Зотиков и Н. И. Осокин [Котляков и др., 2003, с. 50], «по наблюдениям туристов и альпинистов, уже 28 июня 2002 г. с правого склона почти непрерывно падали каменные обломки и лед...». Это свидетельствует о том, что даже в июне (в конце июня) динамика обвальных процессов на этом участке, как минимум, не замедлилась.

Можно, правда, предполагать некоторое замедление, относительное снижение интенсивности обвальных процессов в этом месте примерно за две недели до катастрофы просто вследствие того, что «еще за 18 суток до катастрофы произошла разгрузка ледовой облицовки указанного участка правого борта ледника Колка» [Десинов, Котляков, 2005, с. 149]. Однако и в это время интенсивность обвалов, безусловно, продолжала оставаться аномально высокой, о чем свидетельствуют данные космофотосъемки [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005].

Если же И. М. Васьков [Васьков, 2011] имеет в виду какой-то еще более ранний этап (предшествовавший июню 2002 г.), то никаких данных, которые свидетельствовали бы о резком замедлении на каком-либо этапе динамики экзогенных процессов в этом месте, не существует.

По данному поводу И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 5] пишет следующее: «Геологические процессы, происходящие в глубине Земли, приводят к возникновению и росту горных сооружений, а поверхностные – к их денудации. Это соревнование идет всегда и, в основном, мало заметно для человека. Но случается так, что в каком-то месте этот баланс нарушается, потому что динамика экзогенных процес-

сов по тем или иным причинам на отдельных участках горных склонов и хребтов резко замедляется. В областях современного орогенеза, каковой является и Большой Кавказ, такое явление ведет к нарастанию напряжений внутри этого участка горного массива, которые рано или поздно разряжаются в виде гравитационных склоновых процессов, таких как обвалы, осыпи, оползни и сели разного масштаба».

Обвалы и другие отмеченные И. М. Васьковым склоновые явления в разных случаях, конечно, могут быть разного масштаба. Однако в каждом конкретном случае, даже при предполагаемом И. М. Васьковым резком замедлении динамики экзогенных процессов и последующем разряджении напряжений, их масштаб не может быть сколь угодно большим.

По данным К. П. Рототаева [Рототаев, Ходаков, Кренке, 1983, с. 21] за период с 1902 по 1969 г. обусловленная, в основном, лавинно-обвальным питанием средняя ежегодная прибавка массы ледника Колка при относительном постоянстве годового прихода-расхода должна была составлять не менее 1-1,3 млн т. Конечно, обвальные, как и любые другие природные процессы, в том числе в одном и том же месте (локальном участке, в частности, на леднике Колка и окружающих его склонах), протекают, естественно, не равномерно, не линейно, а с теми или иными флуктуациями интенсивности. Однако их резкое усиление в многие тысячи раз в сравнении с обычными для данного участка фоновыми значениями, установленными К. П. Рототаевым по результатам многолетних наблюдений, с единовременным, одновременным обрушением более 100 млн т льда и каменных горных пород без непосредственно предшествовавшего этому весьма значительного резкого импульсного внешнего воздействия (прежде всего, сейсмического) на горный массив необъяснимо и невозможно. Но сколько-нибудь значительного сейсмического события в данном районе непосредственно перед выбросом ледника Колка, как известно, не было. Менее же значительная аномальная продолжительная интенсификация обвальных процессов может, конечно, происходить и без весьма значительного резкого импульсного сейсмического воздействия на горный массив, но также, безусловно, требует участия каких-то аномальных факторов (см. ниже – раздел 3).

Видимо, в подкрепление своей версии о дроблении и выбивании ледника Колка ударом единовременного обвала массой более 100 млн т, И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 76-77] отмечает, что удар от падения обвала (лавины) массой лишь около 200 тыс т с высоты до 700 м способен вызвать существенные колебания почвы (силой около 3,5 баллов). Насколько же более сильным должно было быть сотрясательное воздействие удара от предполагаемого И. М. Васьковым [Васьков, 2011, с. 101] «практически прямого» падения с той же и, тем более, большей высоты обвала массой в 500 с лишним раз большей?! Однако сейсмические станции сколько-нибудь близкого по силе сотрясательного воздействия в данном районе около 20 часов 20 сентября 2002 г. (в момент предполагаемого И. М. Васьковым удара по леднику Колка гигантского обвала массой более 100 млн т) не зафиксировали [Процесс..., 2009; Заалишвили, Невская, Макиев, Мельков, 2007; Годзиковская, Бугаевский, Габсагарова, 2004; и др.].

В подкрепление обвально-ударной версии Колкинской катастрофы И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 94] без каких бы то ни было оснований утверждает даже, что при очень крупных обвалах происходит образование тонкой углисто-графитовой пыли («бешеной муки») и газов. На самом же деле, «бешеная мука» (особенно – очень большое ее количество, как это было при катастрофическом выбросе лед-

ника Колка) и поверхностное выделение (а не образование) большого количества природных газов – характерные, типичные признаки внезапных газодинамических выбросов, а не обвалов. (Представления И. М. Васькова об ударно-обвальном газообразовании на леднике Колка в 2002 г. были рассмотрены автором в предыдущей публикации [Бергер, 2012].)

## **2. О некоторых количественных оценках величины предкатастрофических обвалов на ледник Колка и их обосновании**

Как отмечено выше, происходившие в течение примерно двух месяцев перед катастрофическим выбросом ледника Колка аномально интенсивные обвалы на ледник Колка с г. Джимарайхох и ее отрогов И. М. Васьков [Васьков, 2011] разделяет на две части: 1) предполагаемый им гигантский (сверхгигантский) одномоментный обвал вечером 20 сентября 2002 г. (проявление которого не имеет никаких доказательств) и 2) все остальные обвалы (проявление которых достоверно зафиксировано очевидцами и материалами наземной и космофотосъемки).

Первую часть он именует основной (или основной фазой обвала) и принимает ее объем равным 60 млн м<sup>3</sup> (а массу равной 105 млн т – на основании предполагаемого им количественного соотношения между льдом и каменными породами в этой части), объем же остальной части обвалов он принимает равным 5 млн м<sup>3</sup>.

Никаких оснований для принятия именно такого количественного соотношения объемов этих частей не существует. Почему это соотношение равно 60 к 5, а не, скажем, наоборот, 5 к 60? Последнее соотношение, с учетом, в частности, фактических данных Л. В. Десинова [Десинов, 2004] (некоторые из них приведены ниже) и материалов космофотосъемки ледника Колка и северного склона г. Джимарайхох и ее отрогов перед катастрофой [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005], кстати, гораздо больше соответствует действительности, чем принимаемое И. М. Васьковым первое. (Суммарную величину объема этих частей, резко отличающуюся от данных проведенной в 2004 г. В. Н. Дробышевым фототеодолитной съемки ложа ледника Колка и примыкающего к нему правого борта ледника и других данных [Evans et al., 2009; и др.], мы в данном случае не рассматриваем.)

Суммарный объем продолжительных многочисленных предкатастрофических обвалов на ледник Колка, исключая объем предполагаемой И. М. Васьковым [Васьков, 2011, с. 105-106] их весьма непродолжительной, почти мгновенной единовременной «основной части» (или «основной фазы обвала»), неизвестен. И. М. Васьков [там же] условно принимает его равным 5 млн м<sup>3</sup>, что, безусловно, неправильно. Определенный В. Л. Познаниным и С. Г. Геворкяном [Познанин, Геворкян, 2007, с. 85] объем, как они полагают, только одного предкатастрофического обвала, площадь аккумуляции материала которого зафиксирована по данным космофотосъемки 20.09.2002 г., составляет около 3,5 млн м<sup>3</sup>. Но эта величина сильно занижена, поскольку в своих расчетах авторы исходили из неправильной величины площади этого обвала, равной 0,07 млн м<sup>2</sup>, тогда как действительная величина этой площади составляет 0,17 (± 0,02) млн м<sup>2</sup> [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005, с. 68]. Суммарная же площадь предкатастрофических обвалов на ледник Колка, прошедших до 11:31 20 сентября 2002 г., зафиксированная на космических снимках ледника 19.08.2002 г. и 20.09.2002 г., по результатам проведенных О. В. Тутубалиной и др. [там же] измерений, была в несколько раз больше этой величины.

С учетом этого, ошибка И. М. Васькова в определении объема считающейся им «неосновной» части предкатастрофических обвалов, происходивших в течение основной части времени их проявления, очевидна. Соответственно, уже только вследствие этого, указываемая И. М. Васьковым [Васьков, 2011, с. 105-106; и др.] величина объема «основной части» обвала (предполагаемого им единовременного обвала вечером 20 сентября 2002 г.) является ошибочной (существенно завышенной).

Указанная ошибка И. М. Васькова [Васьков, 2011, с. 105-106] в определении объема «неосновной» части предкатастрофических обвалов на ледник Колка, конечно, не случайна и преследует вполне очевидную цель: при полной условности (произвольности), а, говоря точнее, отсутствии использованной И. М. Васьковым методики разделения объемов предкатастрофических обвалов на ледник Колка и фиксированности принимаемой И. М. Васьковым их общей (суммарной) величины, составляющей, по И. М. Васькову [там же], 65 млн м<sup>3</sup>, преуменьшение объема более ранних обвалов ведет, естественно, к преувеличению объема предполагаемой «основной фазы» обвалов, с величиной которой И. М. Васьков [Васьков, 2011 и др.] связывает саму возможность предполагаемого им обвально-ударного дробления ледника Колка и выталкивания (выбрасывания, выплескивания) продуктов его дробления.

Эту же цель, совершенно очевидно, преследует И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 75], приводя неправильные сведения по данному вопросу (которые он приписывает Л. В. Десинову). Искажая приведенные Л. В. Десиновым [Десинов, 2004] сведения, основанные на показаниях очевидцев и данных наземной и космодосъемки, И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 75] пишет: «По сведениям Л. В. Десинова [2004], с августа 2002 г., а может быть, и ранее, до 20 сентября 2002 года в долине ледника Колка происходило частое падение отдельных глыб и блоков, которое не производило заметного воздействия на тело ледника». На самом же деле, Л. В. Десинов в указанной работе пишет не просто о «частом падении отдельных глыб и блоков», а об «интенсивном обрушении льда и горных пород», начиная с середины июля 2002 г., «почти непрерывных обвалах», «быстром накоплении ледником Колка критической массы вещества», «быстром увеличении толщины моренного плаща и объема конусов ледовых обвалов» с 14 июля 2002 г. [Десинов, 2004, с. 76], о том, что «после 22 августа вплоть до 5 сентября, когда с ледника Колка ушли последние очевидцы, с восточного плеча горы Джимарай-хох лед и горные породы падали непрерывно, так что грохот одного обвала перекрывал другой», о «беспрерывном обрушении горных пород» во второй половине лета 2002 г. [Десинов, 2004, с. 78], что уже к середине августа 2002 г. в результате обвалов ледник получил 35-40 млн тонн вещества, «а следующие 5 недель его тыловая зона продолжала догружаться обрушением пород» [Десинов, 2004, с. 81], что «ледник Колка с 14 июля получал ежедневно порцию льда и горных пород, соответствующую годовому положительному балансу массы нормального периода эволюции» [Десинов, 2004, с. 82], т. е. 1-1,3 млн тонн, по оценке К. П. Рототаева [Десинов, 2004, с. 81], и т. д. (Все это, по мнению Л. В. Десинова, в противоположность утверждению И. М. Васькова [Васьков, 2011, с. 75], произвело весьма значительное воздействие на тело ледника, вызвав его активизацию, «возникновение особенно высоких напряжений в теле ледника» и подвижку ледника [Десинов, 2004, с. 87]. Дробления же ледника и выталкивания продуктов его дробления эти обвалы, действительно, не производили.)

Именно с учетом этих сведений, как отмечает Л. В. Десинов [там же], «версии о разовом обвале висячих ледников или блока горных пород не подтверждаются фактическими данными. Обрушение материала висячих ледников произошло в период с 14 июля по 5 сентября, а обвалы скал происходили с середины июля 2002 г. до сентября 2003 г.».

В согласии с этим, учитывая изложенное выше, нет никаких фактических оснований для утверждений [Васьков, 2011, с. 75, 137 и др.], что вечером 20 сентября 2002 г. произошла основная фаза предкатастрофических обвалов на ледник Колка, имевшая объем в многие десятки миллионов кубометров и более чем на порядок превышавшая суммарный объем всех предшествующих предкатастрофических обвалов на ледник Колка. Более того, имеются достаточные фактические основания [Десинов, 2004; Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005; и др.] полагать, что этого не было.

Повторим: принимаемая И. М. Васьковым величина «основной части обвала» (или его «основной фазы») совершенно произвольна, никак не обоснована, как необоснованными являются и приписываемые этому обвалу особенности поведения, включая особенности его возникновения, движения и, главное, воздействия на ледник Колка.

Предположения И. М. Васькова и некоторых других исследователей о сверхгигантской величине единовременного обвала на ледник Колка вечером 20 сентября 2002 г. не позволяют объяснить хорошо известные, фактически установленные особенности подготовки и проявления Колкинской катастрофы, а попытки объяснения только некоторых из них на этой основе, как было отмечено автором [Бергер, 2007а, с. 108], приводят лишь к очевидному неразрешимому геомеханическому (и геологическому) парадоксу.

К сказанному можно добавить, что, согласно В. Л. Познанину и С. Г. Геворкяну [Познанин, Геворкян, 2008б, с. 87-88], при определении причин «катастрофического сброса ледника Колка, состоявшегося в 2002 г. при его активной подвижке», необходимо «отказаться от представлений о единовременном сдвиговом механизме воздействия обвалов на тыловую часть ледника [Панов и др., 2002], поскольку общая сила удара обрушившихся на ледник обвальных масс оказывается существенно меньше суммы сил, необходимых для сдвига даже не примороженного к ложу ледника ( $7 \cdot 10^{10}$  и  $2 \cdot 10^{12}$  Н соответственно)». В другом месте этой работы авторы указывают величину силы, необходимой для срыва ледника, которая, согласно их данным [Познанин, Геворкян, 2008б, с. 94], составляет  $8 \cdot 10^{11}$  Н. С учетом этого, авторы [Познанин, Геворкян, 2007, 2008а, с. 90] видят причины этой катастрофы в проявлении и ударном воздействии на ледник не одного единовременного обвала 20 сентября 2002 г., а целой серии крупных предкатастрофических обвалов горных пород массой до  $7 \cdot 10^9$  кг. Соответствующие представления пока не обсуждались в литературе. Здесь обратим внимание лишь на то, что при фиксированности принимаемой И. М. Васьковым [Васьков, 2011] общей (суммарной) величины предкатастрофических обвалов на ледник Колка существование целой серии столь крупных предкатастрофических обвалов исключает возможность проявления 20 сентября 2002 г. обвала предполагаемой И. М. Васьковым сверхгигантской величины в 105 млн т и, соответственно, предполагаемого теорией И. М. Васькова [Васьков, 2011 и др.] воздействия такого обвала на ледник Колка. (Вопрос о придаваемой В. Л. Познаниным и С. Г. Геворкяном [Познанин, Геворкян, 2007, 2008а и др.] крупным об-

валам роли в катастрофе на леднике Колка и в Геналдонском ущелье автор предполагает рассмотреть в отдельной работе.)

Правда, И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 106-107], используя величину массы единовременно обвалившегося на ледник Колка 20 сентября 2002 г. материала, равную 105 млн т, получил, как он полагает, «подтверждение соблюдения энергетического баланса». Но в этих расчетах им используются ошибочные данные о «временной продолжительности события в 3 мин. 33 с.».

Эту численную величину временной продолжительности катастрофического события на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. как параметрическую характеристику этого события И. М. Васьков приводит во многих публикациях, в некоторых из них – по несколько раз. В действительности, однако, временная продолжительность этого события, по данным сейсмических наблюдений, значительно (в несколько раз) больше, а величина 3 мин. 33 сек. – не продолжительность события, а максимальный интервал между временем начала записи события различными сейсмическими станциями локальной сети сейсмических наблюдений Республики Северная Осетия-Алания – временем срабатывания (триггерного включения) регистраторов «Альфа-Геон» различных станций – 16:08:05 и 16:11:38 по среднегринвичскому времени соответственно по станциям VLD (Владикавказ 31) и ARD (Ардон) [Заалишвили, Невская, 2003, с. 175]. При этом, как отмечают В. Б. Заалишвили и К. С. Харебов [Заалишвили, Харебов, 2008, с. 203], «к сожалению, нет ни одной полной записи – все записи обрываются после 327,68 с, хотя, судя по характеру записи, было видно, что процесс продолжается». Это означает, что продолжительность катастрофического события на леднике Колка и в Геналдонском ущелье была существенно больше 5,5 минут. С учетом же данных локальной сейсмической сети Кавказских Минеральных Вод, продолжительность всего процесса от его начала до окончания составляет 10,5 мин. [Заалишвили, Харебов, 2008, с. 205]. Имеются и другие данные. В частности, по А. А. Годзиковской и др. [Годзиковская, Бугаевский, Габсатарова, 2004], общая длительность зарегистрированных сейсмостанцией «Цей» видимых колебаний, вызванных, как они полагают, движением ледника в Геналдонском ущелье, составляет около 16 минут. По Х. О. Чотчаеву [Чотчаев, 2007, с. 36], на имеющихся сейсмограммах «за два часа до схода ледника Колка отмечаются три события, вызванные воздействием с нижнего полупространства... Событие, вступившее в 19 ч. 56 м. (по местному времени. – М. Б.), является продолжительным (26 мин.) и наиболее интенсивным». (Попутно обратим внимание на то, что фиксацию на сейсмограммах в указанное время событий, вызванных воздействием на ледник с верхнего полупространства, т. е. обвальных ударов по леднику, тем более предполагаемого И. М. Васьковым [Васьков, 2011, с. 103] «сосредоточенного мощного удара в тыловой зоне ледника со значительным энергетическим потенциалом» гигантского, более чем стомиллионнотонного единовременного обвала, Х. О. Чотчаев не отмечает, а все зафиксированные сейсмическими станциями события, происшедшие в течение двух часов до схода ледника Колка, идентифицирует как вызванные воздействием с нижнего полупространства.)

Таким образом, принимая во внимание ошибочность использованной в расчетах И. М. Васьковым величины 3 мин. 33 сек., существенно отличающейся от приведенных выше действительных данных сейсмических наблюдений о временной продолжительности катастрофического события на леднике Колка и в Геналдон-

ском ущелье, основанных на обработке инструментальных записей этого события, соблюдение рассчитанного И. М. Васьковым [Васьков, 2011] энергетического баланса не подтверждается. Соответственно, не подтверждается и использованная в этих расчетах величина обвала 20 сентября 2002 г., равная 105 млн т.

При расчете объема предполагаемого единовременного обвала, ударом которого вечером 20 сентября 2002 г. якобы был выбит ледник Колка, И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 106] принимает в качестве средней толщины льда висячих ледников величину в 70-80 м. Это не соответствует данным В. В. Поповнина и др. [Поповнин, Петраков, Тутубалина, Черноморец, 2003, с. 9], согласно которым величина около 80 м – не средняя, а максимальная видимая толщина висячих ледников в зоне отрыва (обрушения), данным Л. В. Десинова [Десинов, 2004, с. 81], согласно которому средняя толщина льда висячих ледников в этой зоне составляет около 50 м, и данным К. П. Рототаева [Рототаев, Ходаков, Кренке, 1983, с. 15], согласно которому «висячие ледники над основным телом Колки имеют максимальные мощности в пределах 40-60 м».

Разумеется, и в этом случае И. М. Васьков, очевидно, преследует все ту же цель, как и в предшествующих двух случаях, отмеченных выше в данном разделе.

Самое же главное состоит в том, что, по данным американской космодатасъемки, основной объем льда висячих ледников обвалился на ледник Колка в интервале с 19 августа до утра 20 сентября [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005, с. 68], т. е. еще до катастрофы. К 20 сентября обвалы висячих ледников на Колку практически завершились [там же], «к утру 20 сентября 2002 г. на поверхности Колки находился основной объем обвального материала, поступившего на ледник до катастрофы» [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005, с. 70]. По данным же наземной фотосъемки [Десинов, 2004, с. 81], еще к 5 сентября, «за 15 суток до катастрофы произошла полная разгрузка ледовой облицовки этого участка правого борта ледника Колка» и находившиеся на леднике О. В. Неподоба и другие туристы из Краснодара в начале сентября «фотографировали склон, уже освободившийся ото льда» [Десинов, 2004, с. 80].

Так что никакого сколько-нибудь значительного, а тем более, сверхгигантского (более чем стомиллионнотонного) единовременного обвала висячих ледников и их скального основания на ледник Колка и, соответственно, его удара по леднику вечером 20 сентября 2002 г. просто не могло быть.

Обнаруженные на следующий день после катастрофы следы интенсивной обвальной деятельности в правом борту ледника Колка являются следами не одного единовременного сверхгигантского обвала в момент катастрофы или непосредственно перед ним, а многих обвалов (объем каждого из которых неизвестен и едва ли может быть даже примерно установлен), которые происходили задолго (за дни, недели и даже месяцы) до катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, а отчасти, вероятно, и в первые минуты и часы после нее (до того, как начались обследования эпицентральной зоны Колкинской катастрофы и были сделаны первые аэрофотоснимки посткатастрофического состояния правого борта ледника Колка) в результате исключительно мощного сотрясательного воздействия на горный массив пароксизмального взрывоподобного газодинамического выброса ледника Колка.

Примером такого развития событий может служить, в частности, промышленный направленный Байпазинский взрыв 29 марта 1968 г. на реке Вахш [Ромашов, 1980, с. 63 и далее], когда «помимо породы, сброшенной взрывом, произошло об-

рушение породы со склона горы над воронками выброса» [Ромашов, 1980, с. 69].

Однако в рассматриваемом в данной работе случае Колкинской катастрофы такое обрушение, независимо от его объема, просто по времени его проявления, естественно, не могло сыграть никакой роли в начальном инициировании (запуске) выброса ледника Колка, а тем более, не могло быть его причиной – фактором, вызвавшим этот выброс. В то же время, такое обрушение могло увеличить следы обвалов, зафиксированные утром 21 сентября 2002 г. и позднее в правом борту ледника Колка – на северном склоне г. Джимарайхох и ее отрогов.

Вполне возможно, что несколько ранее, еще в преддверии газодинамического выброса ледника (примерно за сутки до него) интенсивность обвалов с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка возросла в связи с предпароксизмальной трансформацией напряженно-деформированного состояния горного массива, сопровождавшейся повышением его неустойчивости. Одним из проявлений такой трансформации явился горный удар большой силы за 18 часов до выброса ледника [Бергер, 2006б; Бергер, 2007а, с. 38-42] (трактовавшийся как «газо-гидравлический» [Десинов, 2004, с. 84]). Возможно, что именно в это или близкое время произошел видный на космоснимке в 11:31 20.09.2002 г. [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005, с. 68] последний крупный обвал, лежащий поверх свежевывающего снега.

Остается неизвестной и величина (а также стадийность проявления) предкатастрофических обвалов на ледник Колка в течение последних восьми с половиной часов перед катастрофой на завершающем этапе подготовки выброса ледника, протекавшем в условиях сейсмовибрационной неустойчивости ледника Колка и сопредельной с ним области его питания. Совершенно очевидно, однако, что эта величина, даже суммарная, с учетом, в частности, данных космофотосъемки [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005], а также всего вышеизложенного, не могла составлять 105 млн т или около того.

### **3. О причинах предкатастрофической интенсификации обвалов на ледник Колка. Заключительные и дополнительные замечания**

Обвалы на ледник Колка с северного склона г. Джимарайхох и ее восточных отрогов – обычное явление [Рототаев, Ходаков, Кренке, 1983, с. 14 и др.]. Но в июле-сентябре 2002 г. они были аномально крупными (по предположениям некоторых авторов, гигантскими) и интенсивными, на отдельных продолжительных этапах почти непрерывными. С ними связывают катастрофический выброс ледника Колка вечером 20 сентября 2002 г. Однако характер взаимосвязи между этими обвалами и выбросом ледника Колка различными авторами трактуется совершенно по-разному. С этим вопросом непосредственно связано определение механизма проявления и причин Колкинской катастрофы. Ключевым же в решении этого круга вопросов во многом является вопрос о причинах аномальных обвалов на ледник Колка в июле-сентябре 2002 г.

По И.М. Васькову [Васьков, 2011], такими причинами были «активные тектонические движения по пологим надвиговым структурам», которые «приводят к **постоянному** поднятию горного узла» с большими скоростями [Васьков, 2011, с. 65-66], «современное поступательное движение надвиговой чешуи в северном направлении со средней горизонтальной скоростью около 15-25 мм/год [Теплякова, 1984; Письменный, 2006], что приводит к **постоянному** увеличению коэффициента

неустойчивости склона на правом борту долины ледника Колка» [Васьков, 2011, с. 100], и ряд других также постоянно действующих факторов (выделено мной. – М. Б.).

Действие этих факторов, однако, нивелируется обычными постоянно происходящими с той или иной обычной (фоновой) или близкой к ней интенсивностью обвалами с этого склона и, соответственно, не может быть причиной резкой аномальной интенсификации обвалов (на порядки превышающей обычную для данного района их интенсивность), продолжавшейся в течение примерно двух месяцев.

Обычный для данного района естественный ход процессов рельефообразования, протекающих под воздействием обычных, постоянно действующих рельефообразующих факторов, безусловно, не мог вызвать столь необычные, аномально интенсивные продолжительные обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка. Совершенно очевидно, что отмеченная аномальная локальная интенсификация обвальной деятельности на этом участке могла произойти лишь под воздействием каких-то очень мощных локальных аномальных, а не постоянных, геологических факторов, обычно не проявляющихся.

С учетом отсутствия проявления в данное или близкое время значительного сейсмотектонического воздействия на горный массив с эпицентром именно в данном районе, вышеизложенное опровергает представления о тектонических причинах резкой и продолжительной локальной интенсификации обвалов на ледник Колка в июле-сентябре 2002 г.

Соответственно, необходимо выявление иных, действительных причин интенсификации обвалов в данном конкретном случае. Сделать это можно только с учетом доказательного определения характера (геодинамического типа) и причин катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, которой интенсификация обвалов непосредственно предшествовала, с учетом характера природных факторов, действие которых вызвало проявление этой совершенно экстраординарной, уникальной катастрофы и определило ее основные особенности. При этом естественно полагать, что действие этих факторов во многом определило и особенности подготовительного этапа катастрофы.

В этом плане автором [Бергер, 2006а, 2007а, 2008 и др.] на основе учета и объяснения всех достоверно установленных особенностей Колкинской катастрофы было показано, что эта катастрофа представляла собой внезапный газодинамический выброс ледника, вызванный прорывом к земной поверхности и интенсивным мощным воздействием на ледник сосредоточенного концентрированного потока высоконапорных глубинных поствулканических газов. Многочисленность приведенных в указанных работах доказательств позволяет не останавливаться в данной работе на обосновании этого заключения.

Для выявления причин продолжительной аномальной предкатастрофической интенсификации обвалов на ледник Колка важно также объяснить причины проявления и сопутствовавших по времени этим обвалам других аномальных природных явлений в данном районе.

В этом плане автором [Бергер, 2007а] была отмечена, в частности, хронологическая и генетическая сопряженность двух наблюдавшихся на земной поверхности аномальных, в обычных условиях не проявляющихся весьма значительных эндогенно обусловленных эффектов, непосредственно связанных с подготовкой катастрофического пароксизмального газодинамического выброса ледника Колка, до-

статочно явно проявившихся примерно за два – два с половиной месяца до выброса ледника, – денудационного (значительного усиления обвалов с г. Джимарайхох и ее отрогов, причем обвалов не только висячих ледников, но и скальных пород) и инфильтрационного (наиболее явно проявившегося в значительном понижении уровня р. Геналдон в ее верховьях). Одновременно был показан [Бергер, 2007а, 2008] локальный атектонический характер геологических процессов, обусловивших проявление этих эффектов, в частности, ставших причиной резкого усиления обвалов в данном районе.

Проявление этих эффектов – результат мощного концентрированного (струйного) прорыва к земной поверхности (в область пониженных давлений) в данном районе высоконапорных глубинных поствулканических газов. Следы действия этих газов в виде появления отсутствовавших здесь ранее фумарол с достаточной очевидностью проявились в зоне отрыва обвалов в правом борту ледника Колка еще за несколько недель до катастрофического выброса ледника [Рототаева и др., 2005; Тавасиев, 2011 (по данным Д. Е. Солодкого)]. Уже один только этот документально зафиксированный факт полностью опровергает представления И. М. Васькова [Васьков, 2011] о катастрофе на леднике Колка и в Геналдонском ущелье и причинах аномально интенсивных предкатастрофических обвалов на ледник Колка, отрицающего участие поствулканических газов в этой катастрофе, вследствие чего и этот факт, и многочисленные другие факты, характеризующие особенности подготовки, проявления и завершения Колкинской катастрофы, остаются без объяснения либо получают необоснованную и ошибочную геолого-генетическую трактовку (некоторые примеры этого указаны автором в предыдущей работе [Бергер, 2012]).

Но еще до выхода глубинных поствулканических газов на земную поверхность в виде фумарол восходящая струйная миграция (прорыв, вторжение) сосредоточенного концентрированного потока этих высоконапорных газов, в соответствии с положениями флюидогеодинамики [Файф, Прайс, Томпсон, 1981, с. 306 и др.], сопровождалась опережающим образованием вертикальных трещин гидравлического разрыва, брекчированием, а возможно, и частичной дезагрегацией горных пород, предварявшими непосредственное проникновение газов в эти породы.

Следствием этого была интенсификация обвалов с северного склона г. Джимарайхох и ее восточных отрогов, проявившаяся еще до появления фумарол на этом склоне.

Согласно часто цитируемому высказыванию вулканолога Ф. А. Перре, «газ – это активный агент». Распространяя это высказывание (представляющее первую часть «вечной истины вулканологии», по определению А. И. Малышева [Малышев, 2011]) на газовую поствулканическую деятельность, в плане обсуждаемого в данной статье круга вопросов необходимо заметить, что выделяющиеся в глубинных зонах земной коры, находящиеся в виде свободной фазы высоконапорные глубинные поствулканические газы – активный агент. Это проявляется, прежде всего, в их активном динамическом воздействии на горнопородную среду при процессах их восходящей концентрированной (струйной) миграции, в ходе которой под воздействием давления газов неизбежно происходит значительное увеличение трещиноватости горных пород (в значительной мере опережающее непосредственное продвижение газов) на путях миграции высоконапорных природных газов и вблизи от них. Наличие же непроницаемого (газоупорного) барьера (в данном случае – ледника Колка) на пути восходящей миграции природных газов приводит к расшире-

нию зоны их миграции и увеличения трещиноватости горных пород. Как пишут У. Файф, Н. Прайс и А. Томпсон [Файф, Прайс, Томпсон, 1981, с. 379-380], «... восходящий поток имеет форму относительно узкой струи, которая грибообразно расширяется на верхних уровнях, встречаясь с непроницаемыми поверхностями».

В этих условиях, при достижении очень больших величин газового давления в экранированном непроницаемым барьером газовом скоплении, процессы разрушения могут не ограничиваться площадью непроницаемого барьера, а распространяться и на породы, располагающиеся за пределами этой площади. Как отмечает Б.М. Валяев [Валяев, 1980, с. 180; и др.], при вторжении концентрированных потоков высоконапорных глубинных газов и других флюидов в верхние горизонты земной коры в некоторых случаях давления глубинных флюидов достигают столь больших значений, что их разгрузка получает катастрофический характер, причем в нее вовлекаются и вмещающие породы, подвергающиеся брекчированию. Именно такой случай имел место в июле-сентябре 2002 г. в районе ледника Колка и сопредельной с ним зоне, прежде всего, в пределах сопредельного с ледником северного склона г. Джимарайхох и ее восточных отрогов, где проходит трещинно-разрывная зона протяженного глубинного субмеридионального разлома.

Это приводит, естественно, к понижению прочности горных пород (по У. Файфу и др. [Файф, Прайс, Томпсон, 1981, с. 300], на 50-60%) и, одновременно, – к повышению их проницаемости (по У. Файфу и др. [Файф, Прайс, Томпсон, 1981, с. 360], на три порядка), причем как непосредственно под ледником, так и в пределах более широкой, смежной с ним внеледниковой области (в силу изложенного выше).

Первое (снижение прочности горных пород, повышение степени их брекчированности, уменьшение степени их связности) ведет, соответственно, к значительному усилению склоновых обвальных процессов, второе же (повышение проницаемости горных пород, их фильтрационной способности) – к синхронному с этим значительному повышению интенсивности процессов инфильтрации поверхностных вод.

Именно таковы причинно-следственные связи процессов подготовки пароксизмального газодинамического выброса ледника Колка и обусловленных, вызванных ими поверхностных геолого-геоморфологических (склоновых) и гидрологических процессов.

Начавшиеся задолго до выброса ледника и продолжавшиеся в течение всего времени его подготовки, эти поверхностные явления, в том числе продолжительная аномальная интенсификация обвалов с северного склона г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка, разумеется, были не причиной выброса ледника, а естественным следствием (и индикатором) процесса его подготовки. Площадь же распространения этих явлений соответствует ореолу вторжения сосредоточенного потока высоконапорных глубинных поствулканических газов и их механического и термального воздействия на горные породы.

Само сочетание, совпадение по времени проявления отмеченных аномальных эффектов, наблюдавшихся на поверхности, но обусловленных, несомненно, глубинными процессами, происходившими в данном районе на стадии подготовки гигантского по масштабам газодинамического выброса ледника Колка, является естественным и закономерным и подчеркивает парагенетичность этих эффектов, их обусловленность одной общей исходной причиной.

При этом отсутствие каких-либо катастрофических последствий резкого усиления обвалов на ледник Колка на подготовительном этапе катастрофы (чему есть

свидетельства очевидцев, находившихся на леднике в это время) противоречит гипотезам об импактных причинах и механизме катастрофы, а устойчивое широкое и интенсивное проявление инфильтрационного эффекта на подготовительном этапе катастрофы противоречит предположениям о существовании в корытообразном ложе ледника Колка перед катастрофой аномально большого количества воды и ее основной роли в этой катастрофе.

\* \* \*

Катастрофический гигантский взрывоподобный газодинамический выброс ледника Колка длительно, по крайней мере, в течение двух-двух с половиной месяцев, совершенно явно готовился.

В течение этого времени неустойчивость ледника и значительной части вмещающего ледник горного массива возрастала, что проявилось в целом ряде наблюдавшихся на поверхности признаков, в какой-то мере суммированных автором [Бергер, 2008, с. 152-173; и др.]. Но не только вследствие обвалов на ледник с г. Джимарайхох и ее отрогов и ускоренного набора массы ледником, как обычно полагают. Главной причиной возникновения и возрастания неустойчивости ледника была интенсивно протекавшая в это время под ледником газовая поствулканическая деятельность, распространившаяся отчасти и за пределы площади ледника, о чем свидетельствуют упоминавшиеся выше фумарольные проявления на склоне в правом борту ледника.

Именно интенсивная восходящая струйная миграция (продолжительный мощный концентрированный прорыв под ледник по ослабленным и обладающим повышенной проницаемостью трещинно-разрывным зонам пересекающихся под тыльной частью ледника субмеридионального и субширотного глубинных разломов) потока высоконапорных глубинных поствулканических газов, быстрое и значительное увеличение их количества в приповерхностной зоне, возрастание мощности и площади распространения газового скопления в подледном пространстве и последовательное, возможно, пульсационное повышение газового давления под ледником делали ледник все более неустойчивым и приводили к появлению многих наблюдавшихся на поверхности [Десинов, 2004; Десинов, Котляков, 2005; Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005; и др.] признаков его неустойчивости.

Одновременно под исключительно мощным воздействием высоконапорных глубинных поствулканических газов на стадии подготовки газодинамического выброса ледника Колка происходило, по-видимому, не только поднятие (вспучивание) ледника (проявление эффекта газового домкрата [Бергер, 2007а, с. 54-55]), но и аномально ускоренное атектоническое по своей природе поднятие (интенсификация воздымания) сопредельной с ледником поверхности его правого питающего борта (части северного склона г. Джимарайхох и ее восточных отрогов), что, наряду с повышением трещиноватости и снижением прочности слагающих этот склон пород, а также вероятным аномальным быстрым увеличением крутизны этой части склона, и привело к значительной интенсификации обвалов с этого склона на ледник Колка на предкатастрофическом этапе.

Существенную роль в усилении обвальной деятельности могла сыграть и вероятная разогретость поствулканических газов, на что указал, в частности, Р. А. Тава-

сиев [Тавасиев, 2011]. Важно, однако, что и это объяснение связывает интенсификацию обвалов с мощным прорывом поствулканических газов в верхние горизонты земной коры и на земную поверхность. И хотя внимание при этом акцентируется на термальном воздействии газов, такой их прорыв не мог не сопровождаться динамическим воздействием газов на горный массив, в частности, на прочностные свойства горных пород и условия их залегания, определяющие устойчивость этой части горного склона. С учетом же ледового состава висячих ледников и цементирующего вещества пород их скального основания, на что обратил внимание Р. А. Тавасиев, термальное воздействие на них поствулканических газов, безусловно, существенно усиливало вызываемый ими денудационный эффект, приводило к значительному увеличению интенсивности обвалов на ледник Колка.

Таким образом, причины продолжительных аномально интенсивных и аномально крупных обвалов (но, конечно, не сверхгигантских, как это предполагается И. М. Васьковым и некоторыми другими авторами) с г. Джимарайхох и ее отрогов (из развитой на этом участке коры субмеридиональной трещинно-разрывной разломной зоны) на ледник Колка в июле-сентябре 2002 года – эндогенные, глубинные, поствулканические, преимущественно газодинамические. Таковы же причины и проявившихся в это время на леднике Колка и сопредельной с ним территории многих других аномальных по характеру или интенсивности природных явлений, которые, соответственно, должны рассматриваться в качестве предвестников гигантской природной катастрофы с эпицентром на леднике Колка. Таковы же исходные причины и самой этой катастрофы в ее эпицентральной области (до Кармадонских ворот) – пароксизмального взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка.

Продолжительные аномальные по интенсивности обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка и пароксизмальный газодинамический выброс ледника являются следствиями одного и того же процесса – концентрированного прорыва высоконапорных глубинных поствулканических газов к земной поверхности, который не ограничивался лишь контуром ледника Колка, а имел более широкий ореол распространения и воздействия на горный массив, захватывая, прежде всего, приледниковую часть г. Джимарайхох и ее отрогов.

Именно такова единая (общая) первопричина, обусловившая пространственную, хронологическую и генетическую (точнее, парагенетическую) взаимосвязь интенсификации обвалов с г. Джимарайхох на ледник Колка в июле-сентябре 2002 г. и катастрофической пульсации (пароксизмального взрывоподобного направленного газодинамического выброса) ледника Колка 20 сентября 2002 года.

В соответствии с изложенным, в противоположность многочисленным другим утверждениям, необходимо подчеркнуть, что продолжительные аномально интенсивные обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка не вызвали эту катастрофу, имевшую типичный газодинамический, а не обвально-ударный или какой-либо иной характер, а, наоборот, сами были вызваны газодинамическими процессами, протекавшими на стадии ее подготовки.

С учетом времени, необходимого для накопления под ледником значительного количества природных газов и возрастания их давления до необходимой для выброса ледника критической величины (существенно превышающей величину геостатического давления ледника), газодинамическому выбросу ледника Колка обязательно должен предшествовать достаточно продолжительный подготовитель-

ный этап, в течение которого происходят, в частности, аномально интенсивные и крупные обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка. И лишь после длительного проявления этих обвалов, что приводит к обрушению значительной части склона правого борта ледника, происходит выброс ледника. Но, как известно, по крайней мере, еще со времен Аристотеля, после этого – не значит вследствие этого. Проявление предкатастрофических обвалов, как и других привлекающих к себе внимание событий в данном районе или на том или ином удалении от него (например, землетрясения в Западной Грузии), еще не указывает на характер вызвавшего катастрофу природного фактора, ее причину. Причина катастрофы может быть установлена лишь путем объяснения всего комплекса ее особенностей на основе действия фактора, предполагаемого в качестве ее причины. Однако специалисты, придерживающиеся представлений об обвально-ударной причине Колкинской катастрофы, в большинстве случаев избегают каких-либо объяснений особенностей этой катастрофы, проявившихся на этапах ее подготовки, протекания и завершения, т. е. на предпароксимальном, пароксимальном и постпароксимальном этапах. Предпринимаемые же И. М. Васьковым [Васьков, 2011 и др.] попытки обвально-ударного объяснения лишь некоторых ее особенностей (в частности, взрывного разрушения ледника и выбрасывания вверх продуктов разрушения ледника вместе с обрушившимся на него материалом и продолжительного посткатастрофического поверхностного газовыделения в эпицентре катастрофы) голословны, совершенно бездоказательны и, как отчасти было показано ранее [Бергер, 2012], ошибочны.

Даже если принять предполагаемую И. М. Васьковым и некоторыми другими исследователями крайне мало правдоподобную траекторию движения обвалов с г. Джимарайхох и ее отрогов при падении (ударе, обвале, обрушении) всяческих ледников или блоков скальных пород на ледник Колка, тем более в случае их свободного вертикального падения («практически прямого обрушения»), единственное, что могло произойти, это ударно-отражательное разрушение, дробление [Барон, Хмельковский, 1971; Мосинец, Абрамов, 1982; и др.] обрушившегося на ледник материала и наращивание поверхностной морены ледника, как это всегда бывает в подобных случаях и как это было при неоднократных обвалах на ледник Колка незадолго до катастрофы, в том числе аномально интенсивных и крупных обвалах, происходивших в присутствии находившихся на леднике людей.

Даже при высокоскоростном ударном (импактном) воздействии существуют признаки, позволяющие отличить ударные явления от взрывных. Одним из таких наиболее явных и очевидных признаков является то, что при проявлении ударных процессов не образуется газовое облако [Обербек, 1977, с. 46], на что автор уже имел случай обратить внимание в предыдущей публикации [Бергер, 2012]. При Колкинской же катастрофе, как известно, образовалось и в течение многих дней существовало, очевидно, не привлекающее к себе особого внимания первых исследователей, но, тем не менее, требующее объяснения и учета огромное газовое облако в эпицентральной зоне выброса, что не оставляет никаких оснований для любых предположений об импактной (ударной, обвально-ударной) природе этой катастрофы независимо от скорости, сосредоточенности, объема и любых других возможных особенностей этого импакта.

В отличие от обвально-ударного воздействия на ледник, не вызывавшего никаких катастрофических последствий (по свидетельствам очевидцев [Десинов, 2004] и данным космодосъемки [Тутубалина, Черноморец, Петраков, 2005]) и

не способного объяснить разрушение ледника и другие особенности Колкинской катастрофы, как доказано, в частности, в горной геомеханике [Петухов, Линьков, 1976, с.7], «газ, расширяясь при развитии выброса, способен совершить громадную работу». При этом на разрушение горных пород расходуется лишь ничтожная доля его энергии, тогда как для разрушения того же материала падающим грузом (свободным ударом) требуется энергия, на несколько порядков большая, чем при газодинамическом выбросе [там же] (при рассмотрении вопроса об источниках энергии катастрофического выброса ледника Колка автор [Бергер, 2007а] уже обращал внимание на этот важный момент).

Весьма интенсивное посткатастрофическое поверхностное струйное газовыделение, продолжавшееся в течение многих дней в эпицентральной зоне выброса (в тыльной части ложа ледника Колка и смежной трещинно-разрывной зоне вмещающих ледник пород), со всей очевидностью свидетельствует об огромном количестве скопившихся к моменту пароксизмального газодинамического выброса ледника Колка в его литосферном субстрате (в том числе на значительной глубине) высоконапорных глубинных поствулканических газов. И лишь исчерпание основного их количества в результате гигантского по масштабам газодинамического (газо-ледокаменного) выброса и последовавшего за этим длительного посткатастрофического свободного истечения в атмосферу оставшихся высоконапорных глубинных газов привело к постепенному прекращению концентрированных струйных поверхностных газовыделений и исчезновению парогазового облака в эпицентральной зоне выброса.

Что же касается конкретной роли обвалов в Колкинской катастрофе 2002 г., то в большинстве случаев предполагается, что она состояла в ударе по леднику и его выбивании, а иногда – в пригрузке ледника до некой критической массы и его срыва. Обе эти гипотезы, однако, не позволяют объяснить многие особенности Колкинской катастрофы, на что автор неоднократно обращал внимание [Бергер, 2005, 2006а, 2007а, б и др.].

При всей несомненности проявления аномальных по интенсивности обвалов на ледник Колка перед его катастрофическим выбросом, оставивших бросающиеся в глаза крупные следы на склоне в правом борту ледника, эти обвалы не сыграли в этой катастрофе сколько-нибудь существенной роли, которую, при всех различиях в ее конкретном характере, принимаемом различными авторами, им обычно приписывают. Сопровождавшее подготовку гигантского по мощности катастрофического выброса ледника, их проявление было детерминированным, закономерным и неизбежным, но не имело каузального (причинного) значения в этой катастрофе. Катастрофа был вызвана действием совершенно иного фактора – газового [Бергер, 2006а, 2007а, 2008 и др.].

Эти обвалы, как и многие другие аномальные природные явления, происходившие в июле-сентябре 2002 г. в данном районе, сопутствовали подготовке газодинамического выброса ледника Колка, предваряли и предвещали его, но не были ни главным, ни даже второстепенным, дополнительным фактором, действие которого является необходимым условием его проявления; для проявления газодинамического выброса ледника требуется выполнение целого ряда совершенно иных условий [Бергер, 2007а, с. 191-204].

Возникшая на предпароксизмальном этапе под воздействием высоконапорных глубинных природных газов повышенная трещиноватость горных пород, привед-

шая к резкому усилению интенсивности обвалов с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка, в значительной мере, естественно, сохранилась и после газодинамического выброса ледника (или даже возросла и распространилась на более широкую территорию в результате гигантского сотрясательного воздействия выброса на горный массив), что привело к длительному продолжению обвальных процессов и расширению их площади [Васьков, 2011], знаменуя собой вступление обвальных процессов в стадию вторичных и ореольных смещений [Федоренко, 1988, с. 179-180].

Таким образом, раскрытие характера катастрофической пульсации ледника Колка 2002 года как внезапного взрывоподобного газодинамического выброса ледника [Бергер, 2006а, 2007а и др.] позволяет не только установить причину этой катастрофы, но и установить причину предшествовавших этой катастрофе продолжительных аномально интенсивных обвалов на ледник Колка с г. Джимарайхох и ее отрогов (а также еще более длительных значительных послекатастрофических обвалов в этом районе) и выявить характер взаимосвязи между этими обвалами и катастрофой.

\* \* \*

Рассмотренные вопросы имеют существенное значение при оценке возможности проявления природных газогляциодинамических катастроф, подобных катастрофе 2002 г. на леднике Колка, не только в Казбекской неовулканической области, но и в Приэльбрусье и других областях геологически недавнего и современного вулканизма и, в целом, магматизма, и оценке связи этих катастроф с активной вулканической деятельностью, т. е. с собственно вулканическими извержениями (проявляющимися либо потенциально возможными).

В этой связи необходимо отметить, что гора Казбек – безусловно, потухший вулкан и предполагать возможность возобновления его извержений нет оснований [Бергер, 2008, с. 70-81]. Это, однако, ни в коей мере не означает, что в Казбекской неовулканической области (к которой принадлежит и Казбекско-Джимарайский район) невозможно проявление в будущем обусловленных газовой поствулканической деятельностью гигантских газогляциодинамических катастроф, подобных Колкинской катастрофе 2002 года. Вулкан Казбек является потухшим уже много тысячелетий, а катастрофические пароксизмальные газодинамические выбросы ледника Колка, проявление которых документально зафиксировано [Бергер, 2007в] с 1752 г., продолжают происходить. С достаточным основанием можно полагать, что такие выбросы происходили и на других ледниках этого района, а также на леднике Колка на более ранних этапах его развития.

Из сказанного ясно, что современная вулканическая активность, наличие активных (действующих) вулканов в том или ином районе не является обязательным условием, необходимым для проявления подобных катастроф в данном районе, отсутствие же такой активности, даже потенциальной (т. е. невозможность ее проявления) несколько не исключает возможности проявления гигантских газогляциодинамических катастроф (пароксизмальных взрывоподобных газодинамических выбросов ледников) в горно-ледниковых районах.

Проявлению таких выбросов обязательно предшествует резкая интенсификация обвалов под воздействием прорыва к земной поверхности в данном районе

сосредоточенного мощного потока высоконапорных глубинных преимущественно поствулканических газов, подобно тому, как это происходило в июле-сентябре 2002 г. перед катастрофическим выбросом ледника Колка.

Действие именно этого (газового) геологического фактора определит время проявления следующего относительно продолжительного (порядка двух месяцев) этапа резкой значительной интенсификации обвалов с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка. При этом, с учетом вышеизложенного, проявление интенсификации обвалов, как и последующий газодинамический выброс ледника, возможны лишь после восстановления ледника Колка, выполняющего в этой геодинамической системе роль локального непроницаемого (газоупорного) барьера [Бергер, 2008].

Принципиально аналогичная ситуация, как можно полагать, существует и в других горно-ледниковых районах, где активно проявляется газовая поствулканическая (или, говоря более широко, близповерхностная постмагматическая) деятельность, в частности, в Приэльбрусье. Более точные заключения по этому вопросу возможны лишь с учетом данных детальнейших гляциологических (в том числе историко-гляциологических) и геолого-геофизических, особенно структурно-тектонических, исследований [Панов, 1993; Золотарев, 2009; Тверитинова, 2005; и др.].

Наиболее важным в исследованиях в рассматриваемом отношении является фиксирование благоприятных для струйной миграции глубинных газов активно живущих глубинных разломов и, особенно, узлов их пересечения в литосферном субстрате ледников (где наиболее вероятно нахождение каналов восходящей миграции и разгрузки высоконапорных глубинных природных газов) и выявление в истории развития ледников крупномасштабных катастрофических явлений проблематичного генезиса (типа событий на г. Арарат в 1840 г., ледниках Абано в 1909-1910 гг., Муркар в 1960 г. и т. п.) и их углубленное изучение с газогляциодинамических позиций. При этом, с учетом изложенного выше, особого внимания заслуживают проявления интенсивной обвальной деятельности и их бросающиеся в глаза крупные следы на приледниковых склонах как показатели возможной подготовки пароксизмальных газогляциодинамических катастроф типа Колкинской катастрофы 2002 г. Именно этим, в сущности, и ограничивается значение обвалов с г. Джимарайхох, роли которых уделяется непропорционально большое внимание в исследованиях катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, не соответствующее малосущественному действительному воздействию этих обвалов на ледник Колка. Имеющие несомненный, но весьма ограниченный интерес лишь как явные предвестники газодинамического выброса ледника Колка аномально интенсивные продолжительные предкатастрофические обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка вообще не представляют сколько-нибудь большого научного интереса и лишь постоянное муссирование в печати вопроса об этих обвалах и совершенно необоснованно приписываемая им главная (но весьма различная по характеру) роль в Колкинской катастрофе заставляют автора вновь и вновь возвращаться к этому вопросу.

Принципиально такой же газогляциодинамический подход целесообразно использовать в исследованиях и некоторых других сравнительно более изученных ледниковых катастроф, в том числе Девдоракских и Уаскаранских, а также при расшифровке природы предваряющихся или сопровождающихся обвалами с приледниковых склонов пароксизмальных событий на ледниках Аляски, в Каскадных горах на северо-западе США и в других районах.

Вполне вероятно, что к этому же геодинамическому типу взрывоподобных направленных газодинамических выбросов относятся и некоторые другие известные катастрофические природные события, характер и причины которых в настоящее время трактуются иначе и нередко остаются дискуссионными.

Безусловно, к этому же типу относятся и получившие иную (хотя и принципиально различную) трактовку катастрофические события на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 3 и 6 июля 1902 г. и в 1752 г., а также, несомненно, неоднократно происходившие ранее, следы которых зафиксированы К. П. Рототаевым [Рототаев, Ходаков, Кренке, 1983], но время проявления которых пока не установлено.

В той или иной мере близкие к катастрофическому выбросу ледника Колка по особенностям протекания природные, природно-техногенные и техногенные явления весьма многочисленны. Наиболее многочисленными и, что особенно важно, наиболее изученными из них являются взрывы на выброс (особенно – направленные, именуемые обычно взрывами на сброс), внезапные газодинамические выбросы в подземных горных выработках и эксплозивные вулканические извержения (вулканические взрывы, особенно – направленные). Важно подчеркнуть, что во всех этих случаях твердокаменный материал выбрасывается давлением газа, а не какими-то процессами ударного выбивания, выталкивания, выплескивания и т. п., как это бездоказательно и ошибочно предполагается некоторыми исследователями в отношении катастрофического выброса ледника Колка 20 сентября 2002 года.

### Литература

1. Барон Л. И., Хмельковский И. Е. Разрушаемость горных пород свободным ударом. М.: Наука, 1971. 203 с.
2. Бергер М. Г. Конец обвальная гипотезы причин катастрофы на леднике Колка и представлений о подвижке ледника Колка в 2002 г. // АН ВШ РФ. Сев.-Осет. отделение. Сб. науч. трудов. № 2. Владикавказ: Изд-во «Терек», 2005. С. 126-135.
3. 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: Изд-во Олимп, 2006а. С. 41-49.
4. Бергер М. Г. О событии на леднике Колка в 2 часа 21 минуту 20 сентября 2002 г. // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2006б. Т. 6. № 4. С. 37-39.
5. Бергер М. Г. Ледник Колка: Катастрофа 20 сентября 2002 года – внезапный газодинамический выброс ледника. М.: Изд-во ЛКИ, 2007а. 248 с.
6. Бергер М. Г. Бильярд с домино, или маленькие хитрости большой науки (Об одной версии катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье) // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2007б. Т. 7. № 2. С. 52-54.
7. Бергер М. Г. Три гляциодинамические подвижки и четыре газодинамических выброса ледника Колка: Малоизвестные страницы и дискуссионные вопросы истории развития пульсирующего ледника. М.: КомКнига, 2007в. 120 с.
8. Бергер М. Г. Геодинамическая система ледника Колка и вопросы прогнозирования и регулирования ее развития. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 264 с.
9. Бергер М. Г. О возможных эндогенных причинах быстрых подвижек ледников. Статья вторая // Геология и геофизика Юга России. 2011. № 2. С. 3-13.

10. Бергер М.Г. О некоторых расчетах количества поствулканических газов, необходимого для газодинамического выброса ледника Колка // Геология и геофизика Юга России. 2012. № 1. С. 75-87.
11. Валяев Б.М. Зональность нефтегазонакопления в аспекте глубинной дегазации Земли // Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. С. 169-188.
12. Васьков И.М. Ледово-каменные обвалы и их прогнозирование. На примере Центрального Кавказа. Саарбрюккен, Германия: Lambert Academic Publishing, 2011. 233 с.
13. Васьков И.М., Турлов С.А., Валиев А.Л. Последствия Геналдонской катастрофы 20 сентября 2002 г.: вчера, сегодня, завтра // 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. 122-144.
14. Годзиковская А.А., Бугаевский А.Г., Габсатарова И.П. Сейсмологическая составляющая в катастрофическом движении ледника Колка // URL: <http://zeus.wdcb.ru/sep/kolka/index.ru.html> Last revision/November, 11, 2004.
15. Десинов Л.В. Пульсация ледника Колка в 2002 году // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2004. Т. 4. № 3. С. 72-87.
16. Десинов Л.В., Котляков В.М. Ледник Колка в 2002 году: от активизации до катастрофы // Материалы гляциологических исследований. 2005. Вып. 98. С. 146-154.
17. 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 конф. Т. 2. Владикавказ, 2003. С. 175-180.
18. 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. Сб. трудов Восьмых геофизических чтений им. В.В. Федынского (2-4 марта 2006 г., Москва). Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2007. С. 191-199.
19. 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.
20. Золотарев Е.А. Эволюция оледенения Эльбруса. Картографо-аэрокосмические технологии гляциологического мониторинга. М.: Научный мир, 2009. 238 с.
21. Киссин И.Г. Флюиды в земной коре: геофизические и тектонические аспекты. М.: Наука, 2009. 328 с.
22. Котляков В.М., Рототаева О.В. Ледниковая катастрофа на Северном Кавказе // Природа. 2003. № 8. С. 15-23.
23. Котляков В.М., Рототаева О.В., Десинов Л.В., Зотиков И.А., Осокин Н.И. Катастрофические последствия грандиозной подвижки ледника Колка на Северном Кавказе // Известия Академии наук, серия географическая. 2003. № 1. С. 45-54.

24. Малышев А.И. Газовый фактор в эндогенных процессах. Екатеринбург, 2011 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://ai-malyshev.narod.ru/GasFactor/GasFactor\\_Ru.html#mozТocJd361044](http://ai-malyshev.narod.ru/GasFactor/GasFactor_Ru.html#mozТocJd361044).
25. Мосинец В.Н., Абрамов А.В. Разрушение трещиноватых и нарушенных горных пород. М.: Недра, 1982. 248 с.
26. Обербек В.Р. Лабораторное моделирование ударного кратерообразования при помощи взрывчатых веществ // Механика. Новое в зарубежной науке. Вып. 12. Механика образования воронок при ударе и взрыве. М.: Мир, 1977. С. 33-61.
27. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 432 с.
28. Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Лурье П.М. Ледниковый обвал в горах Северной Осетии в 2002 г. // Метеорология и гидрология. 2002. № 12. С. 94-98.
29. Петухов И.М., Линьков А.М. Теоретические предпосылки предупреждения внезапных выбросов и мер борьбы с их вредными последствиями // Выбросы угля, породы и газа. Киев: Наукова думка, 1976. С. 3-18.
30. Письменный А.Н. Отчет «ГДП-200 в пределах восточного сегмента зоны Главного хребта Центрального Кавказа (листы К-38-IX,XV)». Ессентуки, 2006. 440 с.
31. Поггенполь Н.В. По северным долинам Казбекского массива и первое восхождение на Майли-хох // Ежегодник Русского горного общества. 1903. М., 1905. Вып. III. С. 1-37.
32. Познанин В.Л., Геворкян С.Г. Импактный механизм подготовки ледника Колка к селевой катастрофе: физические процессы при крупных обвалах // Криосфера Земли. 2007. Т. XI. № 2. С. 84-91.
33. Познанин В.Л., Геворкян С.Г. Энергетический потенциал импактного селевого очага и изменение структуры ледника Колка перед его срывом // Криосфера Земли. 2008а. Т. XII. № 2. С. 90-97.
34. Познанин В.Л., Геворкян С.Г. Гидравлический механизм отделения тела ледника Колка от ложа: начало срыва – кинетика и гравитация // Криосфера Земли. 2008б. Т. XII. № 3. С. 87-96.
35. Поповнин В.В., Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С. Гляциальная катастрофа 2002 года в Северной Осетии // Криосфера Земли. 2003. Т. VII. № 1. С. 3-17.
36. Процесс схода ледника Колка 20 сентября 2002 г. / Отв. ред. В.Б. Заалишвили. Владикавказ: ВНЦ РАН и РСО-А, 2009. 165 с.
37. Ромашов А.Н. Особенности действия крупных подземных взрывов. М.: Недра, 1980. 244 с.
38. Рототаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. М.: Наука, 1983. 169 с.
39. Рототаева О.В., Котляков В.М., Носенко Г.А., Хмелевской И.Ф., Чернов Р.А. Исторические данные о подвижках ледников на Северном Кавказе и Кармадонская катастрофа 2002 г. // Материалы гляциологических исследований. 2005. Вып. 98. С. 136-145.
40. Тавасиев Р.А. Что спровоцировало Колку «на побег»? // Северная Осетия. № 6 (25786) за 19 января 2011 г.
41. Тверитинова Т.Ю. Новейшая тектонодинамика Эльбрусской вулканотектонической структуры // Современные методы геолого-геофизического мониторинга

га природных процессов на территории Кабардино-Балкарии. М.: ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, Нальчик: КБГУ им. Х.М. Бербекова, 2005. С. 200-214.

42. Теплякова А.С. Основные этапы развития рельефа и новейшая структура Горной Осетии. Дисс. ... канд. геол.-мин.наук. М.: МГУ, 1984. 249 с.

43. 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.

44. Файф У., Прайс Н., Томпсон А. Флюиды в земной коре. М.: Мир, 1981. 436 с.

45. Федоренко В.С. Горные оползни и обвалы, их прогноз. М.: Изд-во МГУ, 1988. 214 с.

46. Флюиды и геодинамика: Материалы Всерос. симпозиума «Глубинные флюиды и геодинамика» (Москва, 19-21 ноября 2003 г.) / [отв. ред. Ю.Г. Леонов, И.Г. Киссин, В.Л. Русинов]; Геологический институт РАН. М.: Наука, 2006. 283 с.

47. Чотчаев Х.О. Периодические сходы ледника Колка – следствие тектонической активности // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа». 20-22 сентября 2007 г. Владикавказ, 2007. С. 35-36.

48. Штебер Э.А. Ледниковые обвалы в истоках Геналдона // Терский сборник. Владикавказ, 1903. Вып. 6. С. 233-248.

49. Evans S.G., Tutubalina O.V., Drobyshev V.N., Chernomorets S.S., McDougall S., Petrakov D.A., Hungr O. Catastrophic detachment and high-velocity long-runout flow of Kolka Glacier, Caucasus Mountains, Russia, in 2002 // Geomorphology. 2009. V. 105. P. 314-321.

## ABOUT REASONS OF INTENSIFICATION OF ROCKFALLS ON GLACIER KOLKA BEFORE ITS CATASTROPHIC DISCHARGE ON 20 SEPTEMBER 2002 AND SOME QUANTITATIVE ESTIMATIONS OF THESE FALLS VOLUMES

**Berger M. G., Sc. Doctor (Geol.), prof.**

International Innovation Scientific-Technological Centre «Sustainable Development of Mountain Territories», Center of Geophysical Investigations of VSC RAS and RNO-A, Vladikavkaz, Russia, e-mail: berger7@rambler.ru

Perceptions about tectonic reasons of pre-catastrophic intensification of rockfalls on glacier Kolka in July-September 2002 were refuted. As many other anomalous in nature and intensity natural phenomena took place in the region in this period – in a stage of preparation of catastrophic paroxysmal gasodynamic discharge of glacier Kolka, falls intensification was caused by long-term powerful concentrated (jet) breakthrough to the surface (in region of lower pressure) high-pressure deep postvolcanic gases, accompanied by rock failure, including outstripping cracking in surficial and subsurficial zones under pressure of expanding compressed gases in ways of their rising jet migration.

Rockfalls intensification was also contributed by thermal influence of postvolcanic gases on rocks of cryolithic zone in upper part of rock massive. Despite their abnormal intensity precatastrophic falls on glacier Kolka play no significant role in the glacier discharge, and were neither not main nor secondary it's reason. Baselessness and falseness of some quantitative estimations of rockfalls volumes are shown. Theory about giant rockfall on the glacier Kolka on 20 September 2002 is refuted.

Long-term pre-catastrophic intense rockfalls on glacier Kolka is one of precursors of paroxysmal explosion-type gasodynamic discharge of glacier Kolka, results and signature of processes of its preparation. In no other respect these falls and their intensive investigation in more than past 10 years are not of scientific or practical interest.

**Keywords:** glacier Kolka, postvolcanic gases, catastrophic gasodynamical discharge, precatastrophic rockfalls intensification