



Д. г.-м. н.,
профессор СКГМИ (ГТУ)
М.Г. Бергер

Газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 года*

М.Г. Бергер

Многочисленные особенности уникальной грандиозной катастрофы, происшедшей 20 сентября 2002 г. на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, с той или иной точностью, детальностью и полнотой описаны во многих десятках публикаций и хорошо известны. Однако содержащаяся в этих работах генетическая интерпретация этих особенностей, предложенные решения основного вопроса о природе этой катастрофы, ее характере (геодинамическом типе) и причинах продолжают оставаться дискуссионными. Сейчас, по прошествии нескольких лет после этой катастрофы, с появлением и расшифровкой многих новых данных [1–3, 5, 7, 8 и др.], касающихся этого события, природа этой катастрофы может быть раскрыта, естественно, с гораздо большей глубиной и обоснованностью, чем ранее.

В середине июля 2002 г. резко усилилась интенсивность обвалов на ледник Колка с северо-восточного склона г. Джимарайхох и ее отрогов, где проходит ослабленная зона протяженного субмеридионального разлома [1], который в этой его части может быть назван Восточно-Джимарайским. (Существующие оценки времени начала значительного усиления интенсивности обвалов на ледник Колка не вполне совпадают. Различия между ними составляют около двух недель. Наиболее ранняя из указываемых различными авторами дат – 14 июля 2002 г. [1]).

В последующем были высказаны предположения о том, что усиление обвалов было обусловлено некоторым усилением сейсмической активности в данном районе. Однако эпицентры землетрясений находились на различном удалении от г. Джимарайхох и зоны обвалов, а в других частях Казбекско-Джимарайского района усиление обвальных процессов не отмечалось. С учетом этого очевидно, что причиной резкого усиления обвалов были не региональные, не отдаленные, а происходившие в непосредственной близости локальные геологические процессы.

Как можно полагать (и как показали последующие события в зоне обвалов), усиление обвальных процессов в этой зоне было вызвано интенсивными процессами трещинообразования (раскрытия существовавших

ранее трещин, возникновения и роста новых) и разрушения горных пород в поверхностной и приповерхностной зонах, обусловленными давлением высоконапорных глубинных поствулканических газов в ходе их интенсивной восходящей струйной миграции к земной поверхности. (Некоторые геохимические данные, свидетельствующие о существовании и поствулканическом характере интенсивно проявившихся в 2002 г. глубинных флюидных выделений в районе ледника Колка, особенно в его цирке, приведены Я.Д. Муравьевым [8]).

Механизм подобных процессов достаточно хорошо изучен и описан во многих работах, где показана, в частности, их широкая распространенность в природе [4 и др.]. Приведем в этой связи мнение крупнейших специалистов в области геофлюидодинамики У. Файфа, Н. Прайса и А. Томпсона, отмечающих, в частности, что поступающие с глубин флюиды «должны фактически пробивать себе дорогу наверх, приподнимая породы и создавая трещины гидравлического разрыва» [4, с. 24], которые «должны либо достигать земной поверхности, либо ограничиваться другим непроницаемым барьером» [4, с. 345]. При этом авторы приводят данные, позволяющие предположить, что даже вне вулканических областей «на глубинах, превышающих первые километры, в земной коре могут развиваться давления поровых флюидов, достаточные для образования разломов посредством хрупкого разрушения пород» [4, с. 243]. Для вулканических же районов, к числу которых относится и Казбекско-Джимарайский район, с характерным для них интенсивным выделением глубинных вулканических или поствулканических газов это тем более вероятно, особенно в пределах ранее уже ослабленных трещинно-разрывных зон, как в данном случае, когда речь идет, собственно, не о формировании, а лишь о подновлении, раскрытии ранее уже существовавших разрывных нарушений. Теоретические представления и модели, основанные на эмпирических фактах и геотермодинамических расчетах, соответствующие изложенным в цитируемой фундаментальной монографии У. Файфа и др., содержатся во многих работах по структурной геологии и тектонике, магма-

* Статья публикуется в порядке обсуждения – Ред.

тической петрологии и вулканологии, геологии рудных месторождений и нефтегазовой геологии.

Максимального развития обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка достигли во второй половине августа [1, 3, 5 и др.]. А 1-го сентября или немногим ранее произошел прорыв поствулканических газов на дневную поверхность. Во всяком случае, на снимке, сделанном 1-го сентября, высоко в зоне обвалов уже видны газовые проявления [2], отсутствовавшие ранее в этой зоне.

Основной газоподводящий канал располагался, по видимому, под ледником Колка – в его наиболее приподнятой тыльной зоне, в узле пересечения отмеченного выше и субширотного Сырху-Барзондского глубинного разломов.

В ходе происходившей в течение нескольких недель интенсивной восходящей струйной миграции высоконапорных поствулканических глубинных газов, под их воздействием (как это установлено и описано в многочисленных работах, посвященных подобным структурам), этот канал был существенно разработан, а возникшее при этом и, вероятно, увеличившееся при взрывоподобном, гигантском по силе газодинамическом выбросе ледника в верхней части канала близкое к изометричному в горизонтальном сечении воронкообразное (мульдообразное) расширение с диаметром в несколько сотен метров по внешнему краю, подобное известным раструбообразным пришествным расширениям диатрем, было принято впоследствии рядом исследователей за «яму выбивания». В последующем эта весьма интересная, но, к сожалению, оставшаяся неизученной структура оказалась погребенной обломочным материалом обвалов.

Прорыв (выход) высоконапорных глубинных газов на поверхность и начало их свободного истечения в атмосферу привели, естественно, к некоторому уменьшению интенсивности процессов трещинообразования и разрушения горных пород в поверхностной и приповерхностной зонах и связанному с этим уменьшению интенсивности обвалов с г. Джимарайхох.

По имеющимся данным [1, 3, 5], к первым числам сентября основные, наиболее крупные обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка уже прошли. И хотя интенсивность обвалов продолжала оставаться аномально высокой, есть основания говорить о проявлении вплоть до самого выброса ледника достаточно продолжительного (две–три недели) *эффекта* (и этапа) *относительного обвального затишья*.

Эффект относительного обвального затишья перед внезапным газодинамическим выбросом ледника Колка наиболее явно прослеживается, естественно, прежде всего по внешней, ледовой облицовке северо-восточного склона г. Джимарайхох и ее отрогов, основное количество материала которой, оказавшееся обвалившимся на момент катастрофы 20 сентября 2002 г. (по проведенным сразу после нее многочисленным наблюдениям различных исследователей), обвалилось уже к первым числам сентября [1, 5], в результате чего абсолютное и относительное количество льда в составе обвалов существенно

уменьшилось. Это подтверждается опубликованными непосредственными наблюдениями альпинистов, присутствовавших в начале сентября на леднике Колка и зафиксировавших значительное увеличение количества каменного материала в составе обвалов [1 и др.].

В некоторых работах было даже высказано мнение о прекращении интенсивных обвалов с г. Джимарайхох на ледник Колка за две недели до катастрофы. Это мнение, однако, едва ли в полной мере справедливо: столь интенсивные обвалы, вызванные интенсификацией процессов трещинообразования в породах на северо-восточном склоне г. Джимарайхох, могли лишь смениться менее интенсивными. На это указывает и весьма длительное, продолжавшееся более года ослабление (последовавшее за возможной кратковременной их интенсификацией, вызванной мощным сотрясательным воздействием взрывоподобного внезапного газодинамического выброса ледника) обвальных процессов после выброса ледника, имевших в течение всего этого времени аномально высокую интенсивность [3, 5 и др.].

Этапу относительного обвального затишья, очевидно, соответствует время наиболее интенсивного накопления природных газов и повышения величины их пластового давления под ледником.

Отсутствие на леднике перед его газодинамическим выбросом (на его подготовительной стадии) сколь угодно заметных газовыделений – вполне естественный, закономерный и показательный факт, свидетельствующий о весьма высоких газоупорных экранирующих свойствах ледниковой покрывки, что является одним из важных, необходимых, обязательных условий подготовки газодинамического выброса ледника.

Проникшие и вплоть до самого выброса ледника продолжавшие проникать под большим напором в подледное пространство глубинные поствулканические газы, вероятно, сформировали под ледником пластовую залежь, давление в пределах которой последовательно возрастало. Механизм образования и конкретные примеры флюидных залежей подобного типа под непроницаемыми барьерами указаны в уже цитированной выше монографии У. Файфа и др. [4, сс. 353, 359, 379 и др.] и во многих других работах.

Поступавшие в подледное пространство поствулканические газы могли в той или иной мере корродировать подошву ледника (прежде всего в его тыльной части), содействуя тем самым некоторому локальному уменьшению его толщины, веса и прочности и, соответственно, облегчая газодинамический выброс ледника и приближая его.

При значительном возрастании газового давления под ледником с некоторого момента началось механическое отжатие ледника от его субстрата (*эффект газового домкрата*), прежде всего в его тыльной части.

Внешне это проявилось в резком (быстром и значительном) подъеме поверхности ледника, особенно его тыльной части, что было отмечено альпинистами уже за несколько недель до катастрофы, но до сих пор свя-

зывалось лишь с интенсивным поступлением на ледник ледо-каменного материала обвалов.

К моменту выброса ледника (точнее, за 8,5 часов до него) величина поднятия поверхности ледника в его тыльной части составила около 40–70 м [3].

Важно отметить, что, в отличие от обычных классических гляциодинамических подвижек, когда после начального «вздутия» ледника в его тыльной части, имеющего массобалансовую природу, происходит резкое и значительное релаксационное опускание поверхности ледника в этой его части в результате оттока льда во фронтальную часть ледника (что предполагалось и в данном случае [1]), поднятие тыльной части ледника Колка перед его газодинамическим выбросом, в значительной мере обусловленное огромным газовым давлением под ледником и его интенсивным возрастанием (действием эффекта газового домкрата), сохранялось (и, очевидно, возрастало) вплоть до самого момента выброса [3].

Резкое поднятие (вздутие, вспучивание, отжим, выдавливание) ледника в эпицентральной зоне готовящегося выброса сопровождалось интенсивным (в основном, однако, по-видимому, лишь поверхностным и близповерхностным) трещинообразованием в этой зоне ледника и вблизи от нее [3 и др.].

Все это, безусловно, должно было сопровождаться различными, в том числе интенсивными, сейсмоакустическими и другими геофизическими эффектами, частично зафиксированными [1 и др.].

Существенно отметить, что на завершающем этапе подготовки выброса ледника Колка, особенно за сутки и менее до него, на различном, в том числе значительном расстоянии (в 15 км и даже более) от ледника проявились многочисленные биопредвестники катастрофы, подобные тем, которые проявляются перед сильными землетрясениями, выразившиеся в сильном беспокойстве и аномальном поведении животных.

20 сентября 2002 г. примерно в 20 часов по местному времени давление сжатых газов под ледником, очевидно, превысило величину гравитационной нагрузки ледника, силы сцепления ледника с его ложем и бортами и предел его прочности на разрыв, в результате чего и произошел взрывоподобный внезапный газодинамический выброс ледника Колка, остававшегося, как теперь известно [3], в своем вместилище в пределах своего обычного контура вплоть до самого момента выброса.

В отмеченных условиях газодинамический выброс ледника Колка был неизбежен независимо от наличия и конкретного характера внешних инициирующих факторов («пускового механизма»).

Основные особенности проявления природной катастрофы на леднике Колка идентичны хорошо известным в течение уже более полутора столетий особенностям проявления внезапных газодинамических выбросов в горнопородных массивах различного состава, основными из которых являются: 1) быстро протекаю-

щий саморазвивающийся процесс разрушения некоторой части массива (прежде всего, обладающего свободной поверхностью газопорного барьера) с образованием полости (воронки) выброса; 2) вынос (выброс, метание) продуктов разрушения массива (обломочного материала различной степени дисперсности) в потоке расширяющегося газа; 3) постепенно затухающее газовыделение из полости выброса. При этом газ, расширяясь при выбросе, не только «совершает работу дробления и выносит материал, но и порождает ударную воздушную волну», которая «значительно опережает смесь частиц и газа» [6, с. 243]. Как справедливо отмечают крупнейшие специалисты в области механики газодинамических выбросов И. М. Петухов и А. М. Линьков [6, с. 245], «все выбросы, независимо от выбрасываемого материала, имеют общую природу и характер протекания. Различия между ними сравнительно невелики и касаются не слишком существенных деталей явления».

Существование какого-либо детонатора (триггера, пускового механизма) газодинамического выброса ледника Колка точно не установлено, хотя на этот счет высказаны различные предположения. Наиболее часто предполагается, естественно, воздействие на ледник обвала (или серии обвалов) и отдаленного землетрясения (или серии землетрясений). Именно эти факторы обычно рассматриваются в качестве триггеров, инициировавших, запустивших катастрофу на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, при всех различиях в определении характера этой катастрофы. Однозначное доказательное решение этого вопроса весьма затруднительно. Однако существенного значения для раскрытия природы катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье это не имеет.

Проявление газодинамического выброса ледника Колка сопровождалось многими весьма специфическими особенностями.

Одними из важнейших особенностей выброса, помимо его чрезвычайной взрывоподобной скоротечности и гигантской силы (интенсивности), были распространение на огромное расстояние (по крайней мере, наиболее явно, до Скалистого хребта, т. е. на 19,5 км) огромной по силе ударной воздушной волны, разрушение ледника до его основания, различное по интенсивности, в том числе весьма глубокое диспергирование ледо-каменного материала вплоть до образования большого количества мелко- и тонкодисперсной пыли, исключительно высокие начальные скорости разлета (метания) продуктов разрушения ледника и его не только направленный по уклону долины, но и в значительной мере центробежный характер – огромные массы ледо-каменных продуктов разрушения ледника оказались отброшенными не только вниз по долине, но и вверх и в стороны от эпицентра выброса. При этом выброшенным оказался не только сам ледник, но и материал гигантских обвалов на ледник с г. Джимарай-хих и ее отрогов.

Наклонный характер залегания ледника Колка, обусловленный геоморфологией его ложа, и положение эпицентра выброса в тыльной, верхней, части ледника обусловили преимущественно (но все же, повторим, не исключительно – и это весьма существенно для понимания характера катастрофы) направленный характер выброса по уклону долины. Направленный же характер выброса, его гигантская интенсивность, чрезвычайно высокие скорости распространения и каналирование ударной воздушной волны и дисперсных потоков продуктов выброса бортами ущелий привели к грандиозной катастрофе в Геналдонском ущелье, в том числе на весьма значительном удалении от ледника Колка.

Все это – типичные признаки газодинамического (газопородного) выброса, имевшего в данном случае гигантскую интенсивность, о чем свидетельствуют количество перемещенного при выбросе материала (по большинству оценок, превышающее 100 млн т), степень его диспергирования, дальность перемещения, сила ударной воздушной волны на значительном удалении от эпицентра и другие параметры катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье.

Именно внезапный взрывоподобный газодинамический выброс ледника Колка и вызвал его практически мгновенный коллапс (как несколько неопределенно определяют катастрофу на леднике Колка во многих зарубежных работах, а, точнее, ее результаты).

Вызванная внезапным газодинамическим выбросом ледника Колка гигантская ледо-каменная лавина, соединившись с текущей водой Геналдона и Гизельдона, породила, естественно, гигантский сель, имевший на значительном начальном отрезке пути весьма высокоскоростной характер [7].

Таким образом, причинно-следственная, хронологическая и пространственная последовательность основных катастрофических событий, происшедших 20 сентября 2002 г., такова: внезапный газодинамический выброс ледника Колка, ледово-каменная лавина, сель.

Что же касается гигантского обвала с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка, с которого обычно начинают перечень последовательно проявившихся взаимосвязанных и взаимообусловленных катастрофических событий этого дня и который нередко считают основной непосредственной причиной всей катастрофы, то его проявление именно в начальный момент этой катастрофы никак не подтверждается и, более того, опровергается имеющимися данными [1, 3]. Происшедшие же в течение длительного времени интенсивные обвалы с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка были не причиной катастрофы на леднике Колка, представлявшей собой внезапный газодинамический выброс ледника, а естественным следствием (и характернейшим признаком, индикатором) ее длительной интенсивной подготовки, вызванной продолжительным мощным прорывом к земной поверхности огромного количества высоконапорных глубинных природных га-

зов. Процессы подготовки этой грандиозной природной катастрофы были столь мощными и масштабными, что их проявления, естественно, не ограничивались лишь площадью самого ледника Колка, а распространялись и на приледниковую территорию, особенно – по разломным зонам.

Одними из естественных и показательных в генетическом плане результатов выброса ледника явились образование на месте выброшенного ледника полости (западины), ограниченной с боков левой боковой мореной и крутыми уступами отрыва ледника вдоль его правого борта, а снизу и сверху – поперечными насыпными валами (валами отброса), возникшими еще при предыдущих выбросах ледника, и наращивание этих валов свежим обломочным ледо-каменным материалом.

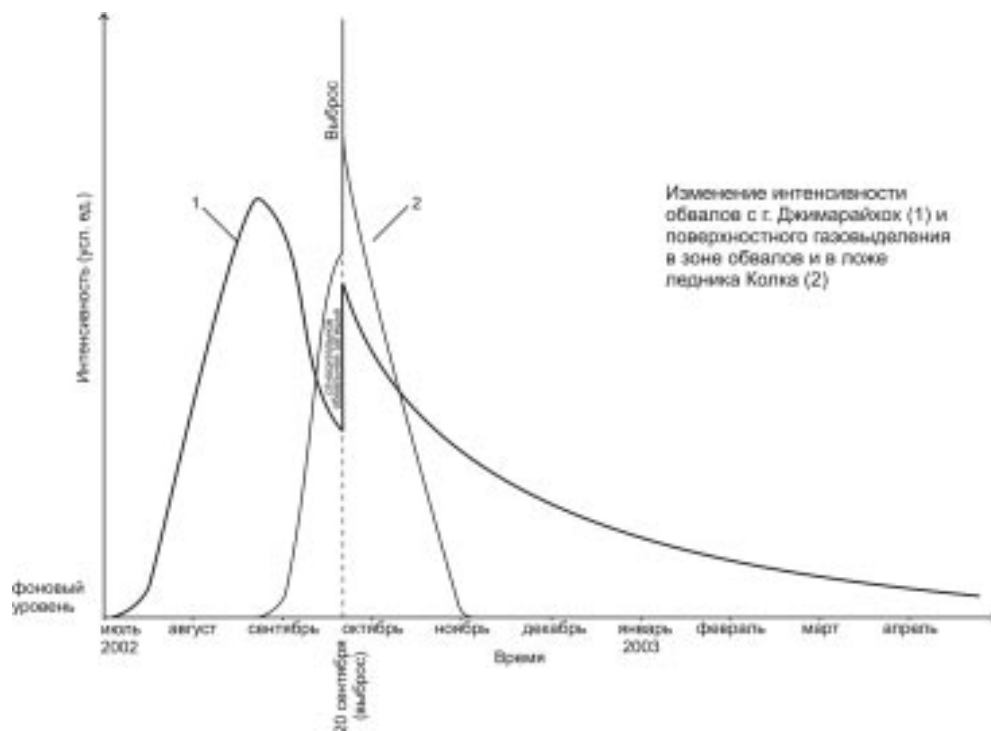
После выброса в зоне обвалов и непосредственно в цирке ледника Колка, особенно в его тыльной части, проявились интенсивные газовыделения, продолжавшиеся еще около месяца.

Мощные обвалы с г. Джимарайхох после выброса ледника, как можно полагать, интенсифицированные сотрясательным воздействием выброса, продолжались в течение еще многих месяцев и лишь постепенно, более года спустя, их интенсивность приблизилась к фоновому уровню [3, 5 и др.].

Изложенные выше данные, касающиеся значительных изменений интенсивности обвалов с г. Джимарайхох и ее отрогов на ледник Колка и поверхностного газовыделения в зоне обвалов и в ложе ледника Колка – важнейших процессов (во многом индикаторных, в частности, предвестниковых), проявившихся на этапах подготовки, протекания и завершения газодинамического выброса ледника Колка, – суммированы на приведенной схематической совмещенной диаграмме (рисунков), составленной с учетом данных Л.В. Десинова, В.М. Котлякова, О.В. Рототаевой, О.В. Тутубалиной и др. [1–3, 5 и др.].

После происшедшей катастрофы были высказаны многочисленные версии о ее характере и причинах. Многие из них (обвальное-ударное выбивания ледника, гляциодинамической подвижки (сёрджа), селя и пр.) находятся, однако, в противоречии с известными фактами и опровергаются новыми данными [3 и др.]. Самое же главное состоит в том, что ни одна из предложенных версий, за исключением представлений о газодинамическом выбросе ледника, не позволяет объяснить ни одну из особенностей этой катастрофы.

Изложенное же выше позволяет не только установить газодинамическую природу основного события, происшедшего 20 сентября 2002 г. на леднике Колка и поразившего огромную территорию за его пределами, но и выявить оставшуюся до сих пор неустановленной и непонятной глубокую закономерную генетическую связь отмеченных выше различных природных процессов, столь явно и мощно проявившихся в райо-



не ледника Колка примерно с июля 2002 г. по сентябрь 2003 г. (и даже позднее) – их типов, последовательности, интенсивности (и ее эволюции), времени и места проявления, связанных (при всем различии их роли) участием в проявившемся в данном районе едином грандиозном катастрофическом процессе подготовки, проявления и последующего постпароксизмального завершения внезапного газодинамического выброса ледника Колка.

С учетом вышеизложенного, необходимо особо подчеркнуть не только акклиматический, но и не гляциально-автоколебательный, не массобалансовый и, в целом, не экзогенный, а, безусловно, эндогенный, глубокий характер исходных причин этой проявившейся на поверхности природной катастрофы, основных выз-

вавших ее природных факторов, подобно тому, как именно эндогенными, глубинными являются причины, основные действующие факторы поверхностных катастрофических проявлений, например, тектонических землетрясений и вулканических извержений.

Происшедший газодинамический выброс ледника Колка – не первый в истории этого ледника и всей сложной геодинамической системы, в составе которой ледник Колка является лишь одним из элементов, образуя в ней локальный газоупорный барьер со свободной поверхностью. Подобные же катастрофические выбросы ледника Колка, сопровождавшиеся человеческими жертвами и разрушениями, происходили в 1902 и 1752 гг. и, вероятно, ранее, хотя газодинамическая природа этих катастроф до последнего времени оставалась нераспознанной.

Имеются основания полагать, что подобные явления происходили и на других горных ледниках в пределах молодых вулканических областей в связи с проявляющейся в этих областях поствулканической деятельностью, в частности, на других ледниках Казбекской группы, в Приэльбрусье и на г. Арарат.

Автор глубоко благодарен академику В.И. Гончарову за просмотр рукописи и сделанные замечания.

Литература

1. Десинов Л. В. Пульсация ледника Колка в 2002 году // Вестник Владикавказского научного центра РАН, 2004. Т. 4. № 3. С. 72–87.
2. Ротоматова 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. Вып. 98. – М.: 2005. С. 136–145.
3. Тутубалина О. В., Петраков Д. А., Черногорец С. С. Ледник Колка перед катастрофой // http://www.pereplet.ru/text/tutubalina_20_apr_05.html.
4. Файф У., Прайс Н., Томпсон А. Флюиды в земной коре / Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 436 с.
5. Десинов Л. В., Котляков В. М. Ледник Колка в 2002 г.: от активизации до катастрофы // Материалы гляциологических исследований. Вып. 98. – М.: 2005. С. 146–154.
6. Петухов И. М., Линьков А. М. Механика горных ударов и выбросов. – М.: Недра, 1983. 280 с.
7. Васьков И. М. Возможный механизм обвала и динамика движения ледово-каменных масс в верховьях р. Геналдон (на Центральном Кавказе в сентябре 2002 года) // Вестник Владикавказского научного центра РАН, 2004. Т. 4. № 2. С. 34–45.
8. Муравьев Я. Д. Газовое извержение в цирке – возможная причина развития подвижки ледника Колка по катастрофическому сценарию // Материалы гляциологических исследований. Вып. 98. – М.: 2005. С. 44–55.