УДК 551.24(234.9)

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16541

О РОЛИ СЕЙСМОТЕКТОНИКИ В КОЛКИНСКОЙ КАТАСТРОФЕ 2002 ГОДА

© 2018 М.Г. Бергер, д.г.-м.н., проф.

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

Катастрофические события на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. были не сейсмокатастрофой, а носили в их эпицентре совершенно иной, газодинамический, геодинамический характер.

Конечно, проявившиеся на Кавказе землетрясения, особенно наиболее сильные из них, прежде всего, Спитакское (1988 г.), Рачинское (Рача-Джавское) (1991 г.) и Барисахское (1992 г.), мощным сотрясательным воздействием на литосферную среду Казбекской неовулканической области содействовали ускорению глубинных процессов подготовки Колкинской катастрофы, но в эти годы геодинамическая система ледника Колка была еще не готова к газодинамическому выбросу ледника. А в сентябре 2002 года, когда степень готовности этой системы к газодинамическому выбросу была достаточной, сильных землетрясений, способных сотрясательным воздействием на геодинамическую систему ледника Колка инициировать выброс ледника, на Кавказе не было.

С учетом весьма пологого карово-долинного залегания ледника Колка и известных весьма специфических особенностей подготовки, проявления и завершения Колкинской катастрофы 2002 г., сейсмическое воздействие на ледник не могло быть непосредственной причиной этой катастрофы: даже очень сильное сейсмическое воздействие на ледник Колка само по себе не могло обусловить (и, соответственно, не позволяет объяснить) известные особенности Колкинской катастрофы.

Тем не менее, опосредованно, прежде всего, путем влияния на скорость и интенсивность протекания в литосферном субстрате ледника Колка поствулканических процессов генерации и восходящей миграции высоконапорных глубинных природных газов, сейсмические процессы, даже не очень сильные, могли содействовать подготовке, запуску и проявлению газодинамического выброса ледника Колка в 2002 г.

Ключевые слова: ледник Колка, Колкинская катастрофа 2002 г., сейсмотектоника, землетрясения, тектоническое сейсмическое нагнетание, газодинамический выброс ледника.

На пространственно-временных распределениях землетрясений всех энергий за последние годы не выявляется какой-либо аномальной характеристики сейсмичности в период, предшествующий процессам на леднике Колка... Анализ сейсмической обстановки за весь период имеющихся сейсмических материалов с древнейших лет по 2002 г. и детальный анализ динамики сейсмичности не позволяют, по нашим оценкам, указать конкретное землетрясение, которое можно было бы считать ответственным за начало процесса в Геналдонском ущелье.

А.А. Годзиковская, А.Г. Бугаевский, И.П. Габсатарова

Катастрофические события на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 г. были не сейсмокатастрофой, а носили в их эпицентре совершенно иной, газодинамический, геодинамический характер [Бергер, 2007б].

Конечно, в соответствии с представлениями У. Файфа и др. [1981, с. 350 и далее], проявившиеся на Кавказе землетрясения, особенно наиболее сильные из них, прежде всего, Спитакское (1988 г.), Рачинское (Рача-Джавское) (1991 г.) и Барисахское (1992 г.), содействовали ускорению глубинных процессов подготовки Колкинской катастрофы, но в эти годы геодинамическая система ледника Колка была еще не готова к газодинамическому выбросу ледника. А в сентябре 2002 года, когда степень готовности этой системы к газодинамическому выбросу была достаточной, сильных землетрясений, способных сотрясательным воздействием на геодинамическую систему ледника Колка инициировать выброс ледника, на Кавказе не было.

К сказанному можно добавить, что отсутствие проявления значительного сейсмотектонического воздействия на земную кору в районе ледника Колка непосредственно перед катастрофой и отсутствие гигантских единовременных обвалов с г. Джимарайхох на ледник Колка и катастрофических выбросов этого ледника, подобных выбросу 2002 г., при проявлении такого воздействия во время Барисахского и Рачинского, а также более ранних Кавказских землетрясений большой силы, не только указывают на несейсмическую природу Колкинской катастрофы 2002 г., но и являются одним из оснований для сомнения в самой возможности гигантского единовременного обвала с г. Джимарайхох на ледник Колка в 2002 г. Впрочем, проявление такого обвала на ледник Колка не только не подтверждается, но и полностью опровергается имеющимися фактическими данными.

С учетом важнейших индикаторных параметров геодинамического состояния земной коры литосферных геофизических полей [Николаев, 2003], прежде всего, сейсмической активности, характера и амплитуды новейших тектонических движений и величины теплового потока, Казбекско-Джимарайский район, в пределах которого расположен ледник Колка, принадлежит к числу геодинамически наиболее активных районов Кавказа. При этом с высокими значениями отмеченных и других количественных геолого-геофизических параметров эндогенной геодинамической активности литосферы в данном районе естественным образом сочетается исключительно высокая экзогенная геодинамическая активность, выраженная в чрезвычайно широком распространении и исключительно сильным, иногда катастрофическом уровне проявляющихся здесь обвальных, лавинных, оползневых, селевых и других процессов.

В рамках обширного Казбекско-Джимарайского района район ледника Колка, по имеющимся данным, суммированным, в частности, Е.А. Рогожиным, ничем особенно примечательным в сейсмотектоническом отношении не выделяется, разве что тем, что является районом сравнительного сейсмотектонического затишья.

Кроме того, как установили Е.А. Рогожин и др. [2004], период повторяемости сильных землетрясений в северной части Казбекско-Джимарайского района, где расположен ледник Колка, составляет от 500 до 1500 лет, тогда как катастрофические пульсации этого ледника в известной истории его развития происходили с интервалом 100-150 лет [Бергер, 2007а] (причем другие ледники данного района во время катастрофических пульсаций ледника Колка в 1752, 1902 и 2002 гг. сохраняли устойчивость).

Уже одно это не позволяет рассматривать сейсмотектоническое воздействие на ледник Колка в качестве причины его катастрофических пульсаций.

Вообще же, сейсмоустойчивость горных ледников не является абсолютной. Например, сильное землетрясение (с магнитудой 7,9), происшедшее 14.11.2001 г. в

горах Восточного Куньлуня (Северный Тибет), имело явные гляциодинамические последствия: под его воздействием в шести ледниках возникли трещины и произошли обвально-лавинные сходы ледяных масс, имевшие следующие параметры: дальность схода (расстояние смещения) 550–2100 м, мощность смещенного льда 0,15–4 млн. м³, скорость смещения 3–21 м/с [Van der Woerd et al., 2004]. Эти параметры, однако, существенно отличаются от параметров катастрофической пульсации («схода») ледника Колка 2002 г.

* * *

Сейсмические явления (наряду с обвально-ударными, хронологически и генетически нередко связанные с сейсмическими, когерентные им) являются наиболее простым, так сказать, «лежащим на поверхности» объяснением причин проявления ледниковых пульсаций. Именно поэтому такое объяснение явилось одним из первых, наиболее ранних, и продолжает оставаться одним из наиболее распространенных, «дежурных» объяснений подобных событий. За длительное время отношение к такому объяснению причин этих событий существенно менялось и в настоящее время, наряду со сторонниками подобных представлений, существуют и их противники. Все это касается и представлений о роли землетрясений в катастрофической пульсации ледника Колка 2002 года (а также других пульсаций этого ледника).

В оценке роли сейсмотектоники в подготовке и проявлении гигантской природной катастрофы на леднике Колка (в ее эпицентре, очаге поражения) и в Геналдонском ущелье (зоне поражения) 2002 г., как и во многом принципиально сходной с ней, хотя и менее масштабной, катастрофы 1902 г., существуют самые различные, в том числе диаметрально противоположные, точки зрения – от признания ее главной или даже единственной причиной этих катастроф до полного отрицания какой-либо причастности ее к этим событиям.

При всей кажущейся простоте сейсмологического объяснения землетрясения не позволяют объяснить целый ряд весьма существенных моментов в проявлении ледниковых пульсаций, в частности:

существенные различия в протекании различных пульсаций, их гетеротипию [Бергер, 2008, с. 49 и далее];

механизм связи между землетрясениями и особенностями протекания пульсаций;

наличие и особенности длительного этапа подготовки ледниковых пульсаций, проявление многочисленных и разнообразных по характеру их предвестников, в том числе долгосрочных, включая такие, которые трудно связать с синхронизированной по времени (когерентной) подготовкой землетрясения;

проявление пульсаций одного и того же ледника при относительном сейсмическом затишье и стабильное состояние того же ледника в условиях сильного сейсмического воздействия на него;

проявление пульсаций одних ледников при стабильном состоянии других, в районе которых сила сейсмических толчков была такой же или большей.

Тем не менее, в некоторых случаях нельзя или трудно отрицать возможную связь между землетрясениями и теми или иными событиями на ледниках и в приледниковой зоне, происходящими сразу же после землетрясений или с некоторым запаздыванием (см., например, [Авдеев и др., 1989]).

Можно полагать, что землетрясения могут играть роль триггеров (спусковых,

запускающих механизмов) ледниковых пульсаций, толчков к их запуску в тех случаях, когда ледник достаточно подготовлен к пульсации действием иных (не сеймотектонических или не только сеймотектонических) природных факторов. Если же подготовка пульсации ледника далека от завершения, даже сильное сейсмическое воздействие на ледник зачастую не приводит к существенным изменениям его состояния.

Именно в плане выявления триггерного механизма, запустившего газодинамический выброс ледника Колка, но не в плане выявления причин этого катастрофического события, определивших весьма специфические особенности его подготовки и протекания, могут рассматриваться многочисленные предположения о существенной роли в Колкинской катастрофе сейсмичности, обвалов и некоторых других событий, предшествующих этой катастрофе.

В частности, как известно, в целях контролируемого (и, соответственно, не опасного) превентивного инициирования газодинамических выбросов в шахтных условиях (на какое-то время исключая спонтанное, самопроизвольное проявление) одно время часто использовалось сотрясательное взрывание (проводимое, естественно, в отсутствие людей в выработках).

Это, однако, не означает, что причиной газодинамических выбросов ледников является сотрясательный фактор, сотрясательное воздействие на земную кору. Действие сотрясательного фактора (и принципиально идентичного ему в геомеханическом отношении природного сейсмического, сейсмоударного фактора) – не более чем спусковой, запускающий механизм газодинамического выброса, обусловленного действием совершенно иных факторов, иных причин. И недаром после газодинамического выброса, искусственно спровоцированного сотрясательным взрыванием, последующие работы, в том числе взрывные, на этих же пластах к газодинамическим выбросам обычно не приводят (в течение некоторого времени).

Таким образом, действие сейсмического фактора само по себе недостаточно для того, чтобы проявился газодинамический выброс. Сейсмическое воздействие может инициировать, запустить газодинамический выброс только в том случае, если этот выброс в достаточной мере подготовлен действием иных факторов, прежде всего, газового.

Вместе с тем, даже в тех случаях, когда землетрясение не приводит к развязыванию (запуску) ледниковой пульсации того или иного типа, сейсмические события (сильные или даже слабые землетрясения, сейсмическая вибрация) не проходят бесследно для ледников (особенно динамически неустойчивых, развивающихся в сильно неравновесных условиях), хотя следы их воздействия в таких случаях обычно не очевидны и их трудно вычленивать, отделить от результатов других испытываемых ледниками воздействий. В подобных случаях землетрясения могут быть стимуляторами подготовки ледниковых пульсаций (в том числе катастрофических), катализаторами (ускорителями), приближающими их проявление. Сейсмическое, в том числе сейсмовибрационное, стимулирование процессов миграции флюидов в трещиноватых коллекторах получило недавно дополнительное экспериментальное подтверждение [Кочарян и др., 2004; Лукьянов и др., 1987].

Можно полагать, в частности, что сейсмическая активность в Казбекско-Джигарайском районе, причем не только в 2002 г., но и ранее, содействовала дилатационному зарождению, возникновению и прорастанию трещин в горных породах (в том числе увеличению зияния трещин), повышению проницаемости пород литос-

ферного субстрата ледника Колка, повышению интенсивности восходящей миграции природных газов (в том числе вследствие действия процессов сейсмического нагнетания [Файф и др., 1981] – см. ниже), снижению прочности и связности горных пород и тем самым содействовала подготовке и приближению сроков проявления газодинамического выброса ледника.

(Приходится обратить внимание на существование в литературе трех несколько различающихся по форме в их аффиксальной части равнозначных терминов «дилатансионный», «дилатансный» и «дилатантный». Автор предпочитает первый из них как наиболее строго соответствующий исходному для них термину «дилатансия», производными от которого они являются. Однако при цитировании сохраняет написание, принятое в первоисточнике.)

Сопоставление дат документально зафиксированных в историческую эпоху пульсаций ледника Колка (а также с некоторым основанием предполагаемых [Бергер, 2008, с. 180–191] более ранних пульсаций этого ледника) с датами наиболее сильных землетрясений, проявившихся на Кавказе и в Предкавказье в течение этого времени [Царев, 1998; Новый каталог..., 1977], указывает на отсутствие близкой связи между ними. Это ставит под сомнение распространенную точку зрения о ведущем значении сейсмотектоники в подготовке и проявлении пульсаций ледника Колка, в том числе, катастрофических.

Тем не менее, происходящие в данном районе весьма интенсивные тектонические движения различного характера, структурно-тектоническое положение ледника Колка в зоне пересечения Восточно-Джигарайского активного разлома [Бергер, 2006, 2007б] и Сырху-Барзондского глубинного разлома, представляющего собой непосредственное восточное продолжение глубинных разломов субширотной сейсмофокальной зоны Главного надвига Центрального Кавказа, наличие в районе ледника и сопредельных с ним районах Казбекской неовулканической области Казбекско-Цхинвальского глубинного разлома, Геналдонского безамплитудного разлома [Растворова, 1973; и др.], а также других активных разломов различной ориентировки и глубинности и связанных с ними поверхностных и близповерхностных трещинно-разрывных зон повышенной проницаемости (и, в целом, повышенной чувствительности) земной коры позволяют с достаточным основанием полагать, что на длительном (продолжительностью в 100 лет – со времени предыдущей Колкинской катастрофы в июле 1902 г.) этапе подготовки Колкинской катастрофы 2002 г. сейсмотектонические условия играли немаловажную роль. Как можно полагать, повышенная сейсмотектоническая активность данного района и, в целом, Казбекской области способствовала, в частности, проявлению процессов генерации (выделения в свободную фазу), восходящей миграции и поступления в верхние горизонты земной коры, в том числе в подледниковое пространство ледника Колка, наряду с другими флюидами, высоконапорных глубинных природных газов преимущественно поствулканического, а также постмагматического (связанного с распространенными в Казбекско-Джигарайском и сопредельных районах субвулканическими неинтрузиями) генезиса.

Проявившиеся же (судя, в частности, по ощущениям местных жителей селения Джигара) на этапе запуска Колкинской катастрофы и непосредственно предшествовавшем ему последнем краткосрочном (примерно около суток и менее) этапе ее подготовки сейсмические события типа ударов и вибрации («дрожания») земной поверхности (а также различные по характеру сейсмоакустические явления), в

противоположность некоторым утверждениям, не имели глубинной тектонической природы и не вызвали Колкинскую катастрофу, а, наоборот, были вызваны газодинамическими процессами ее подготовки и запуска, исключительно сильным воздействием этих процессов на литосферную среду. Для очень сильного горного удара, проявившегося на леднике Колка примерно за 18 часов до катастрофического взрывоподобного газодинамического выброса ледника, это было показано автором ранее [Бергер, 2007б, с. 38–42]. При соответствующем мониторинге эти события могли бы служить весьма характерными предупредительными сигналами (предвестниками) приближения и развязывания этой катастрофы.

* * *

В связи с катастрофой 2002 г. на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, аномальными геологическими событиями этого года в данном районе и предпринимаемыми усилиями по их объяснению многие исследователи выдвинули версию о тектоно-магматической (неотектонической, сейсмотектонической, вулканической) активизации в Казбекско-Джигарайском районе.

Между тем, почти нигде за пределами ледника Колка и его правого питающего борта (северного склона г. Джигарайхох и ее восточных отрогов) эта активизация в ходе подготовки Колкинской катастрофы не проявилась.

Таким образом, речь может идти лишь о весьма кратковременной локальной активизации некоторых эндогенных процессов, ограниченной по площади, в основном, ледником Колка и областью его питания, а по времени – примерно двумя-тремя месяцами, в течение которых происходили, в основном, подготовка и проявление пароксизмального газодинамического выброса ледника Колка.

Некоторая непродолжительная *тектоническая* (и *сейсмотектоническая*) локальная активизация в данном районе в это время несомненна, но она не могла быть причиной пароксизмального взрывоподобного выброса ледника Колка.

О *магматической* же активизации в собственном смысле этого слова в Казбекско-Джигарайском районе (и, в целом, в Казбекской неовулканической области) вообще не может идти речь – никаких проявлений магматизма в современную геологическую эпоху в этом районе нет. Нет и каких-либо реальных предпосылок для этого [Заалишвили и др., 2015; Бергер, 2008, с. 70 и далее]. Как было подчеркнуто [Бергер, 2007б, с. 161], в современную геологическую эпоху этот район *аматичен* и представляет собой часть обширной области проявления лишь *поствулканической* (газовой и гидротермальной) деятельности, которая может протекать как относительно спокойно (но, разумеется, с теми или иными флуктуациями интенсивности), так и пароксизмами (последнее особенно характерно именно для *газовой* поствулканической деятельности). Проявлением одного из таких пароксизмов и является катастрофический взрывоподобный направленный газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г.

При анализе сейсмотектонической обстановки в Казбекско-Джигарайском районе и определении ее возможной роли в Колкинской катастрофе 2002 г. иногда обращают внимание на проявление Рачинского (1991 г.) и Барисахского (1992 г.) сильных землетрясений [Годзиковская и др., 2004].

Из немногочисленных отрывочных наблюдений известно, однако, что состояние ледника Колка в этот период и в течение длительного времени (около 10 лет) в последующем было вполне стабильным и внешне пассивным; динамическая си-

стема ледника в своем развитии, очевидно, была еще весьма далека от каких-либо внешних проявлений признаков активизации.

Нельзя исключить, тем не менее, что отмеченные сильные (высокоэнергетичные) сейсмические события, учитывая размер и характер геодинамической системы ледника Колка, прежде всего, ее эндогеодинамической подсистемы [Бергер, 2008, с. 10 и далее], и, безусловно, эндогенный характер Колкинской катастрофы и глубинные газодинамические условия ее подготовки, могли содействовать ускорению развития этой неравновесной динамически неустойчивой системы и даже влиять на определение направления ее развития с учетом установленного [Бергер, 2007а, с. 67 и др.] его бифуркационного характера.

В указанном смысле с достаточным основанием можно полагать, что процессы подготовки, предшествовавшие катастрофической пульсации ледника Колка 2002 года, и сама эта катастрофа в значительной степени были ускорены Спитакским (1988 г.), Рачинским (Рача-Джавским), Барисахским и другими землетрясениями, а также менее сильной сейсмической (сейсмоударной и сейсмовибрационной) деятельностью, с той или иной интенсивностью ощущавшейся в районе ледника Колка.

Все эти процессы, разумеется, не вызвали катастрофу на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, не были причиной газодинамического выброса ледника. Вполне вероятно, однако, что это неоднократно происходившее аномально интенсивное сейсмическое воздействие на глубинные зоны земной коры Казбекско-Джигмарайского района, в пределах которого расположены ледник Колка и включающая этот ледник геодинамическая система [Бергер, 2008], как было отмечено выше, в немалой степени содействовали приближению газодинамического выброса ледника, ускоряя продвижение концентрированных потоков высоконапорных глубинных поствулканических газов к земной поверхности, в частности, непосредственно под ледник Колка.

Такое ускоренное продвижение поствулканических газов в область пониженного давления в данном случае могло быть результатом сейсмического нагнетания, являющегося одним из механизмов действия более общего эффекта, известного под названием «тектонического (или дилатансного нагнетания)» [Файф и др., 1981].

Именно действием этого эффекта на основе дилатансной флюидно-диффузионной модели объясняется пульсационное продвижение глубинных флюидов вдоль зон разломов и вблизи от них [Файф и др., 1981, с. 350 и далее].

Вполне возможно, что именно это явилось одной из главных причин, обусловивших значительное уменьшение интервала времени между газодинамическим выбросом ледника Колка 20 сентября 2002 г. и предшествовавшим аналогичным по характеру проявления сдвоенным выбросом 3 и 6 июля 1902 г. до 100 лет, тогда как предыдущий временной интервал между подобными катастрофами на леднике Колка и в Геналдонском ущелье составлял 150 лет (1752–1902 гг.) [Бергер, 2007а].

Обращает на себя внимание, что У. Файф, Н. Прайс и А. Томпсон [1981], детально разработавшие вопросы механизма атектонического протекания флюидодинамических процессов в земной коре, вместе с тем, указали (вслед за Р. Сибсоном и рядом других авторов [Sibson et al., 1975; и др.]) на важную роль механизма тектонического нагнетания в ходе протекания флюидодинамических процессов в трещинно-разрывных зонах разломов в условиях сейсмической активности. Большое значение действия этого механизма при функционировании пульсирующих (пуль-

сационно продвигающихся) потоков высоконапорных глубинных природных газов в ходе длительной подготовки газодинамических выбросов ледника Колка, всегда протекающей в обычных для Казбекско-Джигарайского района условиях повышенной сейсмической активности, не вызывает сомнений.

Учет воздействия сеймотектонических факторов на протекающие в районе ледника Колка газодинамические процессы может оказаться существенным и в будущем при оценке вероятности проявления очередной катастрофической пульсации (газодинамического выброса) этого ледника в каждый данный момент времени.

В связи с установленной [Бергер, 2007б] газодинамической поствулканической природой катастрофических пульсаций ледника Колка, основными природными факторами, которые необходимо учитывать при прогнозировании времени проявления этих пульсаций, являются: 1) интенсивность продуцирования (выделения, генерации) высоконапорных глубинных поствулканических газов в глубоких горизонтах литосферного субстрата ледника Колка и 2) интенсивность восходящей концентрированной (струйной) миграции этих газов непосредственно под ледник Колка (захватывающей, по опыту катастрофы 2002 г., и приледниковую зону правого борта ледника).

При этом интенсивность отмеченных процессов определяется для времени, прошедшего с момента последнего пароксизмального газодинамического выброса ледника Колка.

При отсутствии значительных сеймотектонических воздействий на протекающие в литосферном субстрате ледника Колка поствулканические процессы, в частности, процессы выделения и миграции поствулканических газов, либо при относительной равномерности этих воздействий в течение длительных промежутков времени обе эти величины в многолетнем усреднении можно считать постоянными.

В действительности, однако, сеймотектонические процессы в течение различных промежутков времени оказывают резко неравномерное воздействие на интенсивность протекания отмеченных поствулканических процессов.

При усилении сейсмовибрационного и сейсмоударного воздействия на литосферу Казбекской неовулканической области, проявляющегося, в частности, в форме стимулирования процессов газовыделения, концентрации выделившихся газов в гидродинамически сосредоточенные потоки и тектонического (сеймотектонического) нагнетания при движении потоков поствулканических газов, скорости протекания и другие параметры отмеченных процессов возрастают. Соответственно, это приближает проявление газодинамического выброса ледника Колка.

С учетом изложенного, актуальное значение приобретает разработка интегральных показателей сейсмической активности как критериев при определении величины сеймотектонического воздействия, испытанного литосферным субстратом ледника Колка в течение определенного промежутка времени.

Изложенные представления примерно соответствуют существующему понятию *накопленной сейсмичности*. Речь идет лишь о разработке ее количественных показателей, которые, как можно полагать, могут быть показателями степени готовности геодинамической системы ледника Колка к газодинамическому выбросу ледника с учетом достаточно вероятной зависимости от величины накопленной сейсмичности определяющих эту готовность протекающих в этой системе поствулканических процессов выделения и миграции природных газов, под давлением которых происходят повторяющиеся газодинамические выбросы ледника.

* * *

Кратко резюмируя изложенное выше, отметим следующее.

С учетом весьма пологого карово-долинного залегания ледника Колка и известных весьма специфических особенностей подготовки, проявления и завершения Колкинской катастрофы 2002 г. [Бергер, 2007б и др.], сейсмическое воздействие на ледник не могло быть непосредственной причиной этой катастрофы: даже очень сильное сейсмическое воздействие на ледник Колка само по себе не могло обусловить (и, соответственно, не позволяет объяснить) известные особенности Колкинской катастрофы.

Тем не менее, опосредованно, прежде всего, путем влияния на скорость и интенсивность протекания в литосферном субстрате ледника Колка поствулканических процессов генерации и восходящей миграции высоконапорных глубинных природных газов, сейсмические процессы, даже не очень сильные, могли содействовать подготовке, запуску и проявлению газодинамического выброса ледника Колка в 2002 г.

Что же касается получивших распространение на первом этапе исследований Колкинской катастрофы представлений, согласно которым сеймотектонические процессы якобы были причиной гигантского обвала с г. Джимарайхох на ледник Колка, а этот обвал якобы был причиной Колкинской катастрофы (выбил ледник Колка из его вместилища, добросил его до Скалистого хребта и сам улетел вместе с ним более чем на 15 км), то еще более десяти лет назад имелись все основания утверждать, что «эти представления, выдаваемые за коллективные "окончательные выводы" о причинах катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, давно и окончательно документально опровергнуты и должны быть отброшены специалистами как совершенно несостоятельные» [Бергер, 2007б, с. 108]; причины Колкинской катастрофы не обвально-ударные, никакого гигантского обвала 20 сентября 2002 г. на ледник Колка не было и не могло быть и сеймотектоника здесь ни при чем.

Литература

1. Авдеев В.А., Нартов С.В., Балжинням И., Монхоо Д., Эрдэнбилэг Б. Цамбагаравское землетрясение 23 июля 1988 г. (Западная Монголия) // Геология и геофизика. – 1989. – №11. – С. 118–124.
2. Бергер М.Г. Газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г. // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. – 2006. – Т. 6. №2. – С. 33–37.
3. Бергер М.Г. Три гляциодинамические подвижки и четыре газодинамических выброса ледника Колка. Малоизвестные страницы и дискуссионные вопросы истории развития пульсирующего ледника. – М.: КомКнига, 2007а. – 120 с.
4. Бергер М.Г. Ледник Колка: Катастрофа 20 сентября 2002 г. – внезапный газодинамический выброс ледника. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007б. – 248 с.
5. Бергер М.Г. Геодинамическая система ледника Колка и вопросы прогнозирования и регулирования ее развития. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 264 с.
6. 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.lastrevision.November,11,2004>.

7. Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Невский Л.Н., Шемпелев А.Г. Особенности геофизических полей над вулканическими постройками Северного Кавказа // Вулканология и сейсмология. – 2015. – №5. – С. 50–56.
8. Кочарян Г.Г., Бенедик А.Л., Костюченко В.Н., Павлов Д.В., Перник Л.М., Свинцов И.С. Опыт воздействия на трещиноватый коллектор низкоамплитудными сейсмическими колебаниями // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2004. – №4. – С. 367–377.
9. Лукьянов А.В., Быкова Ю.М., Зиньков В.В. Распределение давлений во флюиде, мигрирующем через слоистую толщу. Моделирование // Изучение тектонических деформаций. – М.: Геол. Ин-т АН СССР, 1987. – С. 137–158.
10. Николаев В.А. Геодинамическое районирование литосферы Кавказа по геофизическим полям // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы: Труды Всероссийского совещания «Напряженное состояние литосферы, ее деформация и сейсмичность». Иркутск, 26–29 августа 2003 г. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. Филиал ГЕО, 2003. – С. 402–404.
11. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977. – 535 с.
12. Растворова В.А. Формирование рельефа гор (на примере Горной Осетии). – М.: Наука, 1973. – 144 с.
13. Рогожин Е.А., Гурбанов А.Г., Мараханов А.В., Овсяченко А.Н., Спиридонов А.В., Бурканов Е.Е. О соотношении проявлений землетрясений, вулканизма и катастрофических пульсаций ледников Северной Осетии в голоцене // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. – 2004. – Т. 4. №3. – С. 41–50.
14. Файф У., Прайс Н., Томпсон А. Флюиды в земной коре. – М.: Мир, 1981. – 436 с.
15. Царев П.В. Влияние сейсмичности на устойчивость геологической среды горных территорий // Тезисы докладов участников III Международной конференции «Устойчивое развитие горных территорий». Владикавказ, 21–26 сентября 1988 г. – Владикавказ. – 1988. – С. 737–739.
16. Sibson R.H., McMoore J., Rankin R.H. Seismic pumping – a hydrothermal fluid transport mechanism // Journ. Geol. Soc. London. – 1975. – Vol. 131. – Pp. 653–659.
17. Van der Woerd Jerome, Owen Levis A., Tapponnier Paul, Xiwei Xu, Kervyn Francois, Finkel Robert C., Barnard Patrick L. Giant ~M8 earthquake-triggered ice avalanches in the Eastern Kunlun Shan, Northern Tibet. Characteristics, nature and dynamics // Geol. Soc. Amer. Bull. – 2004. – V. 116. N 3-4.

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16541

ABOUT THE ROLE OF SEISMOTECTONICS IN THE KOLKA CATASTROPHE OF 2002

© 2018 M.G. Berger, Sc. Doctor (Geol.-Min.), prof.

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

The catastrophic events on the Kolka Glacier and Genaldon Gorge on September 20, 2002 were not seismic catastrophe, but had an entirely different, gas dynamic, geodynamic character in their epicenter.

Of course, the earthquakes in the Caucasus, especially the strongest ones, first of all Spitak (1988), Racha (Racha-Javskoe) (1991) and Barisakho (1992), by a powerful shaking impact on the lithosphere environment of the Kazbek neovolcanic region facilitated the acceleration of the deep processes of preparation for the Kolka disaster, but in those years the geodynamic system of the Kolka glacier was not yet ready for the gas-dynamic outburst of the glacier. And in September 2002, when the degree of readiness of this system to gas-dynamic outburst was sufficient, strong earthquakes capable to initiate the glacier outburst by shaking the geodynamic system of the Kolka glacier, were not in the Caucasus.

Given the very gently sloping valley of the Kolka glacier and the very specific features of the preparation, occurrence and completion of the Kolka disaster of 2002, the seismic impact on the glacier could not have been the direct cause of this catastrophe: even a very strong seismic impact on the Kolka glacier itself could not stipulate (and, accordingly, does not allow to explain) the known features of the Kolka disaster.

Nevertheless, indirectly, primarily by influencing the speed and intensity of the volcanic processes of generation and upward migration of high-pressure deep natural gases in the lithosphere substrate of the Kolka Glacier, seismic processes, even if not very strong, could contribute to the preparation, launch and occurrence of gas-dynamic outburst of the Kolka glacier in 2002

Keywords: Kolka glacier, Kolka catastrophe in 2002, seismotectonics, earthquakes, tectonic seismic injection, gas-dynamic outburst of the glacier.

References

1. Avdeev V.A., Nartov S.V., Balzhinnjam I., Monhoo D., Jerdjenbiljeg B. Cambagaravskoe zemletrjasenie 23 ijulja 1988 g. (Zapadnaja Mongolija) [Tsambagarava earthquake July 23, 1988 (Western Mongolia)]. *Geologija i geofizika*. 1989. No.11. Pp. 118–124. (in Russian)
2. Berger M.G. Gazodinamicheskij vybros lednika Kolka 20 sentjabrja 2002 g. [The gas dynamic outburst of the Kolka Glacier on September 20, 2002]. *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra RAN i RSO-A*. 2006. Vol. 6. No.2. Pp. 33–37. (in Russian)
3. Berger M.G. Tri glaciodynamicheskie podvizhki i chetyre gazodinamicheskikh vybrosa lednika Kolka. Maloizvestnye stranicy i diskussionnye voprosy istorii razvitija pul'siruju-shhego lednika. [Three glaciodynamic movements and four gas-dynamic outbursts of the Kolka glacier. Little-known pages and discussion questions of the history of development of the pulsating glacier]. M. KomKniga, 2007a. 120 p. (in Russian)
4. Berger M.G. Lednik Kolka: Katastrofa 20 sentjabrja 2002 g. – vnezapnyj gazodinamicheskij vybros lednika. [Catastrophe of September 20, 2002 – a sudden gas-dynamic outburst of the glacier]. M.: Izd-vo LKI, 2007b. 248 p. (in Russian)
5. Berger M.G. Geodinamicheskaja sistema lednika Kolka i voprosy prognozirovaniya i re-gulirovaniya ee razvitija [The geodynamic system of the Kolka glacier and the problems of prognosis and its regulating development]. M. Izd-vo LKI, 2008. 264 p. (in Russian)
6. Godzikovskaja A.A., Bugaevskij A.G., Gabsatarova I.P. Sejsmologicheskaja sostavljajushhaja v katastroficheskom dvizhenii lednika Kolka [Seismological component in the catastrophic movement of the Kolka glacier]. URL: <http://zeus.wdcb.ru/sep/kolka/index.ru.html.lastrevision.November,11,2004>. (in Russian)
7. Zaalishvili V.B., Nevskaja N.I., Nevskij L.N., Shempelev A.G. Osobennosti geofizicheskikh polej nad vulkanicheskimi postrojkami Severnogo Kavkaza [Features of geophysical fields over volcanic structures of the North Caucasus]. *Vulkanologija i sejsmologija*. 2015. No.5. Pp. 50–56. (in Russian)

8. Kocharjan G.G., Benedik A.L., Kostjuchenko V.N., Pavlov D.V., Pernik L.M., Svincov I.S. Opyt vozdejstvija na treshhinovatyj kollektor nizkoamplitudnymi sejsmicheskimi kolebanijami [The experience of influencing the fractured reservoir by low-amplitude seismic vibrations]. *Geojekologija, inzhenernaja geologija, gidrogeologija, geokriologija*. 2004. No.4. Pp. 367–377. (in Russian)

9. Luk'janov A.V., Bykova Ju.M., Zin'kov V.V. Raspredelenie davlenij vo fljuide, migri-rujushhem cherez sloistuju tolshhu. Modelirovanie [The distribution of pressures in a fluid migrating through a layered stratum. Modeling]. *Izuchenie tektonicheskikh deformatsij*. M. Geol. In-t AN SSSR, 1987. Pp. 137–158. (in Russian)

10. Nikolaev V.A. Geodinamicheskoe rajonirovanie litosfery Kavkaza po geofizicheskim poljam [Geodynamic zoning of the lithosphere of the Caucasus by geophysical fields]. *Naprjazhenno-deformirovannoe sostojanie i sejsmichnost' litosfery: Trudy Vserossij-skogo soveshhanija "Naprjazhennoe sostojanie litosfery, ee deformatsija i sejsmichnost'"*. Irkutsk, 26–29 avgusta 2003 g. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. Filial GEO, 2003. Pp. 402–404. (in Russian)

11. Novyj katalog sil'nyh zemletrjasenij na territorii SSSR s drevnejshih vremen do 1975 g. [A new catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975]. Pod red. N.V. Kondorskoj, N.V. Shebalina. M. Nauka, 1977. 535 p. (in Russian)

12. Rastvorova V.A. Formirovanie rel'efa gor (na primere Gornoj Osetii). [Formation of the relief of mountains (on the example of Mountainous Ossetia)]. M. Nauka, 1973. 144 p. (in Russian)

13. Rogozhin E.A., Gurbanov A.G., Marahanov A.V., Ovsjuchenko A.N., Spiridonov A.V., Burkanov E.E. O sootnoshenii projavlenij zemletrjasenij, vulkanizma i katastroficheskikh pul'sacij lednikov Severnoj Osetii v golocene [On the correlation of earthquakes occurrences, volcanism and catastrophic pulsations of glaciers in North Ossetia in the Holocene]. *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra RAN i RSO-A*. 2004. Vol. 4. No.3. Pp. 41–50. (in Russian)

14. Fajf U., Prajs N., Tompson A. Fljuidy v zemnoj kore. [Fluids in the Earth's crust]. – M.: Mir, 1981. 436 p. (in Russian)

15. Tsarev P.V. Vlijanie sejsmichnosti na ustojchivost' geologicheskoy sredy gornyh territorij [The influence of seismicity on the stability of the geological environment of mountain areas]. *Tezisy dokladov uchastnikov III Mezhdunarodnoj konferencii «Ustojchivoe razvitie gornyh territorij»*. Vladikavkaz, 21–26 sentjabrja 1988 g. Vladikavkaz. 1988. Pp. 737–739. (in Russian)

16. Sibson R.H., McMoore J., Rankin R.H. Seismic pumping – a hydrothermal fluid transport mechanism // *Journ. Geol. Soc. London*. – 1975. – Vol. 131. – Pp. 653–659.

17. Van der Woerd Jerome, Owen Levis A., Tapponnier Paul, Xiwei Xu, Kervyn François, Finkel Robert C., Barnard Patrick L. Giant ~M8 earthquake-triggered ice avalanches in the Eastern Kunlun Shan, Northern Tibet. Characteristics, nature and dynamics // *Geol. Soc. Amer. Bull.* – 2004. – V. 116. N 3-4.