

---

## ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

---

УДК 551.24 (234.9)

### О ВОРОНКЕ ВЫБРОСА ЛЕДНИКА КОЛКА

© 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

Показано существование воронки выброса на месте ледника Колка. Охарактеризованы основные особенности строения и морфологии этой воронки и дано их объяснение.

**Ключевые слова:** ледник Колка, катастрофа 2002 г., взрывоподобный направленный газодинамический выброс, воронка выброса.

Приступая к рассмотрению данного вопроса, начнем, прежде всего, с терминологии. Существующие на земной поверхности, как правило, крутостенные локальные отрицательные морфоструктуры небольшой глубины (обычно менее 100 м), имеющие в плане изометричную, эллипсоидальную, удлиненную или более сложную форму, независимо от их генезиса (далеко не всегда достоверно установленного), именуются обычно полостями, выемками, западинами, мульдами, воронками (особенно в отечественной литературе), кратерами (особенно в зарубежной литературе), иногда выбоинами и пр. В соответствии с таким положением, ниже все эти наименования рассматриваются в качестве равнозначных.

Соответственно, воронками выброса именуются отрицательные морфоструктурные образования (полости, выемки и т. п.), образующиеся при выбросе в его эпицентральной зоне (независимо от их морфологии и размеров, существенно варьирующих в различных случаях).

При изучении воронки выброса ледника Колка необходимо учитывать, что даже вскоре, даже на следующий день после выброса видимая воронка выброса по морфологии и размерам, как известно, может значительно отличаться от истинной, существовавшей сразу после выброса. Тем более должна отличаться от истинной воронка, наблюдаемая спустя длительное время после выброса, особенно учитывая сравнительно низкую сохранность льда в поверхностных условиях субнивальная зоны на современном этапе.

Например, как отмечает И. М. Васьков [Васьков, 2011, с. 138], «в 2002 г. правый борт выемки в леднике представлял собой крутую ледяную стену высотой до 15–25 м, которой в конце августа 2007 г. уже не было».

Основные причины отличий видимой воронки выброса от первоначальной (истинной) воронки выброса при взрывах на выброс, как известно, состоят в том, что процесс превращения истинной воронки в видимую во многих случаях сопровождается обратным падением в воронку части выброшенного материала, оползанием и обрушением бортов воронки, а также обрушением породы с окружающих склонов над воронкой выброса (при резко расчлененном рельефе в эпицентральной зоне выброса) и другими явлениями, ведущими к быстрому заполнению возникшей при выбросе первоначальной воронки. В результате этого глубина воронки уже в первые часы после выброса в некоторых случаях может уменьшиться в 2 раза и даже более. В случае же Колкинской катастрофы, интервал времени между выбросом ледника примерно в 20 часов 08 минут 20.09.2002 г. и первыми (дистанционными) исследованиями очага выброса составлял, как известно, около полусуток. Проведение же непосредственных наблюдений и измерений в очаге выброса из-за весьма интенсивных в первое время поверхностных газовыделений стало возможным лишь спустя много суток после выброса ледника.

В качестве одного из имеющихся весьма многочисленных подтверждений различий, существующих между первоначальными (истинными) и окончательными (видимыми) воронками выброса отметим, например, указанный А. Н. Ромашовым [Ромашов, 1980, с. 37] случай, когда глубина образовавшейся при взрыве на выброс первоначальной воронки достигала 270–280 м, а максимальная окончательная глубина видимой воронки выброса получилась равной 97 м. Более того, «при сильном обрушении склона видимая воронка практически полностью может отсутствовать» [Ромашов, 1980, с. 118].

В связи со сказанным необходимо также уточнить время, по состоянию на которое рассматриваются морфологические особенности и строение ложа ледника Колка.

При изложении фактов, характеризующих Колкинскую катастрофу 2002 г. (на которых только и может быть основано определение ее геодинамического типа, механизма протекания и причин), в частности, фактов, характеризующих воронку выброса ледника Колка, речь может идти, естественно, не о том, чего нет и что есть на месте ледника Колка, спустя годы после этой катастрофы, а о том, что было в 2002 г., сразу после выброса ледника. Именно об этих фактах будет идти речь в последующем изложении.

И еще одно необходимое замечание, касающееся методики выявления и изучения воронки выброса ледника Колка.

Размеры воронки выброса, как известно, в частности, в области изучения взрывов на выброс, измеряются на уровне первоначальной (существовавшей до выброса) свободной поверхности подвергшейся выбросу породы (в данном случае – свободной поверхности ледника Колка, включая его поверхностную морену). Поэтому воронку выброса ледника Колка следует искать не «на пустом ложе ледника», не где-то внутри этого ложа (и, разумеется, не задаваясь никакими априорными представлениями о ее морфологии, а также размерах и других признаках): само это обнажившееся после выброса ледника «пустое ложе» вместе с его бортами до отмеченного выше уровня, независимо от его размеров, формы и рельефа, представляет собой воронку выброса ледника Колка.

На основании имеющихся теоретических и эмпирических результатов изучения взрывоподобных (внезапных) газодинамических выбросов [Петухов, Линьков,

1983; Петросян, Иванов, Крупеня, 1983 и др.] и полученных М. Ю. Никитиным и другими исследователями фактических данных, характеризующих Колкинскую катастрофу [Никитин, Гончаренко, Галушкин, 2007; Никитин и др., 2006 и др.], а также с учетом представлений автора по данной проблеме [Бергер, 2007б, с. 58; Бергер, 2008, с. 130 и др.], имеются основания полагать, что выброс ледника Колка протекал пульсационно, неоднородно, с волнообразным перемещением непосредственного локального эпицентра максимальной активности выброса по площади ледника, распространившись в конечном итоге практически на всю его площадь. Возникшая же в итоге и сохранявшаяся в течение длительного времени общая (полная, суммарная) воронка выброса ледника Колка, по своей сути, представляет собой катастрофический трог в Колкинском цирке, возникший (открывшийся) вечером 20 сентября 2002 г. на месте выброшенного ледника, ограниченный боковыми линиями отрыва ледника и краевыми поперечными валами аккумуляции некоторой части обломочного ледово-каменного материала продуктов выброса.

Этот трог с момента его возникновения, естественно, постоянно подвергался тем или иным изменениям под воздействием аккумуляционных, денудационных, эрозионных, абляционных и других поверхностных процессов, в результате чего его современные и более ранние видимые морфологические и структурные особенности, безусловно, существенно отличаются от первоначальных, соответствующих истинной воронке выброса. Все это геологически очевидно, общеизвестно в области изучения взрывных и взрывоподобных явлений и, соответственно, должно учитываться при определении природы катастрофического выброса ледника Колка, при расшифровке и генетической интерпретации оставленных этим выбросом следов.

Поперечные же валы представляют собой не получившие полного развития, прежде всего, в силу исходной линейной специфики морфологии и геоморфологических особенностей ограничения этого трога фрагменты кольцевых валов, образующихся по периферии воронок выброса [Покровский, 1980; Бергер, 2012].

Вопрос о воронке (полости) выброса ледника Колка (прежде всего, о самом существовании этой воронки) приобрел в последнее время принципиальное значение в решении Колкинской проблемы – в расшифровке природы Колкинской катастрофы, определении ее геодинамического типа и механизма протекания. Собственно говоря, этот вопрос, при всей его безусловной важности, не имел бы столь принципиального значения, во всяком случае, не приобрел бы дискуссионного характера, если бы решением Колкинской проблемы занимались специалисты по взрывным явлениям – при ознакомлении с относящимися к данному вопросу фактами, само существование воронки выброса ледника Колка для них было бы очевидным. Однако (так уж получилось изначально и остается до сих пор) решением этой проблемы занимаются, в основном, специалисты в области географии (гляциологи, геоморфологи, климатологи) и селевых явлений. Они-то и придали вопросу о воронке (полости) выброса ледника Колка принципиальный и дискуссионный характер, заявив [Познанин, 2009 и др.], что на месте (или на пустом ложе) ледника Колка нет воронки выброса, и на этом основании, как некоторые из них, очевидно, полагают, опровергнув (или, как минимум, поставив под сомнение) взрывоподобный характер Колкинской катастрофы и ее газодинамическую природу. Все это лишь подтверждает справедливость высказанного автором [Бергер, 2007а] мнения об основной причине ошибок и разногласий в исследованиях Колкинской катастрофы.

В частности, одной из причин отрицания некоторыми гляциологами и селевиками существования воронки выброса ледника Колка, по-видимому, является недостаточное знание ими морфологических типов воронок выброса, которые, как известно, не обязательно имеют воронкообразную (конусовидную) форму или треугольное сечение, а могут быть, например, и плоскодонными, и даже иметь возвышение в центральной части (так называемую центральную горку). Более того, при откольном механизме разрушения и выброса горных пород, приводящем к образованию воронки выброса (а при газодинамическом выбросе именно такой механизм является основным), образующаяся воронка, в отличие от обычной взрывной воронки, имеет именно плоскую форму [Горное дело..., 1981, с. 65 и др.]. Такую же форму имеют и воронки, образующиеся при направленных взрывах на выброс.

В частности, как установлено при проведении экспериментальных взрывов на склонах (взрывов на сброс вблизи свободной наклонной поверхности), «воронки при взрывах на склоне характеризуются сравнительно плоским дном» [Ромашов, 1980, с. 88].

Обратимся, однако, к фактам.

Одним из наиболее очевидных и масштабных результатов гигантского по мощности взрывоподобного газодинамического выброса ледника Колка, закономерно обусловленным этим выбросом и весьма показательным в генетическом плане, явилось образование в Колкинском цирке на месте выброшенного ледника огромной западины, протянувшейся вдоль всего ледника [Поповнин и др., 2003, с. 9], которая ограничена крутыми продольными уступами отрыва ледника от его правого борта, левой боковой мореной, а сверху (в тыльной части) и снизу (во фронтальной части ложа), соответственно, верхними и нижними поперечными краевыми валами отброса ледово-каменного материала продуктов разрушения ледника Колка, включая часть обвалившегося на ледник материала, нарастившего перед выбросом ледника его поверхностную морену.

В подошвенной же части ледника Колка выброс ледника, «вероятно, имел место по поверхности его раздела с донной мореной, моделирующей неровности скального ложа» [Никитин, Гончаренко, Галушкин, 2007, с. 7], что вполне естественно именно с позиций представлений о данной катастрофе как взрывоподобном газодинамическом выбросе ледника Колка и подтверждает высказанное автором [Бергер, 2007б, с. 54] предположение о существовании под ледником перед его выбросом пластовой газовой залежи. Именно эта поверхность, очевидно, представляла собой основную поверхность раздела между газосодержащими коллекторами с аномально высоким и быстро возрастающим пластовым давлением газов в подледниковом пространстве и экранировавшей газовую залежь непроницаемой (газоупорной) покрывкой ледника Колка. Это во многом определило близкую к плоскодонной морфологию донной поверхности воронки выброса ледника Колка.

В. В. Поповнин с соавторами в целом оценивают форму западины, образовавшейся на месте ледника Колка, как корытообразную [Поповнин и др., 2003, с. 9] (см. также [Черноморец, 2005, с. 112]).

Такая западина, образовавшаяся в результате катастрофического пароксизмального взрывоподобного направленного выброса ледника Колка, с достаточным основанием может рассматриваться в качестве воронки выброса – своеобразной разновидности известных в горном деле и геомеханике откольных воронок, что согласуется, в частности, с представлениями о протекании выброса ледника в значи-

тельной мере по механизму послыйного отделения (отрыва, откола) [Бергер, 2007б, с. 99–100 и др.] и указывает на его газодинамическую природу и направленность мощного динамического воздействия на ледник именно с нижнего полупространства.

Генетический смысл этой западины как воронке взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка придает и ее оконтуренность верхними и нижними насыпными поперечными краевыми валами (аналогами фрагментов обычного кольцевого навала выброшенных раздробленных горных пород вокруг взрывных воронок, не получившего в данном случае полного развития) и другими накоплениями, возникшими в результате отброса ледово-каменного материала продуктов разрушения ледника Колка [Десинов, 2004, с. 84; 2008, с. 169; Васьков, 2011, с. 98; Бергер, 2007б, с. 86–89; 2012 и др.].

Полностью соответствуют взрывному или взрывоподобному механизму образования этой воронки и особенности морфологии ее бортов, в частности, зафиксированные многими исследователями практически вертикальные на уровне свободной поверхности уступы отрыва ледника от его правого борта, представляющие собой длительно сохранявшийся от обвально-оползневых процессов правый борт воронки выброса на значительном ее протяжении. Именно такой, практически вертикальный на уровне свободной поверхности, характер имеют борта воронок, образующихся на активной стадии выброса при техногенных взрывах на выброс в устойчивых грунтах [Ромашов, Симонов, 1968, с. 47 и др.].

Согласно приведенному И. М. Васьковым [Васьков, 2011, с. 79] описанию правого борта этой воронки (выемки), «по правому борту выемки... находится вертикальный уступ (VIII) высотой около 30 м, очень неровный (рваный) и по форме соответствует трещинам отрыва. Характерно, что верхняя кромка обрыва острая и имеет обратный скат».

Такое описание и большая протяженность этого вертикального уступа (VIII, по принятому на приведенной [Васьков, 2011, с. 78] схеме обозначению) полностью соответствует характеристике этой выемки именно как воронки выброса и исключает возможность ее образования в результате обвального удара, а также водного, селевого и т. п. воздействия на ледник.

Особый интерес представляет сохранявшаяся в течение первого года после выброса ледника крупная отрицательная морфоструктура в тыльной части ложа ледника (в узле пересечения поперечной и продольной разломных трещинно-разрывных зон), предположительно диагностированная автором [Бергер, 2007б, с. 51–52, 127, 182] как диатремоподобная. Краткое описание этой морфоструктуры («асимметричного углубления протяженностью около 350 м») приведено И. М. Васьковым [Васьков, 2011, с. 78–79].

Как было, в частности, отмечено [Бергер, 2007б, с. 52], принципиально подобные флюидопроводящие (в частности, газоподводящие) вертикальные и субвертикальные каналы в зонах разломов (особенно в узлах их пересечения) и конусообразные воронки выброса в их верхних частях, нередко с раструбообразными расширениями вблизи свободной поверхности, как известно, – достаточно распространенные в природе структуры, получившие различные наименования с учетом их конкретной генетической специфики и функциональной роли – диатремы, трубки взрыва, эксплозивные трубки, гидровулканические каналы, структуры гидравлической тектоники, природные скважины, природные газовые скважины и др.

Первоначальная (существовавшая сразу после выброса ледника) глубина этой воронки (выемки, углубления) в тыльной части ложа ледника Колка неизвестна. Спустя год она составляла 60 м [Петраков, Тутубалина, Черноморец, 2006, с. 173]; еще через год эта воронка была уже полностью закрыта материалом свежих обвалов, снегом и льдом [Петраков, Тутубалина, Черноморец, 2006, с. 175]. Исходя из этих данных и учитывая, что интенсивность процессов обрушения и осыпания материала с бортов воронки и интенсивность обвальных процессов с близлежащих склонов после выброса ледника со временем ослабевали, не приходится сомневаться в том, что первоначальная глубина этой воронки достигала или, что более вероятно, даже превышала 100 м. Вполне вероятно также, что существовавшая в самое первое время после выброса ледника глубина этой воронки уже была уменьшена по сравнению с начальной в результате обратного падения в воронку некоторого количества выброшенного обломочного ледово-каменного материала продуктов разрушения ледника Колка. Совершенно очевидно, что такое углубление в горнопородном субстрате ледника по своему происхождению не могло быть ударной воронкой (ямой выбивания), результатом «заключительного удара» обвала с г. Джимарайхох в тыльную часть ледника Колка, как иногда предполагается. Это – воронка, по-видимому, фиксирующая положение верхней части (устья) основного газоподводящего канала в ложе ледника Колка, функционировавшего в ходе подготовки и проявления газодинамического выброса ледника и последующего мощного поверхностного газовыделения в эпицентральной зоне выброса, наиболее точно соответствующая положению эпицентра этого выброса, его непосредственный очаг. Именно здесь, очевидно, были локализованы максимальный по интенсивности приток (сосредоточенный прорыв под ледник) основного количества участвовавших в газодинамическом выбросе ледника Колка высоконапорных глубинных поствулканических газов, максимальное по мощности их скопление под ледником, максимальные для подледникового пространства их разогретость и величина газового давления, участок начального проявления и максимальной силы газодинамического (газо-ледо-каменного) выброса, а также наиболее интенсивного и продолжительного постпароксизмального поверхностного газовыделения в ложе ледника Колка в первое время после выброса ледника. Именно здесь, по-видимому, были локализованы образование и выброс основного количества так называемой «бешеной муки». Именно здесь и непосредственно ниже по долине, согласно схеме Д. А. Петракова и др. [Петраков, Тутубалина, Черноморец, 2004, с. 32, рис. 3], сосредоточено основное количество так называемых «муравьиных куч».

Как было отмечено [Бергер, 2007б, с. 54], имеются основания полагать, что проникшие и вплоть до самого выброса ледника продолжавшие проникать под большим напором в подледное пространство глубинные поствулканические газы сформировали под ледником газовую залежь пластового (силлоподобного) типа. Согласно используемой в подобных случаях в магматической петрологии терминологии, отмеченный основной газоподводящий канал в тыльной части ложа ледника Колка может рассматриваться в качестве своеобразной «ножки» этой залежи, обеспечивавшей ее связь с глубинным источником поствулканических газов. Здесь важно подчеркнуть, прежде всего, само существование этой морфоструктуры в ложе ледника Колка, поскольку многие гляциологи, обоснованно отвергающие представления об обвально-ударной природе Колкинской катастрофы, даже при детальном исследовании этого ложа, избегают упоминаний о ней, а тем более, каких-либо объяснений

ее генезиса, не говоря уже о ее функциональной роли в этой катастрофе (краткая характеристика этой роли дана в работах [Бергер, 2007б, с. 51–52; 2008, с. 19–20]).

Принципиально подобные углубления в горной геомеханике рассматриваются как воронки выброса, а в вулканологии – как эксплозивные воронки.

В частности, по опыту изучения подземных внезапных газодинамических выбросов в различных странах, очагом выброса является выемка (полость, воронка, каверна, кратер), имеющая зачастую именно эллиптическое сечение (см., например [Ходот, 1967, с. 15]).

«Типичными воронками выброса» считаются и раструбы, возникающие в верхних частях диатрем, выходящих на земную поверхность [Милашев, 1984, с. 203].

Что же касается раструбообразного расширения, намечающегося в приустьевой части эпицентральной воронки выброса (выемки, углубления) в тыльной части бывшего ложа ледника Колка, то, в соответствии с представлениями, существующими в области изучения диатрем [Новиков, Слободской, 1978, с. 9], его возникновение объясняется расширением газовой струи на выходе из вертикального канала.

Иное объяснение причин образования раструба (дополнительного расширения) образующейся при взрыве воронки выброса в ее устье дано К. П. Станюковичем [Баум, Станюкович, Шехтер, 1959, с. 738], который по данному поводу пишет: «У поверхности воронки возникает волна разрежения (разгрузка), которая приводит к тому, что у самой поверхности могут дополнительно разрушаться и быть выброшены некоторые массы среды (рис. 249). При этом радиус воронки несколько возрастает (от  $R_0$  до  $R_{pm}$ ) и форма воронки изменится..., где  $R_{pm}$  – максимальный радиус зоны разрушения с учетом влияния свободной поверхности».

Что касается показателя выброса (отношения радиуса первичной или истинной воронки к ее глубине), то, при всей неопределенности первичной величины глубины рассмотренных в данной работе воронок (особенно это касается глубины диатремоподобной воронки в тыльной части ложа ледника Колка), в обоих рассмотренных выше случаях этот показатель больше или (в случае полной воронки, оставшейся на месте выброшенного ледника Колка) даже значительно больше единицы, что соответствует типичным воронкам выброса.

Вообще же, наличие непосредственно под ледниками вулканических жерловин и подобных им локальных структурно-функциональных образований, являющихся верхними частями флюидоподводящих каналов, в областях современного и новейшего вулканизма, как известно, – далеко не единичное явление.

Выполнение данного условия, при всей его важности, однако, еще недостаточно для возникновения предпосылок подготовки и проявления газодинамического выброса ледника. Здесь многое зависит, в частности, от агрегатного состояния (фазового состава), температуры и давления флюидов, поступающих по этим каналам под ледник, их количества и интенсивности притока.

В частности, наличие сильно разогретых вулканических газов и других высокотемпературных продуктов вулканических извержений ведет не к пароксизмальным взрывоподобным газодинамическим выбросам ледников, подобным катастрофической пульсации ледника Колка 2002 года, а к продолжительным ледниковым подвижкам, интенсивному таянию ледников, возникновению гигантских паводков типа исландских йёкудльхлаупов.

Именно слабая подогретость поствулканических газов на этапе затухания поствулканической деятельности (который может быть весьма продолжительным,

составляя многие сотни тысяч и даже миллионы лет после прекращения вулканических извержений), как это имеет место на современном этапе геологического развития Казбекско-Джигарайского района и всей Казбекской неовулканической области [Попов, 2006; Бергер, 2008, с. 74 и др.], способствует сохранению в течение достаточно продолжительного времени экранирующей ледниковой покрывки и накоплению в подледном пространстве значительного количества глубинных поствулканических газов с аномально высоким и быстро возрастающим давлением, что, при развитии процесса, ведет к взрывоподобному газодинамическому выбросу ледника. Такому развитию процесса способствует и то, что, как имеются основания полагать [Милашев, 1984, с. 232 и др.], скорость газового потока неуклонно возрастает по мере приближения к земной поверхности и расширения газывыводящего канала.

В качестве некоторого дополнения к изложенному выше в данной работе отметим, что многочисленные западины («выбоины»), по размерам, морфологии и, что особенно важно, генетически в какой-то мере подобные общей (полной) воронке выброса ледника Колка, недавно установлены в олигоценых и миоценовых отложениях датской части Северного моря [Andresen et al., 2008]. Как отмечается, все «выбоины» сильно удлинены при средних величинах длинной и короткой осей, соответственно, 2,5 км и 700 м и средней глубине 30 м. Считается, что первоначальное возникновение этих «выбоин» происходило под действием выбросов флюидов (главным образом, газа).

Не исключено, что в дальнейшем будут выявлены морфологические следы и другие признаки и других газодинамических явлений, происходивших в непосредственной близости от земной поверхности, в том числе значительных по масштабам, даже катастрофических. Некоторые достаточно вероятные примеры такого рода будут рассмотрены в отдельной работе.

### Литература

1. Баум Ф. А., Станюкович К. П., Шехтер Б. М. Физика взрыва. М.: Физматгиз, 1959. 800 с.
2. Бергер М. Г. Об основной причине ошибок и разногласий в исследованиях катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье // Материалы VI Международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий». Владикавказ, 28–30 мая 2007 г. Владикавказ: Терек, 2007а. С. 208–209.
3. Бергер М. Г. Ледник Колка: Катастрофа 20 сентября 2002 года – внезапный газодинамический выброс ледника. М.: Изд-во ЛКИ, 2007б. 248 с.
4. Бергер М. Г. Геодинамическая система ледника Колка и вопросы прогнозирования и регулирования ее развития. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 264 с.
5. Бергер М. Г. О некоторых следах, оставшихся на месте ледника Колка, как показателях характера Колкинской катастрофы 2002 года // Геология и геофизика Юга России. 2012 (в печати).
6. Васьков И. М. Ледово-каменные обвалы и их прогнозирование. На примере Центрального Кавказа. Саарбрюккен, Германия: Lambert Academic Publishing, 2011. 233 с.
7. Горное дело. Терминологический словарь. 3-е изд. М.: Недра, 1981. 479 с.
8. Десинов Л. В. Пульсация ледника Колка в 2002 году // Вестник ВНИЦ РАН и РСО-А. 2004. Т. 4. № 3. С. 72–87.

9. Десинов Л. В. Фантазии и реалии в решении проблемы противодействия катастрофам в долине реки Геналдон // 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: ВНЦ РАН и РСО-А, 2008. с. 167–173.
10. Милашев В. А. Трубки взрыва. Л.: Недра, 1984. 268 с.
11. Никитин М. Ю., Гончаренко О. А., Галушкин И. В. Динамика и стадийность развития Геналдонского ледово-каменного потока на основе дистанционного анализа // Вестник ВНЦ РАН и РСО-А. 2007. Т. 7. № 3. с. 2–15.
12. Никитин М. Ю., Хуггел К., Шварц М., Гончаренко О. А., Галушкин И. В. Дешифрирование дистанционных материалов для реконструкции процесса обрушения ледника Колка // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Доклады Международной конференции. Владикавказ–Москва, 23–26 июня 2004 г. Владикавказ: Изд-во Олимп, 2006. С. 156–160.
13. Новиков Л. А., Слободской Р. М. Механизм формирования диатрем // Сов. геология. 1978. №8. С. 3–14.
14. Петраков Д. А., Тутубалина О. В., Черноморец С. С. По следам Геналдонской катастрофы: год спустя // Криосфера Земли. 2004. Т. VIII. № 1. С. 29–39.
15. Петраков Д. А., Тутубалина О. В., Черноморец С. С. Оценка и прогноз динамики ледовых образований и рельефа после Геналдонской катастрофы 2002 года // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Доклады Международной конференции. Владикавказ–Москва, 23–26 июня 2004 г. Владикавказ: Изд-во Олимп, 2006. С. 171–178.
16. Петросян А. Э., Иванов Б. М., Крупеня В. Г. Теория внезапных выбросов. М.: Наука, 1983. 152 с.
17. Петухов И. М., Линьков А. М. Механика горных ударов и выбросов. М.: Недра, 1983. 280 с.
18. Познанин В. Л. Механизмы селевых ледниковых катастроф: Колка 2002. М.: ИМГРЭ, 2009. 180 с.
19. Покровский Г. И. Взрыв. 4-е изд. М.: Недра, 1980. 190 с.
20. Попов К. П. Травертины как летопись палеогеогеологической и палеогеографической истории и ценные памятники природы // Вестник Северо-Осетинского отдела Русского геогр. общ-ва. 2006. № 10. С. 24–32.
21. 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.
22. Ромашов А. Н. Особенности действия крупных подземных взрывов. М.: Недра, 1980. 244 с.
23. Ромашов А. Н., Симонов Н. Н. О механизме образования и о подобии видимых воронок при взрывах на выброс в грунтах // Взрывное дело. Сборник №64/21. Сейсмика и воронки выброса при подземных взрывах. М.: Недра, 1968. С. 42–57.
24. Ходот В. В. Международный конгресс по проблеме внезапных выбросов газов и пород. М., 1967. 37 с.
25. Черноморец С. С. Селевые очаги до и после катастроф. М.: Научный мир, 2005. 184 с.
26. Andresen K. J., Huuse M., Clausen O. R. Morphology and distribution of Oligocene and Miocene pockmarks in the Danish North Sea – implications for bottom current activity and fluid migration // Basin Res. 2008. V. 20. № 3. P. 1.

## **ABOUT EXPLOSION FUNNEL OF THE GLACIER KOLKA**

**M.G. Berger<sup>1,2</sup>, Sc. Doctor (Geol.), prof.**

<sup>1</sup>International Innovation Scientific-Technological Center “Sustainable Development of Mountain Territories”,

<sup>2</sup>Center of Geophysical Investigations of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and the Government of the Republic North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia, email: cgi\_ras@mail.ru

The existence of an explosion funnel on the glacier Kolka place was shown. The main features of structure and morphology of this funnel were given and explained.

**Keywords:** glacier Kolka, disaster of 2002, aimed gas-dynamic release, explosion funnel.