

---

## ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

---

УДК 551.24 (234.9)

DOI: 10.23671/VNC.2016.3.20838

### КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ЛЕДОВО-КАМЕННЫЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЛАВИНООБРАЗНЫЕ ПОТОКИ КАК ПРОЯВЛЕНИЯ ПАРОКСИЗМАЛЬНЫХ ВЗРЫВОПОДОБНЫХ НАПРАВЛЕННЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ВЫБРОСОВ ЛЕДНИКОВ. О СООТНОШЕНИИ ПОНЯТИЙ «ЛАВИНООБРАЗНЫЙ ПОТОК» И «СЕЛЬ»

© 2016 М. Г. Бергер, д.г.-м.н., проф.

Северо-Кавказский инновационный центр «Устойчивое развитие горных территорий», 362021, Россия, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44,  
e-mail: conf@skgmi-gtu.ru;

Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН, Россия,  
362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: berger7@rambler.ru

Рассмотрены особенности катастрофических гляциальных лавинообразных потоков. Выделен особый тип этих потоков, особенности возникновения и движения которых указывают на то, что эти потоки являются проявлениями пароксизмальных взрывоподобных направленных газодинамических выбросов ледников. Дано объяснение механизма и экстраординарных параметров кинематики движения таких потоков. Подчеркнуто принципиальное отличие этих потоков от селей. Соответственно, селевая трактовка Колкинской катастрофы 2002 г. в ее эпицентральной и сопредельной с ней зоне, включающей зону транзита гляциального лавинообразного потока, является необоснованной и ошибочной, с чем согласуется безуспешность предпринятых попыток гидравлического моделирования этой катастрофы. Показано, что эти потоки не относятся к числу склоново-гравитационных, не представляют собой ни обычный, ни особый тип подобных явлений.

**Ключевые слова:** ледниковая катастрофа, гляциальный лавинообразный поток, сель, взрывоподобный направленный газодинамический выброс ледника, инерциальное движение, ледник Колка, гидравлическое моделирование, склоново-гравитационные явления.

Механизмы чрезвычайно быстрых селевых потоков почти полностью неизвестны (ср. Хуаскаранская катастрофа 1970 года). Для объяснения обязательного внешнего и внутреннего трения большинство исследователей ищут источники огромных объемов воды для образования селевых потоков с крайне низким содержанием воды.

*Й. Ханиш*

Нужно исключить воду как движущий механизм обвала, так как таковой воды в действительности вероятнее всего не было.

*Л. А. Варданянц*

(о Колкинской катастрофе 1902 г. – М. Б.)

## 1. Природные лавинообразные потоки и их типы

В природе известны относительно редкие и, в силу этого, немногочисленные грандиозные пароксизмальные ледниковые катастрофы – Колкинские (Геналдонские) 20 сентября 2002 г., 3 и 6 июля 1902 г. и более ранние, Уаскаранские (Перуанские Анды) 10 января 1962 г. и 31 мая 1970 г., Араратские (Закавказье) 20 и 24 июня 1840 г., Девдоракские (Казбекские) 1776, 1832 гг. и некоторые другие.

Одни из наиболее характерных и наиболее опасных проявлений таких событий – чрезвычайно высокоскоростные (сотни километров в час) и быстротечные (минуты, максимум – первые десятки (?) минут) катастрофические гляциальные потоки гигантских масштабов – объемов переносимого материала, дальности и площади распространения, силы воздействия на окружающую среду. Наиболее часто эти потоки именуют обвалами, лавинами, лавинообразными потоками или селями и рассматривают в качестве склоновых гравитационных явлений. Характеристика особенностей и результатов проявления, выделение и идентификация типов этих потоков весьма существенны во многих отношениях, в том числе для установления геодинамического типа, механизма протекания в эпицентре и сопредельной с ним зоне и причин ледниковых катастроф, в частности, Колкинской катастрофы 2002 г.

Необходимо признать, что существующие определения геодинамического типа проявившегося в ходе Колкинской катастрофы основного первичного гляциального потока, именуемого Геналдонским [Никитин и др., 2007 и др.] (по-видимому, неоднотайпного [Никитин и др., 2007; Петраков, 2008 и др.]), нередко различны, недостаточно обоснованны, а иногда – неоднозначны и не вполне определены. Последнее объясняется, прежде всего, крайней необычностью особенностей движения этого потока, которые в своей совокупности не соответствуют особенностям движения природных потоков ни одного из известных на момент Колкинской катастрофы геодинамических типов.

Наиболее часто этот поток именуют селем (а также ультраселем, селем особого типа и т.п.). Однако по составу (прежде всего, отсутствию сколько-нибудь значительного содержания воды), скорости, источнику энергии, механизму перемещения материала, характеру воздействия на окружающую среду (в частности, на днище Геналдонской долины в протяженной зоне транзита), забросу ледово-каменного материала высоко (на 100–150 м и более) на склоны (точнее, прохождению на такой высоте над днищем долины), в том числе в начальной зоне движения потока, и другим существенным особенностям этот поток не является селем и не соответствует имеющимся весьма многочисленным вполне однозначным определениям понятия «сель». (Заметим попутно, что соответствующая позиции гляциологов и других географов по данному вопросу трактовка К. П. Рототаевым [Рототаев и др., 1983] (на которого они обычно ссылаются при характеристике механизма и причин Колкинской катастрофы 2002 года) катастрофических гляциальных потоков в Геналдонском ущелье 3 и 6 июля 1902 г. в качестве селей и принимаемая им максимальная скорость этих потоков в 100 км/час являются ни на чем не основанными и ничего не учитывающими (ни показаний очевидцев, ни официальных документов того времени, ни зафиксированных в этих показаниях и документах фактов, совершенно однозначно характеризующих движение этих потоков в многокилометровой зоне транзита), противоречащими фактам и опровергаемыми ими ошибочными предположениями. Как было показано [Бергер, 2015б], такой же является и нынешняя позиция отечественных гляциологов и других географов по данному вопросу.)

Приведенные в литературе достаточно многочисленные расчетные и полученные экспериментально в натуральных условиях значения скорости селевых потоков обычно не превышают 8–10 м/с, что примерно на порядок уступает по величине максимальным скоростям движения потока обломочного ледово-каменного материала продуктов разрушения ледника Колка. Для уклонов же речных долин до 5° (что соответствует уклону долины р. Геналдон в зоне транзита катастрофического ледово-каменного потока) реальными считаются скорости селей до 5 м/с (18 км/час) [Степанов, Степанова, 1991, с. 163].

С учетом приведенных и других данных [Бергер, 2006а, 2007, 2015а и др.], необходимо отметить, что предвараемые огромной по интенсивности ударной воздушной волной (это, безусловно, важно в плане идентификации их геодинамического типа) Геналдонский и другие катастрофические гляциальные потоки – *не сели* и ничего общего с селями не имеют (и лишь на заключительных этапах ледниковых катастроф, смешавшись с текучими поверхностными водами, сменяются катастрофическими селями, аномально высокоскоростными на начальном отрезке пути, что явно свидетельствует о напорном, даже высоконапорном характере их движения, не позволяя сводить причины движения этих селей к действию силы тяжести).

Содержание воды в катастрофических гляциальных потоках очень небольшое, что отмечает, в частности, и Й. Ханиш [2004] (нередко высказываемые противоположные утверждения по этому поводу лишены оснований и, добавим, опровергаются фактами [Васьков, 2011; Никитин и др., 2007; Дерюга, Набокин, 2004; Бергер, Чотчаев, 2013; и др.]), но никакой необходимости в поисках больших количеств воды для объяснения огромных скоростей их движения нет (да и никаким, сколь угодно большим, количеством воды невозможно объяснить ураганные и сверхураганные скорости движения этих потоков), как нет никакой необходимости в поисках источников больших количеств воды для объяснения причин, характера и механизма (в том числе огромных, особенно – начальных скоростей) отброса, метания, разлета обломочного материала (продуктов разрушения вещества) при техногенных взрывах на выброс или на сброс (направленных взрывах) и взрывоподобных газодинамических выбросах.

\* \* \*

В соответствии с полученными автором ранее результатами [Бергер, 2004, 2006а, б, 2007 и др.], Геналдонский и подобные ему катастрофические гляциальные потоки по их характеру и происхождению представляют собой *дисперсные потоки инерциального движения ледово-каменных продуктов взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника*.

Движение выброшенного ледово-каменного материала происходит в поле силы тяжести под действием огромной кинетической энергии, запасенной этим материалом при выбросе.

Наиболее характерные особенности катастрофических потоков этого типа – исключительно высокая и малоубывающая с расстоянием скорость их движения, его слабо наклонный, на значительном расстоянии субгоризонтальный (иногда даже с набором высоты) характер и большая протяженность по латерали (порядка 10 км и более), определяемая, прежде всего, интенсивностью (силой, мощностью) выброса, углом вылета выброшенного материала и гидравлическими размерами обломков. Такие потоки часто именуют *лавинообразными*. При этом, по крайней мере, по от-

ношению к Геналдонскому лавинообразному потоку, по-видимому, предполагаются однозначность такого его понимания различными авторами и, соответственно, отсутствие необходимости в каком-либо определении содержания, вкладываемого в это наименование.

Принципиально подобные в геомеханическом отношении потоки промоделированы и изучены при многочисленных исследованиях техногенных взрывов на выброс, особенно направленных, нередко именуемых взрывами на сброс [Ромашов, 1976, 1980; и др.].

Обратимся, однако, к имеющемуся общему определению понятия «лавинообразный поток», сформулированному за несколько лет до катастрофической пароксизмальной газодинамической пульсации (взрывоподобного направленного газодинамического выброса) ледника Колка 2002 года и, соответственно, вне какой-либо связи с этим событием.

Согласно этому определению [Войнич-Сяноженцкий, Созанов, 1997, с. 3], «под лавинообразными потоками подразумеваются возникающие за очень короткий промежуток времени потоки горной породы, снега и льда или горной породы и воды, образующие как бы композиционную среду-дисперсоид, развивающие большие скорости на крутых участках горных склонов, вовлекающие в свое движение даже крупные валуны и скальные обломки и обладающие огромной разрушительной силой». И несколько далее [Войнич-Сяноженцкий, Созанов, 1997, с. 5]: «Под термином *лавинообразные потоки* (ЛОП), который предложен относительно недавно, подразумевается такой физико-механический процесс, который сопровождается внезапным возникновением и развитием в пределах горных склонов (или логов) слоя быстро движущегося склонового материала совместно с твердыми или жидкими осадками. Таким потокам присущи все, или почти все, внешние проявления, характерные и потокам снежных лавин, причем в подавляющем большинстве случаев они происходят в основном под действием одних и тех же возмущающих причин, вызывающих потерю их статической устойчивости на отдельных участках горного склона».

Столь широкие, весьма общие определения не позволяют, однако, разграничить собственно лавинообразные потоки (в их традиционном понимании) и сели. Их разграничение (принципиально важное во многих отношениях, в том числе практических) возможно лишь с учетом их состава и особенностей их движения (в частности, скоростных) и воздействия на днище долины и склоны, проявляющихся в пределах протяженной зоны транзита ЛОП.

Геналдонский ледово-каменный поток во многом соответствует этим определениям, но, тем не менее, существенно отличается от подавляющего большинства известных природных лавинообразных потоков по происхождению, причинам, вызвавшим его «внезапное возникновение и развитие» и полностью объясняющим все во многом совершенно экстраординарные особенности, присущие этому потоку, а также сравнительно немногочисленным его геодинамическим (и, вероятно, генетическим) аналогам.

С учетом этого, в рамках природных лавинообразных потоков возможно (и необходимо) выделение генетически и геодинамически принципиально различных их типов.

Первый, наиболее распространенный в природе, обычный (типичный, классический) тип лавинообразных потоков, наиболее строго соответствующий приведен-

ным выше определениям (по Т. Г. Войничу-Сяноженцкому и В. Г. Созанову [1997]), может быть назван *склоново-гравитационным* (С-Г-ЛОП).

Второй, безусловно, крайне редкий (экстраординарный, атипичный, неклассический) («Геналдонский» или «Уаскаранско-Казбекский») тип природных лавинообразных потоков, обусловленных проявлением внезапных взрывоподобных направленных газодинамических выбросов, может быть назван *газодинамическим* (ГД-ЛОП).

По своему составу потоки этого типа, возникающие при газодинамических выбросах ледников, являются ледово-каменными ГД-ЛОП (газодинамическими лавинообразными потоками) с количественно преобладающей ледовой составляющей.

## 2. О селях

Существующие определения понятия «сель», при всех (как правило, не очень больших и не принципиальных) различиях в их формулировках, безусловно, едины в том, что «селевой поток по своему составу представляет собой гетерогенную систему, состоящую из двух основных компонентов: твердого и жидкого» [Шеко, 1980, с. 8].

Безусловно, едины они и в том, что селевой поток – поток *грунтовый*, движущийся по земной поверхности, а не летящий над ней по воздуху (этот вопрос, в силу его полной ясности и однозначности никогда даже не возникает и не обсуждается). Характеризуя основные особенности движения селевых потоков, Б. С. Степанов и Т. С. Степанова [1991, с. 152] специально подчеркивают обязательное «наличие жесткого контакта между частицами и руслом» и «взаимодействие потока с элементами шероховатости русла».

Во всех этих отношениях дисперсные потоки продуктов разрушения ледника Колка в зоне их транзита в Геналдонском ущелье – не сели и никакого отношения к селям не имеют.

Вместе с тем, при рассмотрении затронутого в данной работе круга вопросов приходится признать, что существуют исключительно разнообразные, нередко принципиально отличающиеся друг от друга по объему и содержанию, по своей сути, толкования и объекты приложения понятия «сель» (объекты, именуемые этим термином), причем в последнее время, в частности, в связи с характеристикой и предпринимаемыми попытками объяснения грандиозной природной катастрофы 2002 года на леднике Колка и в Геналдонском ущелье и связанных с нею весьма специфических по своим особенностям природных явлений, трудно поддающихся расшифровке, идентификации и объяснению, наметилась явная тенденция к необоснованному неоправданно расширительному употреблению термина «сель», при котором этот термин оказывается крайне неопределенным по значению фактически равнозначным термину «дисперсный поток», приложимым к обозначению (наименованию) любых природных дисперсных потоков, независимо от механизма, скорости и траектории их движения, характера дисперсионной среды (в частности, от действительного, а не предположительного, количества воды в потоке), а также других особенностей этих потоков (генезиса, характера и степени эрозионного воздействия на днища и склоны долин, характера сейсмического сопровождения, наличия ударной воздушной волны и пр.).

Предпринимаемое в последнее время рассмотрение (точнее, терминологическое обозначение) крайне необычных, совершенно уникальных по их особенностям ка-

тастрофических гляциальных потоков в качестве селей, как, видимо, полагают гляциологи и некоторые другие авторы, снимает необходимость в их обоснованной идентификации, доказательном определении характера, геодинамического типа, движущих сил, механизма, т. е. сущности этих потоков, установлении их генезиса, вызывающих их причин (действующих факторов) (за исключением, разве что, поисков источников предполагаемых огромных объемов воды и следов ее действия), определении условий, вызывающих и делающих возможным их чрезвычайно высокоскоростное субгоризонтальное движение на огромных расстояниях (даже со значительным набором высоты на некоторых участках). Характеристика, оценка и, в какой-то мере, объяснение такой позиции были даны, в частности, в работах [Бергер, 2007, с. 128–129; Бергер, 2015б].

Разумеется, такое, чисто терминологическое (бездоказательное и, к тому же, неправильное, не согласующееся с общепринятой терминологией) решение существующей здесь серьезной проблемы, состоящее в определении этих (фактически, лавинообразных) потоков в качестве селей (или «селей особого типа», «ультраселей» и т.п.) не является решением этой научной проблемы, имеющей во многом принципиальное, ключевое значение для понимания и объяснения сущности и причин катастрофических пароксизмальных ледниковых пульсаций и решения многих теоретических и практических вопросов, связанных с такими пульсациями.

Как отмечает в связи с этим вопросом С.С. Черноморец [2005, с. 159], «в английском языке отсутствует единое слово, эквивалентное понятию «сель». Возможно, поэтому селевые потоки разных типов в англоязычных странах принято рассматривать в рамках не одной, а нескольких различных дисциплин».

Думается, что все обстоит, скорее, наоборот. Поскольку в природе существуют дисперсные потоки различного типа, с различными особенностями, различной концентрацией дисперсного материала, различным составом этого материала и дисперсионной среды, различными механизмами движения и вызывающими их причинами, то требуются, естественно, и различные термины для обозначения (наименования) этих потоков (или, по крайней мере, некоторых из них). Единый же, общий для всех этих потоков термин (при столь расширительном толковании его значения), существующий помимо терминов «поток» и «дисперсный поток» и наряду с ними, применяемый для обозначения совершенно разнородных, разнотипных, различных по своей сущности и генезису природных явлений, лишь препятствует их точной диагностике (идентификации) и изучению, ведет к смешению и подмене понятий, маскируемым общностью формы выражающего различные понятия термина. В таком, столь расширительном, многозначном и неопределенном значении термин «сель», действительно, едва ли может быть необходим и полезен, в связи с чем вполне объяснимо, почему в английском языке отсутствует единый термин, который выражал бы столь многозначное, неопределенное по содержанию и объему понятие.

Предлагаемое же С.С. Черноморцем [2005] отнесение к селям фактически и газодинамических явлений («на воздушной подушке»), каковыми, несомненно, являются по их параметрам многие дисперсные потоки так называемого «Уаскаранско-Казбекского типа» (согласно предложенному С.С. Черноморцем наименованию), совершенно неправомерно и лишь еще более запутывает дело, направляя расшифровку и объяснение Колкинской катастрофы 2002 года по ошибочному и бесперспективному пути. И нередкая необоснованная и ошибочная селевая трак-

товка (при всех ее вариациях) механизма и причин катастрофы на леднике Колка (в ее эпицентре) и в Геналдонском ущелье (до Кармадонских ворот) показала это со всей очевидностью.

В плане характеристики проявившихся еще до Кармадонских ворот особенностей селей данного типа С. С. Черноморец [2005] отмечает «очень высокие объемы материала, скорости более 180 км/ч, а также возможность движения потока с набором высоты до нескольких десятков метров» [Черноморец, 2005, с. 159]; и в другом месте той же работы [Черноморец, 2005, с. 124]: «в долине р. Геналдон происходило движение, сопровождавшееся переброской ледово-водно-каменной массы с одного борта долины на другой и набором высоты заплесков на отдельных участках до 50 м. Характерными особенностями ледово-водно-каменных селей данного типа являются также чрезвычайно большие объемы вовлеченного материала, очень высокие скорости, внезапность и кратковременность, незначительная эродирующая способность, существенное преобладание льда в селевой массе, а также большое расстояние, пройденное потоком».

Обращает на себя внимание, что приведенное во второй части этой характеристики (на с. 124) слово «заплески» в первой части в аналогичном выражении о наборе высоты потоком отсутствует, а присутствие в потоке в сколько-нибудь значительном количестве водной составляющей нигде и ничем не подтверждается. По мнению многих исследователей, содержание воды в этих потоках продуктов разрушения ледника Колка и другого вовлеченного в движение материала на всем пути их следования в зоне транзита было незначительным, в связи с чем определение их состава как ледово-водно-каменного едва ли правомерно. (Например, согласно В. Р. Болову, В. П. Мочалову и Ш. С. Муратову [2014б], содержание воды в теле лавинного потока, двигавшегося 20 сентября 2002 г. по долине р. Геналдон, составляло менее 1%.)

Кроме того, как отмечает С. С. Черноморец [2005, с. 7] в первой же фразе «Введения» к своей работе, «катастрофические селевые потоки приводят к радикальному изменению геоморфологического строения днищ горных долин». Однако, как показывает С. С. Черноморец [2005, рис. 5.10], никаких сколько-нибудь значительных, а тем более радикальных изменений геоморфологического строения днища долины р. Геналдон в зоне транзита катастрофического «ледово-водно-каменного селея» в ходе катастрофы 20 сентября 2002 г. не произошло.

Так что это было, разумеется, катастрофическое, более того, пароксизмальное явление, но, конечно, не сель в общепринятом значении этого термина.

В качестве других фактов (хорошо известных, неоднократно отмечавшихся, в том числе автором, или непосредственно следующих из них), характеризующих эти потоки и область их зарождения, можно отметить также весьма интенсивную ударную воздушную волну, проявившуюся даже на удалении около 20 км от эпицентра катастрофы, центробежный (а не только направленный вниз по уклону долины) разлет значительных масс снего-ледо-каменного материала в эпицентре катастрофы, движение основной компактной массы вещества потоков на протяжении многих километров зоны транзита не по днищу долины, а над ним (с чем, естественно, связано и на что со всей очевидностью указывает незначительное эродирующее воздействие потоков на днище Геналдонской долины и весьма значительное – на склоны, борта ущелья), огромную высоту (100–150 м и более) сплошного, площадного, с весьма протяженной резкой верхней границей эрозионного воздействия по-

токов на склоны (так называемых «заплесков») и заброса переносимого ледово-каменного материала (в том числе на 10–20 м выше «заплесков» [Черноморец, 2005, с. 113]) и другие весьма специфические особенности явлений в эпицентральной зоне (рассматриваемой иногда в качестве «селевого очага» и зоны «начального движения») и в зоне транзита потоков, имеющие мало общего с известными особенностями селей.

Что же касается отмечаемой С.С. Черноморцем [2005, с. 124] «незначительной эродирующей способности» потока, то, как было подчеркнуто выше, это относится, главным образом, к днищу долины. Одновременно это свидетельствует об отсутствии постоянного жесткого контакта между потоком и дном долины р. Геналдон и, соответственно, отсутствии непрерывного взаимодействия между потоком и элементами шероховатости русла в днище долины, т. е. об отсутствии важнейших признаков, характерных для движения селевых потоков [Степанов, Степанова, 1991, с. 152 и др.], отсутствии важнейших показателей принадлежности потока к числу селей.

Не подходит под понятие «селевой очаг», не соответствует этому понятию и ледник Колка по его состоянию 20 сентября 2002 г. Как отмечает А.И. Шеко [1980, с. 8], «в очаге зарождения поток приобретает все особенности, присущие селю». До катастрофы 20 сентября 2002 г. и после нее цирк ледника Колка много раз служил селевым очагом, очагом зарождения, зоной формирования и схода обычных, настоящих, действительных селей. Но дисперсные потоки, возникшие около 20 часов 08 минут 20 сентября 2002 г. в цирке ледника Колка при взрывоподобном внезапном направленном газодинамическом выбросе ледника и обычном, весьма характерном, обязательном для любого газодинамического (газопородного) выброса разлете и направленном метании обломочных продуктов разрушения горных пород (в данном случае льда и каменных горных пород), не обладали важнейшими присущими селям особенностями, описанными в многочисленных специальных изданиях [Степанов, Степанова 1991; Шеко, 1980; Флейшман, 1978; и др.]. Аномально высокоскоростной сели возник лишь примерно в 19 километрах от тыльной части ледника Колка (эпицентра катастрофы), после удара головной части Геналдонского лавинообразного ледово-каменного потока о Скалистый хребет, обусловленного этим приземления (осаждения) в Кармадонской котловине перед Кармадонскими воротами и смешения с текущей водой Геналдона, а затем, за Кармадонскими воротами, уже после выхода из Геналдонского каньона, прорезающего Скалистый хребет, и Гизельдона. В пределах же Колкинского ущелья и выделяемой исследователями катастрофы [Черноморец, 2005; Никитин и др., 2007; и др.] зоны транзита эти в основной своей массе летевшие по воздуху, а не текшие по днищу ущелья (о чем свидетельствуют многочисленные факты) гигантские дисперсные потоки, повторим, не были селями, что, соответственно, указывает на совершенно иные, отнюдь не селевые геодинамические условия в очаге их зарождения – в цирке ледника Колка в момент их зарождения – примерно в 20 часов 08 минут 20 сентября 2002 г. Так что сели (селевые потоки), селевые очаги, селевые процессы, селевые катастрофы (к чему без всяких на то оснований нередко сводят катастрофу на леднике Колка и в Геналдонском ущелье до Кармадонских ворот) и их реальные или предполагаемые механизмы, а также нередко предполагаемые аномальные огромные объемы воды в леднике Колка и в его бассейне и их предполагаемые источники здесь совершенно ни при чем.

В более поздней публикации А. Н. Божинский и С. С. Черноморец [2007] отходят от селевой трактовки ледниковых катастроф и полагают, что «при определении, какой из принятых современных терминов более характеризует процесс ледниковых катастроф, возникают сложности. Так, Б. И. Статковский [1887] считал Казбекские завалы селями. Однако, по современным представлениям, они отличаются от «классических» селей очень высокими скоростями, а также механизмом движения (и, добавим, фазовым составом и другими признаками. – М. Б.). Изучение катастрофы 2002 г. на соседнем (с Девдоракским. – М. Б.) леднике Колка показало, что подобные гравитационные потоки обладают свойствами нескольких процессов... По-видимому, катастрофические гравитационные потоки имеют черты селевого, лавинного, обвального, оползневого механизмов движения, но полностью не относятся ни к одному из этих типов – их можно считать особым видом процессов» [Божинский, Черноморец, 2007, с. 92].

К сказанному можно добавить, более того, необходимо особо подчеркнуть, что подобные потоки по механизму их движения, вызывающим их причинам и факторам, под действием которых они происходят, *не являются* не только селевыми, но и вообще *гравитационными*.

Этот «особый вид» процессов движения, как уже было отмечено выше, представляет собой *инерциальное движение обломочного ледово-каменного материала продуктов взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника, происходящее под действием запасенной при выбросе этим материалом огромной кинетической энергии*.

\* \* \*

Выскажем также несколько слов о результатах проведенного А. Н. Божинским [2005, 2006] математического моделирования катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 2002 г. с использованием гидравлической модели движения двухфазного селевого потока [Божинский, Назаров, 1999].

При построении этой модели А. Н. Божинским толщина слоя воды в потоке была принята равной 18,5 м, а коэффициент концентрации льда в потоке – равным 0,5. (Согласно выполненным А. Н. Божинским тестовым расчетам по модели, как он отмечает в своей работе [Божинский, 2005, с. 16], при меньшей толщине слоя воды в потоке и угле трения влажного твердого материала  $d = 5^\circ$  фронт водно-ледово-каменного потока не мог бы достигнуть Кармадонских ворот.) С учетом этих данных, объем воды в потоке должен был составить 11 млн м<sup>3</sup> [там же].

Однако полученное А. Н. Божинским при этих исходных параметрах модельное распределение ледово-каменных отложений по длине русла принципиально отличается от реального и А. Н. Божинский [2005, с. 17] в какой-то мере признает это.

В частности, согласно модели [Божинский, 2005, с. 16], максимум толщины отложений сдвинут вверх по потоку и составляет 46 м. На самом же деле, он сдвинут вниз по потоку и составляет более 160 м [Васьков и др., 2008, с. 130; и др.].

Существенно также, что остановка фронта движения твердой фазы потока до Кармадонских ворот на отметке 20 км или несколько менее [Божинский, 2005] произошла, согласно модели, вследствие торможения потока под действием трения о ложе русла, тогда как в действительности поток основного количества ледово-каменного материала был остановлен у Кармадонских ворот механической преградой Скалистого хребта и, если бы не эта непреодолимая преграда, безусловно, не

остановился на этой отметке, а продвинулся бы значительно дальше по ущелью, а возможно, и за его пределы, преодолев, по мнению В. Р. Болова и др. [2014а, с. 288], расстояние не менее чем в 50 км, чего использованная А. Н. Божинским гидравлическая модель уже совершенно не допускает ни при каких условиях.

Таким образом, проведенное А. Н. Божинским [2005, 2006] статистическое моделирование катастрофы 2002 года на леднике Колка и в Геналдонском ущелье (до Кармадонских ворот) с использованием гидравлической модели, базирующееся на распространенных гидрогляциологических (водно-ледниковых, селевых) представлениях об этой катастрофе, требует выполнения не имевших места в действительности условий (прежде всего, невероятно большого количества воды в потоке продуктов разрушения ледника Колка и низких коэффициентов трения при предполагаемом движении этого потока по дну долины), но и при этом показывает крайне малую вероятность (порядка 0,01) того, что такой поток мог достигнуть Кармадонских ворот, и приводит в результате к получению характеристик (прежде всего, распределения ледово-каменных отложений по продольному профилю долины), не соответствующих реальным, принципиально отличающихся от фактически наблюдаемых.

Абсолютно несостоятельно и предпринятое А. Г. Зарини и Е. С. Каменецким [2010] гидравлическое моделирование катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье, согласно которому «сход ледника представлял собой поток ледово-каменно-водяной массы, которая вела себя как поток безнапорной жидкости, движущейся под действием силы тяжести». Специальное обсуждение данного вопроса будет проведено автором в отдельной работе.

### Заключение

Происходивший в течение нескольких минут 20 сентября 2002 г. Геналдонский ледово-каменный поток и подобные ему катастрофические Геналдонские (1902 г., 1752 г. и более ранние), а также, вероятно, Уаскаранские, Араратские, некоторые Девдоракские XVIII–XIX вв. и, возможно, некоторые другие катастрофические ледово-каменные лавинообразные потоки по их особенностям, наиболее явно проявляющимся в эпицентральных зонах (остающихся, как правило, малоизученными) и в зонах их транзита, представляют собой *дисперсные потоки инерциального движения продуктов взрывоподобных направленных газодинамических выбросов ледников*.

Получившие некоторое распространение представления о селевом характере катастрофы 2002 г. на леднике Колка и в Геналдонском ущелье (до Кармадонских ворот) являются необоснованными и ошибочными.

Сель проявился лишь на заключительной стадии катастрофы за Кармадонскими воротами. Он представлял собой вторичное явление, обусловленное взрывоподобным направленным газодинамическим выбросом ледника Колка и связанным с ним чрезвычайно высокоскоростным инерциальным движением выброшенного и вовлеченного в движение ледово-каменного материала.

В эпицентральной же зоне катастрофы (в пределах Колкинского ущелья) и на протяжении многокилометровой зоны транзита чрезвычайно высокоскоростной ледово-каменный поток выброшенного и вовлеченного в движение материала не был селевым. Он не содержал сколько-нибудь значительного количества воды, не носил грунтового руслового характера, двигался не по дну долины, а, в основном,

над ним, о чем свидетельствуют следы исключительно сильной боковой эрозии и экзарации, оставленные этим потоком на огромной площади высоко на скалах, при отсутствии или крайней незначительности следов донной (глубинной) эрозии и селевых отложений на днище долины по пути движения потока в зоне транзита, что, собственно, и явилось основанием для выделения этой зоны.

В соответствии с разработанными Т. Г. Войничем-Сяноженцким и В. Г. Созановым [1997] представлениями, введенными ими определениями и полученными автором результатами [Бергер, 2004, 2006а, б, 2007 и др.], этот и подобные ему потоки – катастрофические гляциальные (ледово-каменные) инерциальные *газодинамические лавинообразные потоки (ГД-ЛОП)*, проявления пароксизмальных взрывоподобных направленных газодинамических выбросов ледников.

Лавинообразные потоки обломочного ледово-каменного материала, в основной своей части состоящие из продуктов разрушения ледника Колка, – не гравитационные склоновые явления типа селей, лавин или обвалов. Их движение (в основном, направленное по уклону долины, но частично, в эпицентре, центробежно-разнонаправленное) и в эпицентральной зоне газового ускорения, и в весьма протяженной зоне транзита происходило, естественно, в поле силы тяжести, но под действием не силы тяжести, а расширяющихся сжатых газов (в зоне газового ускорения) и кинетической энергии, полученной ледово-каменным материалом при исключительно мощном, огромном по количеству выделившейся энергии взрывоподобном направленном газодинамическом выбросе ледника. Гравитационные силы не содействуют, а *противодействуют* инерциальному субгоризонтальному движению этого материала, тем более на участках набора им высоты. При этом огромная дальность инерциального движения по воздуху выброшенного ледово-каменного материала, согласно формулам элементарной баллистики, была определена гигантской начальной скоростью его направленного движения (и позволяет приближенно оценить величину этой скорости), а сопротивление воздуха, как и в случаях техногенных направленных взрывов [Черниговский, 1976], практически не сказалось на скорости и дальности движения выброшенного ледово-каменного материала в связи с тем, что движение основного количества этого материала происходило весьма компактной массой.

Таким образом, Геналдонский катастрофический обломочный ледово-каменный лавинообразный поток 20 сентября 2002 г., как, безусловно, и предыдущие аналогичные по характеру протекания Геналдонские катастрофические лавинообразные потоки 1752 г. и 3 и 6 июля 1902 г., имел *взрывное (взрывоподобное) эндогенное поствулканическое газодинамическое происхождение*, связанное с пароксизмальным катастрофическим внезапным взрывоподобным направленным газодинамическим выбросом ледника Колка. Автор [Бергер, 2015б, с. 99] уже цитировал в этой связи показания очевидцев катастрофы 1902 г., содержащиеся в архивных документах об этом событии [Черноморец, Адцеев, 2014, с. 357]. Напомним также, что именно о *летащем* леднике, *летащих* снеговых и ледяных глыбах, *летевших по воздуху* камнях и кусках льда писал в 1902 г. и Д. Д. Пагирев [Пагирев, 1902, с. 207 и 210], документально характеризуя катастрофический лавинообразный Геналдонский поток этого года и, несомненно, взрывоподобный *разлет* обломочного материала продуктов разрушения и выброса ледника. Принципиально такими же были катастрофические события на леднике Колка и в Геналдонском ущелье и в 2002 году. Так что все многодесятилетние (продолжающиеся и сейчас) многочисленные утверждения

о селевом характере этих потоков и огромном количестве воды, определившем такой их характер, представляют собой грубую ошибку, получившую исключительно широкое распространение в работах гляциологов и некоторых других, примкнувших к ним, специалистов.

Происшедшая в 2002 г. в течение нескольких минут, практически мгновенная компактная переброска более чем стомиллионного количества ледово-каменного материала более чем на 15 км с освобождением ложа ледника Колка и образованием гигантского навала (завала) в Кармадонской котловине у южных склонов Скалистого хребта – важнейший результат и неопровержимый показатель *взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка*. Именно таким был характер (геодинамический тип, механизм протекания) гигантской Колкинской (Геналдонской, Кармадонской) природной ледниковой катастрофы 20 сентября 2002 года.

### Литература

1. Бергер М. Г. Газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г. – новое катастрофическое природное явление // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Тезисы докладов Международной конференции, г. Владикавказ, 23–26 июня 2004 г. Владикавказ: Изд-во «РЕМАРКО», 2004. С. 4–5.
2. 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.
3. Бергер М. Г. Газодинамический выброс ледника Колка 20 сентября 2002 г. // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2006б. Т. 6. №2. С. 33–37.
4. Бергер М. Г. Ледник Колка: Катастрофа 20 сентября 2002 года – внезапный газодинамический выброс ледника. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 248 с.
5. Бергер М. Г. О проявлении ударной воздушной волны при взрывоподобном внезапном газодинамическом выбросе ледника Колка 20 сентября 2002 года // Геология и геофизика Юга России. 2015а. №2. С. 76–85.
6. Бергер М. Г. Вода, вода... (Об основной гляциологической версии причин и механизма катастрофы на леднике Колка и в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 года) // Геология и геофизика Юга России. 2015б. №3.
7. Бергер М. Г., Чотчаев Х. О. О некоторых физических и фактических основаниях предполагаемых механизмов селевых ледниковых катастроф: Колка, 2002 // Геология и геофизика Юга России. 2013. №1. С. 63–69.
8. Божинский А. Н. Математическое моделирование крупномасштабных селевых и ледниковых катастроф // Материалы гляциологических исследований. 2005. Вып. 99. С. 13–17.
9. Божинский А. Н. Статистическое моделирование гравитационных лавинных потоков // Материалы гляциологических исследований. 2006. Вып. 100. С. 87–94.
10. Божинский А. Н., Назаров А. Н. Динамика двухфазного селевого потока // Вестник МГУ, серия 5. География. 1999. №5. С. 15–20.
11. Божинский А. Н., Черноморец С. С. Моделирование казбекских ледниковых завалов XVIII–XIX вв. // Материалы гляциологических исследований. 2007. Вып. 103. С. 91–95.

12. Болов В. Р., Мочалов В. П., Муратов Ш. С. Итоги работы, нерешенные проблемы и задачи по сбору, анализу и обобщению данных об опасных природных процессах в горных районах Северного Кавказа // Ледник Колка: вчера, сегодня, завтра/[отв. ред. акад. Ю. Г. Леонов, В. Б. Заалишвили]; Центр геофиз. исслед. Владикавказ. науч. центра РАН и РСО-А. Владикавказ, 2014а. С. 286–291.

13. Болов В. Р., Мочалов В. П., Муратов Ш. С. Природные катастрофы, обусловленные ледовыми обвалами, и пути их предупреждения // Ледник Колка: вчера, сегодня, завтра/[отв. ред. акад. Ю. Г. Леонов, В. Б. Заалишвили]; Центр геофиз. исслед. Владикавказ. науч. центра РАН и РСО-А. Владикавказ, 2014б. С. 296–301.

14. Васьков И. М. Ледово-каменные обвалы и их прогнозирование. На примере Центрального Кавказа. Саарбрюккен, Германия: Lambert Academic Publishing, 2011. 234 с.

15. 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.

16. Войнич-Сяноженцкий Т. Г., Созанов В. Г. Лавинообразные потоки. Возникновение, динамика и воздействие на окружающую среду. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 1997. 221 с.

17. Дерюга А. М., Набокин А. В. Применение георадиолокации для определения местоположения тоннеля, погребенного ледником Майли в Геналдонском ущелье // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2004. №9. С. 104–107.

18. Зарини А. Г., Каменецкий Е. С. Оценка скорости движения ледово-каменной массы и селя при катастрофическом сходе ледника Колка // Устойчивое развитие горных территорий. 2010. №1. С. 27–29.

19. Никитин М. Ю., Гончаренко О. А., Галушкин И. В. Динамика и стадийность развития Геналдонского ледово-каменного потока на основе дистанционного анализа // Вестник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А. 2007. Т. 7. №3. С. 2–15.

20. Пагирев Д. Д. Падение ледников с Гимарай-хоха // Известия Кавказского отдела Императорского Русского географического общества. 1902. Т. 15. Вып. 3. С. 205–210.

21. Петраков Д. А. Многостадийные ледниковые катастрофы как особый тип стихийно-разрушительных процессов гляциального генезиса // Материалы гляциологических исследований. 2008. Вып. 105. С. 87–96.

22. Ромашов А. Н. Особенности развития выброса породы при взрывах на склоне // Разрушение и деформирование твердой среды взрывом. Взрывное дело. Сборник № 76/33. М.: Недра, 1976. С. 85–97.

23. Ромашов А. Н. Особенности действия крупных подземных взрывов. М.: Недра, 1980. 244 с.

24. Рототаев К. П., Ходаков В. Г., Кренке А. Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. М.: Наука, 1983. 169 с.

25. Статковский Б. И. О причинах происхождения Казбекского завала. Тифлис. 1887. 64 с.

26. Степанов Б. С., Степанова Т. С. Механика селей. Эксперимент, теория, методы расчета. М.: Гидрометеиздат, 1991. 379 с.

27. Флейшман С. М. Сели. Изд. 2-е. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 312 с.
28. Ханиш Й. Гигантские движения постгляциальных масс на примерах Гималаев // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Тезисы докладов Международной конференции, г. Владикавказ, 23–26 июня 2004 г. Владикавказ: Изд-во «РЕМАРКО», 2004. С. 30–32.
29. Черниговский А. А. Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1976. 319 с.
30. Черноморец С. С. Селевые очаги до и после катастроф. М.: Научный мир, 2005. 184 с.
31. Черноморец С. С., Адцеев В. Г. Ледниковые катастрофы в Геналдонском ущелье: взгляд в прошлое. Архивные документы о событиях XIX века и 1902 года // Ледник Колка: вчера, сегодня, завтра/[отв. ред. акад. Ю. Г. Леонов, В. Б. Заалишвили]; Центр геофиз. исслед. Владикавказ. науч. центра РАН и РСО-А. – Владикавказ, 2014. С. 329–426.
32. Шеко А. И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.: Недра, 1980. 296 с.

DOI: 10.23671/VNC.2016.3.20838

**CATASTROPHIC ICE-STONE INERTIAL GAS-DYNAMIC  
AVALANCHE-TYPE STREAMS AS AN OCCURRENCE OF  
PAROXYSMAL AIR-BLAST DIRECTIONAL GAS-DYNAMIC  
SURGES OF GLACIERS. ABOUT CORRELATION OF THE  
CONCEPTS «AVALANCHE-TYPE STREAM» AND «MUDFLOW»**

© 2016 M. G. Berger, Sc.Doctor (Geol.-Min.), prof.

North-Caucasian innovation center «Sustainable development of mountain territories»,  
362021, Russia, RNO-Alania, Vladikavkaz, Nikolaev str., 44,  
e-mail: conf@skgmi-gtu.ru;  
GPI VSC RAS, Russia, 362002, Vladikavkaz, Markov str., 93 a,  
e-mail: berger7@rambler.ru

The features of catastrophic glacial avalanche-type streams are considered in the article. A special type of these streams is singled out. The features of origination and motion of such streams point at the fact that they are the evidence of paroxysmal air-blast directional gas-dynamic surges of glaciers. The mechanism and extraordinary parameters of motion kinematics of these streams are explained. Accordingly a mudflow version of the Kolka catastrophe of 2002 in its epicentral and adjoining zone including the motion zone of glacial avalanche-type stream is unreasonable and false what confirms unsuccessful efforts of hydraulic modelling of this catastrophe. It is shown that such streams are referred to the slope-gravity phenomena and are either ordinary no special type of such phenomena.

**Keywords:** glacial catastrophe, glacial avalanche-type stream, mudflow, air-blast directional gas-dynamic surge of the glacier, inertial motion, Kolka glacier, hydraulic modelling, slope-gravity phenomena.