

Михаил Стефанович Галисламов

Инициирование аномалий. Сход ледника Колка в 2002 году

12+

Михаил Стефанович Галисламов

Инициирование аномалий.

Сход ледника Колка в 2002 году

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=67172759

SelfPub; 2022

Аннотация

Выполнен анализ глобальных климатических изменений, роста солености и температуры морских вод в Арктическом бассейне, температуры приземного воздуха. Указана техническая причина колебаний общего содержания озона в атмосфере. Предложена альтернативная модель, опровергающая существующие научные гипотезы, связанные с гипотетической активизацией вулканической деятельности на Северном Кавказе. Катастрофа, происшедшая в Северной Осетии в 2002 г., рассматривается как целенаправленная диверсия против суверенной страны, назван ее организатор.

Содержание

1. Краткая геологическая характеристика ледника Колка	4
2. Характер ледовой обстановки на Кавказе до катастрофы	9
3. Исторические подвижки ледника Колка	13
4. Непрогнозируемая гляциальная катастрофа	20
5. Формирование обломочного материала после схода ледника Колка	25
6. Версии ученых о причинах катастрофического схода ледника в 2002 году	28
Конец ознакомительного фрагмента.	50

Михаил Галисламов

Инициирование аномалий. Сход ледника Колка в 2002 году

1. Краткая геологическая характеристика ледника Колка

Главный Кавказский хребет представляет непрерывную горную цепь, простирающуюся более чем на 1100 км с северо-запада на юго-восток от Черного моря до Каспийского моря. Хребет делит Кавказ на две части: Северный Кавказ и Южный Кавказ. Горная система, в которую входит Главный Кавказский хребет, называется Большим Кавказом. Кавказский хребет занимает площадь $\sim 260000 \text{ км}^2$; из них Северный склон занимает около 145000 км^2 , а южный – около 115000 км^2 . К водораздельному хребту примыкает ряд высоких котловин (на западе они подходят с юга, на востоке – с севера), замкнутых с одной стороны высотами водораздела. С другой стороны – короткими хребтами возвышенностей, превосходящими главную цепь по высоте в некоторых местах.

С северной стороны водораздела преобладают поперечные котловины, на южной стороне – продольные. Многие высокие вершины лежат не на Водораздельном гребне, а на оконечностях коротких его отрогов, направляющихся на север (Эльбрус 5642 м, Дыхтау 5204 м, Коштантау 5152 м, Гюльчи-Тау 4447 м, Суган-Тау 4487 м, Адай-хох 4405 м). Северный склон Кавказского хребта, образуется множеством отрогов, примыкающих почти перпендикулярно к Главному хребту и отделенных поперечными глубокими долинами, достигает весьма значительного развития в окрестностях Эльбруса (Эльбрусский выступ). Самое значительное поднятие (Эльбруско-Минераловодская зона разломов) направляется от этой вершины прямо на север, служит водоразделом между водами р. Кубань и р. Терек. Северный склон более развит в восточной части Кавказского хребта, где отроги, многочисленные и значительные по высоте и длине, образуют Дагестанский выступ – большой район, замкнутый высокими хребтами (Андийским, Сала-Тау и Гимринским).

Всего на Кавказе, по данным «Каталога ледников СССР» (1967—1978), 2050 ледников общей площадью 1424 км². Кавказские ледники нигде не спускаются так низко, как ледники Альп. Кавказский хребет почти не уступает ледникам Альпам по площади, числу и размерам. Большее количество значительных ледников находится в эльбрусской и терской частях хребта. В настоящее время большинство ледников Кавказского хребта находится в периоде отступления,

длящемся уже несколько десятков лет [1].

В Северной Осетии (Россия) на северном склоне Казбек-Джимарайского массива ледники опускаются с гор. В центре языки трех ледников: Девдоракский, Чач, Майли. С высот 4000-4500 м спускаются висячие ледники северо-восточных склонов Джимарай-хох и участки фирновых полей. Массив гребня Джимарай-Хох, отходящий на восток и обращенный к леднику Колка, сложен в основном трещиноватыми сланцами с наклоном слоев $35-40^\circ$ на северо-восток при таком же среднем уклоне самого склона. Карово-долинный ледник Колка ($42^\circ 43' 48''$ с. ш. и $44^\circ 26' 08''$ в. д.), сошедший 20.09.2002 г., расположен в истоках реки Геналдон (бассейн р. Терек). В периоды между подвижками его площадь составляла $2,47 \text{ км}^2$, вместе с висячими ледниками – $3,74 \text{ км}^2$. Тыловая часть ледника располагается на высоте 3450 м, а исток начинается с высоты 3850 м под крутой горой Джимарай-Хох (4780 м) [2. С. 12]. Конец ледника опускается к высотной отметке ~ 2950 м. Ледник залегает на выровненном ложе, имеет толщину 60-100 м. Толщина ледника в тыловой части – 143 м, в средней части, на протяжении 1 км продольного профиля – более 100 м. Зона максимальных глубин вытянута вдоль ледника и смещена к левому (северному) борту. Состояние ледника зависит от баланса массы. Если баланс положительный и ледник наступает – он движется вниз по долине. Если баланс ледника отрицательный – ледник отступает. Область аккумуляции – верхняя часть ледника, где

идет накопление снега. Область абляции – нижняя часть, где идет таяние снега и льда. Зону питания ледника Колка составляют фирновые поля и висячие ледники. Снежные лавины, обвалы фирна и льда происходят постоянно. Их мощность варьирует от 40 до 70 метров. Горная порода, разбиваясь на обломки, образуют поверхностный чехол, покрывающий ледник. Более двух третей пологой ледниковой поверхности покрыто породой толщиной от 10 см до 1 м, поступающей с правого борта и с крутых склонов гор Джимарай-Хох и Шау-Хох. Толщина обломочного слоя возрастает с приближением к фронтальной части языка. Увеличение массы льда и обрушений, вызывает рост давления и деформаций в узком "горлышке" массивных склонов. Массивный поток, состоящий из льда и упавших обломков скальных пород, опускаясь из широкой чаши цирка, в относительно узкий выход, создающий участок сопротивления, вынужден менять свою конфигурацию.

Истоки реки Геналдон, наиболее крупного правого притока реки Гизельдон, берут начало с ледников Колка и Майли. Это известный геотермальный район. После слияния ледниковых речек, р. Геналдон течет, преимущественно, в северном направлении. Ко дну долины реки приурочены горячие источники. Тепловой поток, измеренный в скважинах Кармадонской котловины, вдвое выше, по сравнению с предгорьями. Бассейн реки Геналдон сложен разнообразными горными породами, расположенными вкрест прости-

рания крупных разновозрастных геологических структур. Крупный, безамплитудный Геналдонский разрыв в Джимарайском массиве определил впоследствии направление траектории «выброса» ледника Колка из цирка.

2. Характер ледовой обстановки на Кавказе до катастрофы

С 1965 по 1978 г. ученые вели подготовку к изданию «Каталога ледников Кавказа». Каталоги были составлены по топографическим картам с использованием материалов аэрофотосъемки, дополненных данными полевых обследований ледников. Развернутая характеристика тенденций, сложившейся к 1978 г. с ледниками на Кавказе, дается в работе [3]. Ниже приводим краткие выдержки из нее. Оледенение на Кавказе наблюдается только в двух его районах: на Большом Кавказе и на Закавказском нагорье. Общая его площадь 1410,58 км², число ледников 2064. На оледенение Большого Кавказа приходится 99,7% площади всего оледенения Кавказа и 98,0% общего числа ледников; на ледники Закавказского нагорья – соответственно 0,3 и 2,0%. Внутри этих районов распределение ледников неравномерно и объясняется их климатическими и орографическими особенностями. Общий объем льда в ледниках 80,863 км³, из которых 99,9% приходится на ледники Большого Кавказа и всего 0,1% – на ледники Закавказского нагорья. На Большом Кавказе основная часть льда сосредоточена в ледниках северного склона на Центральном Кавказе (55,0%). На северном склоне Большого Кавказа оледенение отмечается на участке Водораздель-

ного хребта: от горы Фишт (2868 м над ур. м.) на западе до горы Тфан (4181 м) на востоке. На южном склоне: от горы Псеашха (3251 м) на западе до горы Таниэ (3491 м) на востоке. Общая протяженность Водораздельного хребта, несущего современное оледенение, на северном склоне около 750 км, а на южном – 400 км. На Закавказском нагорье насчитывается всего 42 ледника общей площадью $3,79 \text{ км}^2$. Все они сосредоточены на массиве горы Арагац (4095 м) и на Зангезурском хребте, отстоящих друг от друга на 215 км.

Толщина ледников изменяется в диапазоне: от 5 м до 25 м – у каровых и висячих ледников; от 100 м до 160 м – у долинных. Наибольшая толщина льда, определенная радиолокационным методом на леднике Безенги, составила 350 м. В целом для Кавказа характерны небольшие ледники площадью до $1,0 \text{ км}^2$ при дробности оледенения $0,68 \text{ км}^2$. Количество ледников с площадью более 10 км^2 – 14, с площадью более 20 км^2 – 6. Все они сосредоточены на Центральном Кавказе. Наибольший ледник Кавказа – Безенги, расположенный в центральной части северного склона Большого Кавказа. Средняя высота верхней границы ледников 4260 м, а нижней – 2740 м. В истоках р. Белой один из ледников оканчивается на высоте 1710 м. Основные типы ледников Кавказа – каровые, висячие и долинные. Каровые и висячие ледники преобладают численностью (77,6%), а по площади – долинные, на которые приходится около 48,9% площади всего

оледенения. Многим ледникам Кавказа свойствен сезонный характер колебания. В период аккумуляции конец ледника продвигается на несколько метров вниз по долине или склону, а в период абляции отступает вверх. За год величина отступания обычно превышает величину наступания. У некоторых ледников этого не наблюдается, что связано с отрицательным балансом их массы. Особенности в интенсивности деградации оледенения в разных частях Кавказа ученые связывают с различиями их географических условий. Основываясь на анализе работ о изменениях климата в конце XX и первой четверти XXI в., а также сведениях о режиме ледников и их деградации за последние 60 – 90 лет, высказано предположение: оледенение Кавказа с 1980 годов и до конца XX в. уменьшится на 5–10%; в течение первой четверти XXI в. площадь ледников останется той же, что и в конце XX века [3].

На территории Республики Северная Осетия-Алания в начале 2002 г. располагалось 233 ледника общей площадью 139,0 км², из которых 34,6% занимали площадь < 1,0 км². На задних стенках цирков и каров располагалось 98 висячих ледников, площадью 0,02 - 1,0 км² [4]. В десятилетия, предшествовавшие подвижкам 1902 и 1969 гг., масса ледника нарастала с ускорением. В период 1993–2002 гг. метеорологические условия не благоприятствовали накоплению ледником массы. В последнее перед 2002 г. десятилетие приход вещества на ледник составлял в среднем 1,39 млн. т/год. В

годы экстремального таяния 1998–2000 гг. шло не накопление, а убыль вещества. В 2002 г., после разгрузки ледника Колка в 1969 г., требовался период ~ 40 лет для накопления критической величины массы [5].

3. Исторические подвижки ледника Колка

3.1. Сход ледника в 1902 году

Сто лет назад произошло событие, которое получило название «Геналдонская катастрофа 1902 г.». Характер ранней подвижки был иной. Основное событие подвижки ледника произошло 3 июля, а 6 июля 1902 г. случился повторный обвал. Со стороны ледника Майли и ущелья Колка были слышны треск и сильный шум, после чего из ущелья Колка показался ледник громадных размеров. Жители в тот момент ожидали катастрофу и предпринимали меры для недопущения жертв. Объем ледового завала в августе 1902 г., по данным инструментальных измерений землемеров Терской областной чертежной, составлял 5 882 500 кубических сажен. В метрических единицах это соответствует 57 млн. м³. Архивные документы рассказывают о затоплении участков в районе села Гизель и станицы Архонской вследствие увеличения водности рек из-за таяния завала. В августе 1902 г. под руководством атамана станицы Архонской проводились гидротехнические мероприятия. Атаманом Сунженского отдела было выпущено предписание о переселении жителей станицы в безопасное место. Специалисты тех далеких времен грамотно описали топографическую привязку ледника

по отношению к географическому положению ледника Майли и соседних вершин гор. Изложенный в документах материал дает качественное и ясное представление о происходивших явлениях. Фрагменты документов (без изменений правописания) адекватно передают картину движения ледника и событий в 1902-1903 гг.

«Ущелье речки Генал-дон начинается в пределах снеговой линии главного Кавказского хребта, у подножия снеговых вершин Джемарай-хох и Тамбал Цити, где носит название ущелье «Колка». Это ущелье имеет северо-восточное направление, склоняясь более к востоку чем к северу, и определяется на юге северным склоном главного хребта с вершинами Джемарай-хох и Тамбал Цити, с которого в ущелье спускаются несколько глетчеров, с северной же стороны ущелье «Колка» ограничивается скалистым хребтом Хуцан-хох... обвалы ледников первоначально последовали с северного склона главного хребта, а затем с горы Джемарай-хох в описанное выше ущелье «Колки», из которого эти обвалившиеся ледники стремительно спустились вначале в восточном направлении по ущелью «Колки» и, пройдя чрез восточный узкий выход этого ущелья уничтожили находившийся близ этого места сооружения лечебного курорта источника Кармадон и встретив на этом направлении северную оконечность ледника Майли и потревожив отчасти этот ледник вся масса, обвалившихся ледников повернула на север по ущелью Генал-Дона и, стремительно несясь по этому, до-

вольню крутому в этом месте ущелью, остановилась против селения Верхний Тменикау, проследовав, приблизительно в восточном направлении по ущелью «Колка» около 4 верст и затем в северном направлении по ущелью «Генал-Дон» около 8–10 верст» [6. С. 396–397]. Суммарный материальный ущерб составил 12 757 рублей в ценах царской России 1902 года. По рапорту генерала С.Е. Толстова 3 и 6 июля 1902 г. погибло 36 человек.

3.2. Подвижки ледника в 1969-1970 гг.

Начиная с 1960-х годов, пульсирующие ледники стали предметом детальных исследований – сначала на Памире (катастрофическая подвижка с прорывом подпруженного озера в 1963 г.), а потом на Кавказе. В конце 1969 г. неожиданно тронулся ледник Колка, расположенный на северном склоне Казбек-Джимарайского массива в истоках р. Генал-дон (бассейн Терека). Движение по склону – естественное состояние ледника. По мнению ученых, когда от накопившейся избыточной массы превышен предел упругих деформаций, происходит импульсная подвижка ледникового "языка" и быстрая разгрузка (возможно и разрушение) всего тела. Ледник, которому свойственны резко выраженные колебания, приводящие к перестройке его режима и к изменению форм, без изменения общей массы, ученые называют пульсирующим. Главный признак ледника пульсирующего типа проявляется в увеличении скорости движения на несколько

порядков с перемещением массы из верхней зоны – вниз. После остановки, ледник тает на всем протяжении продвинувшейся части.

Отличительная особенность пульсирующих ледников – неустойчивость динамического режима, вызванная их строением, особенностями питания и характером стока, который чаще всего затруднен на всем протяжении, либо на определенном участке. Это вызывает в движущемся льду внутреннее напряжение и упругие деформации. В течение многих лет, наращивая массу до определенной критической величины, они задерживаются перед препятствием. Когда тормозящие силы не в состоянии противостоят сдвигающим силам, происходит резкая разрядка напряжения [7. С. 15-23].

После периода сокращения в 1920–30-е годы, в конце 40-х годов фронт ледника начал смещаться вниз со скоростями 20–30 м/год и за 1946–1956 гг. продвинулся на 210 м. С 1956 по 1969 г. поверхность языка ледника Колка повысилась на 20–25 м, в тыловой части ледника уровень льда достиг высоты левой береговой морены и появились серии трещин [7. С. 15-23]. Такие изменения языка ледника Колка не согласовывались с поведением других ледников. В 1969 г. произошла подвижка ледника Колка. Фронт ледника смещался со скоростью до 50 м/год. За 1967 г. ледник продвинулся на 160 м, а к июню 1969 г. – на 150 м. За три следующих месяца он прошел еще 80 м. Поверхность ледникового языка заметно поднялась, трещины образовывали трудно-

проходимые зоны. Выше головного участка на теле ледника появилось крупное вздутие поверхности. Переход в быстрое наступание произошел 28 сентября 1969 года. Язык ледника за шесть суток прошел 1300 м, достигнув края ледника Майли к 4 октября [6. С. 396–397]. Ледником перекрыло гребни морен. Сток реки с ледника нарушился, вода была насыщена взвешенным материалом. Ледник продвигался вниз со скоростью нескольких сотен метров в сутки, масса льда дробилась и перемешивалась. По фотоснимкам очевидцев установили, что предварительный выброс льда из ущелья Колки произошел до 4 октября. На дне долины, вблизи источников, осталась раздробленная масса льда объемом примерно 1 млн. м³. Наблюдателей в Верхнем Кармадоне в тот момент не оказалось.

Ледник двигался еще три месяца, с остановкой на две недели в конце октября. В начале ноября ледник Колка разрушил частично лед на языке ледника Майли. Масса раздробленного ледника, движущаяся вниз, заполнила верховье долины Геналдона и спустилась до отметки 2340 м. В ущелье ни на минуту не прекращались гул и треск. С конца сентября 1969 г. до 10 января 1970 г. ледник Колка увеличил свою длину на 4100 м. Продвинувшись за все время наступания на 4800 м, остановился против устья реки Белой, на отметке 1975 м над уровнем моря. Средняя скорость движения ледника составляла 20–50 м/сутки, а в отдельные периоды превышала 200 м/сутки. Фронт ледника сместился по высо-

те на 975 м вниз. Из прежнего ледника был вынесен объем льда порядка 75–80 млн. м³. После остановки фронта, язык ледника прекратил продвижение, но массы льда продолжали поступать к нему порциями. На протяжении 1970 года подача льда угасала. Суммарный объем льда, выброшенного в долину и осевшего в ущелье Колка, оценивается в 100–110 млн м³ [7. С. 15-23].

Подвижка ледника Колка в 1969/70 г. проходила в зимнее время и завершилась без катастрофы. Ледник, которому свойственны резко выраженные колебания, приводящие к перестройке его режима и к изменению форм, без изменения общей массы, ученые называют пульсирующим. Главный признак ледника пульсирующего типа проявляется в увеличении скорости движения на несколько порядков с перемещением массы из верхней зоны – вниз. После остановки, ледник тает на всем протяжении продвинувшейся части. По мнению ученых, когда от накопившейся избыточной массы превышает предел упругих деформаций, происходит импульсная подвижка ледникового "языка" и быстрая разгрузка (возможно и разрушение) всего тела. Отличительная особенность пульсирующих ледников – неустойчивость динамического режима, вызванная их строением, особенностями питания и характером стока, который затруднен на всем протяжении, либо на определенном участке. Это вызывает в движущемся льду внутреннее напряжение и упругие деформации. Нарастивая массу до определенной крити-

ческой величины, в течение многих лет они задерживаются перед препятствием. Когда тормозящие силы не в состоянии противостоять сдвигающим силам, происходит резкая разрядка напряжения [7. С. 15-23].

После подвижки 1969-1970 гг. ледник Колка стал объектом исследования гляциологов. С целью исследования подвижки ледника Колка, Институт географии АН СССР организовал экспедицию и в течение девяти лет (с 1969 по 1978 гг.) вел наблюдение за состоянием ледника и накоплением воды в его бассейне. Ручьи горячих источников и талых вод выходили по центральному тоннелю к руслу реки Геналдон. В 1977 году на поверхности льда открылась воронка диаметром около 10 м. Затем таяние вскрыло огромную полость глубиной 60–70 м с нависающей кровлей. Внутри оказалась сеть пустот и тоннелей с высотой сводов от 0,5 до 20 м [2. С. 39]. По мнению ученых, через толщу ледника Колка пробилось тепло горячих источников Верхнего Кармадона.

4. Непрогнозируемая глицальная катастрофа

Начиная с 1980 г., в регионе Северного Кавказа увеличивалась среднегодовая температура. Согласно данным Всемирной метеорологической организации, в 2002 г. она выросла на 0,42%. По официальным данным, в 2002 г. в России произошло 1040 чрезвычайных ситуаций. В них погибли 1900 человек, более 350 тыс. пострадали. Наиболее значительные потери принесли природные бедствия. В сравнении с 2001 г., общее количество чрезвычайных ситуаций в 2002 г. увеличилось на 24%. По мнению специалистов, рост их масштабов связан, прежде всего, с проявлениями глобальных изменений в климате.

Созревание ледника – длительный процесс, мгновенной угрозы он не представляет. Движение ледника по склону – естественное состояние. Надвигающуюся опасность можно определить по профилю, трещинам и толщине льда, осматривая ледники один раз в год, Землетрясения подвержено более 28-40% территории Большого Кавказа; что касается территории Северной Осетии, процент это составляет не менее 50%, так как землетрясения связываются главным образом с участками земной коры, в которых активно проявляются новейшие тектонические движения, а РСО-Алания –

область современного горообразования [8]. Автор признает, что сведения по землетрясениям территории Северной Осетии отрывочны, не систематизированы, постоянных наблюдений и настоящего изучения по ним еще нет.

Осенью 2002 года ничто не предвещало катастрофы. Заместитель заведующего отделом гляциологии Института географии Российской академии наук Н.И. Осокин отмечал: «До начала 90-х годов сотрудники Гидрометеослужбы регулярно проводили аэровизуальное наблюдение за многими ледниками Кавказа; затем финансирование сократилось, и вертолет стал недоступен» [9]. В 2002 году произошло то, что, по прогнозам гляциологов, могло произойти не раньше 2035-2040 годов. В девятом часу вечера 20 сентября, в 15 км южнее села Кармадон вниз по течению реки Геналдон сошел ледник Колка. Масса, состоящая из льда, воды и камней, двигалась от верховьев долины р. Геналдон, вырывая со склонов лес и рыхлые отложения до высоты 100 м, на протяжении всего пути. Подвижная масса застопорилась перед входом в сужающуюся часть Скалистого хребта. Длина завала в Кармадонской котловине, на высоте 1200-1300 м от уровня моря, составляла около 4 км. Толщина завала в среднем 60 м, во фронтальной части – 115 м; объем – 115 млн м³. В тыловой части завала, масса льда была заброшена на высоту 50 м над рекой [10]. Ориентировочно 5-10 млн. м³ воды перемещалось с массивом. Ничего подобного на Кавказе ранее не наблюдалось. При движении ледовой массы

образовался селевой поток протяженностью 16,5 км, толщиной до 10 м, шириной около 50 м, объемом 10–12 млн. м³, который остановился в 6 км южнее населенного пункта (н. п.) Гизель. Льдом и камнями было завалено примерно 30 км ущелья. Свыше сотни людей значатся пропавшими без вести. В их числе съемочная группа (27 чел.) Сергея Бодрова. Неизвестна судьба нескольких альпинистов, пастухов и пограничников. В результате стихийного бедствия были полностью разрушены нежилой корпус санатория "Кармадон", базы отдыха, ЛЭП-110 кВ протяженностью 1,5 км, строящаяся ветка газопровода, очистные сооружения санатория "Кармадон", скважины водозабора минеральных источников с накопительными емкостями. Блокированы н. п. Майрам, Кани, Старая Саниба, Кобан и Тменикау.

Леднику свойственна определенная скорость вещественного обмена. Изменение структуры ледника и перемещение его массы из цирка на полтора десятка километров в течение нескольких минут – аномальное явление в горной гляциологии. В расследовании Геналдонской катастрофы основная роль отводилась сотрудникам Росгидромета и Минприроды, на которых был возложен мониторинг обстановки горных районов России. Вывод экспертов стал известен 23 сентября: причина катастрофы – внезапное обрушение с Казбек-Джигмарайского высокогорного плато висячего ледника, выбившего Колку из ложа. Жителям Северной Осетии об этом сообщил на следующий день заместитель начальника респуб-

ликанского Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды А.П. Полквой [11]. Версия обвала небольших ледников на ложе цирка была признана специалистами МЧС основной и стала официальным заключением комиссии о причине катастрофы. К концу октября 2002 г. такую оценку события признавало подавляющее число людей, причастных к оперативному изучению ледника.

Ряд авторов отмечает, что в последние годы до катастрофы постоянного наблюдения за ледником не велось. Уменьшилось количество гидрометеорологических станций. Гидрометеорологи этот ледник посещали не каждый год. Заместитель заведующего отделом гляциологии Института географии Российской академии наук Н.И. Осокин отмечал [9]: «До начала 90-х годов сотрудники Гидрометеослужбы регулярно проводили аэровизуальное наблюдение за многими ледниками Кавказа; затем финансирование сократилось, и вертолет стал недоступен». По характеру подвижек в 1902 г. и 1969–1970 годах ледник описали как пульсирующий. повторение пульсации ожидалось через ~70 лет. Событие, по прогнозам гляциологов, могло произойти не раньше 2035-2040 годов.. Ничто не предвещало катастрофы. Явление, произошедшее осенью 2002 г., оказалось неожиданным для специалистов и выходило за рамки сложившихся представлений. По мнению ученых, ошибка в прогнозе движения – результат не соблюдения регламента осмотров ледника Колка.

По словам ведущего гляциолога Северокавказского управления гидрометеорологии Ю. Ильичева, причина аномально сброса кроется в землетрясении на Черноморском побережье Кавказа, зафиксированном 8 сентября 2002 года. С мнением коллеги согласился А. Полквой [12]. Объясняя случившееся происшествие, исследователи исходят из разных природных процессов. В академических кругах не существует консенсуса о причинах скоротечного выноса ледника Колка 20.09.2002 г. в Геналдонское ущелье. Причины катастрофы объединяют, обычно, в 3 категории: сейсмическая, вулканическая и метеорологическая. Некоторые склонны считать, что в сходе ледника принимали участие все три механизма.

5. Формирование обломочного материала после схода ледника Колка

На аэрофотоснимках долины хорошо просматривается ледовое тело, состоящее из последовательных порций, с выраженными контактами между ними. Начальная стадия высокоскоростного потока была сформирована из ледово-каменных масс обрушения, после их падения на головную часть ледника Колка [13]. Поток занимал всю ширину поверхности ледника, Нагромождение масс, сошедших в Геналдонское ущелье, представляло картину закономерного распределения вещества с четким выделением фаз его аккумуляции. Масса состояла в основном из ледовой составляющей с содержанием скальных пород типичных обрушения. Авторы выделяют в нем три фазы: Геналдонская, Канинская и Санибанская. Геналдонская – начальная, фронтальная фаза накоплений. Она тянется узкой полосой вдоль правого склона долины Геналдона – Кауридона до Кармадонских ворот. Начальная фаза сформирована высокоскоростным потоком, несущего ледяные глыбы (0,1 – 2,0 м) и крупного щебенисто-глыбового (0,3 – 0,5 м) заполнителя [13]. По мнению авторов, эта стадия потока первой достигла котловины и, частично разгрузившись на повороте у села Генал, за-

полнила часть правой стороны долины вдоль юго-Западного склона Скалистого хребта до Кармадонских ворот. Сформированная фаза на аэроснимках имеет светло-серый фототон массы.

Канинская – основная, центральная фаза накоплений, расположена рядом с селом Кани. Она сложена, преимущественно, крупноблоковым льдом (5 – 10 м в поперечнике). Заполняет центральную часть и западную половину котловины, проникает вдоль левого борта до Кармадонских ворот. Частично перекрывает накопления Генальской фазы. В результате перемещения ледовых масс вдоль левого борта Кармадонской котловины и их подпора образовалась продольная выпуклость вплоть до кармадонских ворот, где она резко выражена. Отсутствие подпора по всему фронту перед Кармадонскими воротами, что должно было иметь место при единовременном выбросе масс в долину Геналдона, подтверждает стадийный характер накоплений вдоль зауженной части котловины. Высказано предположение, что центральная фаза соответствует основной стадии эвакуации ледника Колка из ложа.

Санибанская – финальная, тыловая фаза накоплений. Она завершает формирование окончательного тела, когда Кармадонская котловина практически вся была заполнена предыдущими накоплениями. Санибанская фаза образована материалами хвостовой части потока [13]. Торосы и наличие ярко выраженного пограничного шва с подстилающими накоп-

лениями Канинской фазы, свидетельствуют о наличии временного перерыва перед приходом новой порции в котловину. На основании исследований учеными сделаны определенные выводы. Некоторые из них.

1. На северном склоне Казбекско-Джигарайского массива в зоне обрушения висячего ледника ледово-каменные массы не только сформировали ударную воронку в тыловой части ледника Колка, но частично были переброшены за гребень левобережной боковой марены.

2. В зоне деструкции ледника Колка обосновано наличие двух основных фаз выброса ледово-каменных масс, приведшей к эвакуации большей части ледника Колка из ложа.

3. Ниже по течению от места слияния р Колка и р. Майли, начальная и основная фаза потока перемещались одновременно.

Над ледниками Колка и Майли, в сечении перпендикулярном вектору перемещения, поток имел плоскую форму «с максимальным его выкатом на правый борт долины и фронтальную часть ледника Майли». Вдоль пути транзита в долине Колки сформировались аномальные «заплески» ледово-каменного материала на склоны левого и правого бортов. В одном поперечном сечении потока выявлена ассиметричная высота захвата склона противоположных бортов. Разница высоты подъема составляла 20, 50, 150 и более метров.

6. Версии ученых о причинах катастрофического схода ледника в 2002 году

Быстротечность и динамика развития события 20.09.2002 г. до конца невыяснены и сегодня. Изменение структуры ледника и перемещение его массы из цирка на полтора десятка километров в течение нескольких минут – аномальное явление в горной гляциологии. В академических кругах не сложился консенсус о причинах скоротечного выброса ледника в Геналдонское ущелье. О процессах подготовки ледника Колка к катастрофе ученые больше гадают, предлагая различные варианты. Объясняя случившееся происшествие, исследователи исходят из разных природных процессов. Обычно, причины катастроф объединяют в 3 категории: сейсмическая, вулканическая и метеорологическая. Некоторые эксперты склонны считать, что в сходе ледника принимали участие все три механизма.

Официальную версию трагедии поддерживает Черноморец С.С, научный сотрудник географического факультета МГУ, который связывает сход ледника с обвалами висячих ледников: «В результате внезапного и непредвиденного обвала со скалы на горе Джимара сорвалась глыба льда. Она упала на ледник Колка, в результате чего большая часть его

фирново-ледового тела соскользнула с ложа и двинулась по ущелью со скоростью более 200 км/ч, захватывая за собой камни. Этот поток накрыл Кармадонское ущелье» [14].

Вывод экспертов от 23.09.2002 г.: причина катастрофы – внезапное обрушение висячего ледника с горы Джимарай-хох, выбившего Колку из ложа. В публикации [6. С. 257] называют возможные причины выброса ледника:

- 1) обрушение на ледник каменно-ледяной массы со стены массива Джимарай-хох в результате землетрясения;
- 2) метеорологические условия;
- 3) подвижка ледника Колка;
- 4) подледниковый оползень;
- 5) вулканический (газовый) удар в верховьях ледника;
- 6) гидравлический удар, глиссирующий механизм формирования ледово-водно-каменного селя.

Специалист по ледникам, руководитель лаборатории дистанционного зондирования Земли из космоса, Института географии РАН Десинов Л.В. в числе первых экспертов МЧС участвовал в облете ледника после его схода. Ученый отрицает официальную версию трагедии, связанную с обрушением висячих ледников на Колку. По его версии подвижка Колки протекала в 3 этапа. Вначале ледник пришел в ускоренное движение 13 сентября, наступая со скоростью несколько сотен метров в сутки. Второй этап начался 16 сентября. В этот день произошло землетрясение, а местные жители отмечали очень сильные грохочущие звуки, доносив-

шиеся из верховий. Третий этап начал развиваться в ночь на 20 сентября: «В это время примерно в двух км от ледника Колка и севернее него, за гребнем левого борта ледника, примерно на одном уровне с его поверхностью остановились на отдых 3 человека: Александр Цирахов – житель поселка Джимара с товарищами. По сведениям А. Цирахова, около 2 часов они были разбужены очень сильным толчком снизу. Около 1 минуты земля содрогалась. Был слышен сильный гул. Полагая, что произошло сильное землетрясение, надеясь на спасение людей, вернулись в поселок. Они обнаружили безмятежно спящих людей, не ощутивших толчка [11]. Что же это могло быть? Ученый утверждает, что решающая роль в катастрофическом характере последней подвижки ледника Колка, принадлежит воде. Событие связано с газо-гидравлическим ударом со стороны тыла ледника Колка. Его вызвала вода, нагретая в фумарольной зоне ложа, и смешанная с газами. При первоначальной толщине ледник удерживал давление воды и газов. Потеряв часть внешнего слоя льда толщиной 25-30 м «ледник не выдержал давления воды снизу и был практически взорван в самом тылу». К началу 20 сентября фронтальная часть с трудом протискивалась в крутой и глубокий поворот ущелья. Подвижки была заторможена. Головной части ледника предстояло добрать большую порцию вещества. По мнению ученого [11], жидкая фаза во льду изменяется под влиянием 3 основных факторов: повышения давления и концентрации солей и притока тепла. Все

эти факторы присутствовали на леднике Колка летом 2002 г. Процесс схода ледника 20 сентября 2002 г. ученый видит в следующей очередности. Подвижка ледника началась 28 августа 2002 г., а кульминация произошла в период с 13 по 20 сентября 2002 г. в три этапа. Своеобразным спусковым механизмом катастрофы стал газо-гидравлический удар снизу в тыловой зоне ледника, произошедший в предрассветный час 20 сентября. Ледник начал наступать из-за поворота долины, как в 1902 и 1969 году. На прямолинейном участке долины скорость движения селя достигала 140 км/час. Катастрофа вызвана неустойчивостью пульсирующего ледника Колка, пришедшего в состояние режима динамической подвижности в результате наложения нескольких факторов: повышенной сейсмической активности; увеличении нагрева отдельных участков правого борта, газовыделение фумарол и таяние льда под влиянием вулкана Казбек; приход значительного количества воды с атмосферными осадками. Важным результатом наблюдений правого борта ледника стало фиксирование влажных пятен в зоне обрушения и нескольких потоков воды, стекавших по склону, чего ранее не отмечалось. В поисках тепловых проявлений сотрудники РАН в начале сентября 2003 г. выполнили сканирование всего правого борта ледника Колка. Применялся прибор шведской фирмы AGA, зондирующий в спектральном диапазоне около 14 мкм. Он достаточно точно фиксирует температурные контрасты. Слабость гипотезы Л. Десинова о причинах схода

ледника, содержится в высказывании: «Однако наши усилия ни к чему не привели: склон остыл и приобрел практически равную температуру в равновысоких поясах» [11]. Упорство Л. Десинова, продолжающего настаивать на тепловых проявлениях в тыловой зоне ледника летом и осенью 2002 г., достойно похвалы. Однако он не может объяснить, почему инструментальными замерами в 2003 г. в зоне аккумуляции ледника не обнаружено температурных отличий.

Сотрудникам географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова стали доступны фотоснимки места происхождения, полученные сканером Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) с борта американского спутника Landsat 7. Съёмка проводилась с одной и той же орбиты в 11 часов 31 минуту утра по местному времени (8 часов 31 минуту по Гринвичу). Использовались снимки Landsat 7 ETM+ от 16 октября 2000 г. и 2 июля 2002 г., снимки Terra ASTER от 22 июля и 3 октября 2001 г., 18 июля 2002 г., 6 октября 2002 г. и другие. Анализировались снимки со спутника QuickBird от 25 сентября 2002 г. Съёмка со спутника Landsat 7 велась вертикально, а со спутника QuickBird – с наклоном (18 градусов от надира). По космическим снимкам коллектив ученых провел анализ состояния поверхности ледника Колка за несколько часов до его схода. На основе дешифрирования снимков учеными [15] были сделаны выводы: фронт Колки оставался почти стационарным до момента катастрофы; признаков о начале движения ледника вниз по долине (вздутие

лба ледника, образование зон трещин и т. п.) не было выявлено; изменения в языковой части Колки между 19 августа и 20 сентября отсутствуют; по состоянию на утро 20 сентября значительного продвижения фронта Колки вперед не обнаружено. Ученые не исключили незначительного продвижения (до 50 м) фронта ледника перед катастрофой. В статье утверждается: крупные скальные и ледовые обвалы начались в период между 28 июля и 19 августа 2002 г.; к 20 сентября обвалы висячих ледников на Колку практически завершились.

К утру 20 сентября 2002 г. на поверхности Колки находился основной объем обвального материала, поступившего на ледник до катастрофы. На снимке 20 сентября зафиксирован крупный обвал, лежащий поверх свежего снега, площадью $0,17 \pm 0,02$ км². Сопоставление серии космических снимков склонило исследователей к мнению, что к утру 20 сентября произошло образование разлома, отделяющего полую часть ледника от его правых притоков. Разлом обозначен двумя линиями ледяных обрывов длиной около 300 и 250 м. На снимке 19 августа обрывы не прослеживаются. Предположили, что они образовались из-за проседания поверхности ледника под воздействием обвалов. Опираясь на результаты своих исследований, ученые построили гипотезу развития катастрофы: «... в тыловой части ледника по состоянию на утро 20 сентября находился участок активизации, в ходе катастрофы лед был выброшен. Почему это могло про-

изойти? Обвалы били в юго-западный угол ледника. Один из таких обвалов вечером 20 сентября 2002 г. мог послужить импульсом к началу катастрофы. Он ударил в нестабильный ледяной массив и сдвинул его вниз по долине. Выброс тыловой части ледника Колка привел к нарушению устойчивости его языка. В результате большая часть ледника покинула вместилище в цирке Колка и начала быстрое движение вниз по долине» [15]. По мнению авторов публикации, в 2002 г. подвижка ледника Колка не была его очередной пульсацией. Ученые убеждены, что космические снимки Landsat 7 ETM+ от 19 августа, 4 и 20 сентября 2002 г. позволили им правильно оценить, что происходило в цирке Колка за недели и считанные часы до катастрофы. Ученые не объясняют, почему после схода в ложе не осталось льда. В гипотезе не находят отражения: процесс образования и накопления миллионов кубометров воды под ледником; резкое изменение минерального состава вещества во льду, снеге, источниках, озерах; образование паров и газов в цирке после схода ледника. Теория удара и продвижения ледника предложена без каких-либо грубых расчетов, подтверждающих возможность механического разрушения объемного ледяного тела, преодоление сцепления с ложем на площади $S > 3,36 \text{ км}^2$. Развитие событий не увязано со временем инструментальных замеров на сейсмических станциях. Дешифрирование космических снимков выполнено достаточно тенденциозно. Утром 20 августа 2002 г. все склоны и ледник полностью

покрыты снегом, за исключением полосы, принятый авторами за крупный обвал у подножия горы площадью $0,17 \text{ км}^2$. На снимке нет ни одной обнаженной стены, от которой могла отделиться порода, и нет следов обрушений. Сравнивая снимки 20 августа 2002 г. и 6 октября 2002 г., можно увидеть подобие между контурами днища ложа, проступающего через молодой лед, и формой, принятую за "крупный обвал". Вероятно, на снимке 20 августа 2002 г. мы наблюдаем выпавший снег, который растаял в воде. Темная полоса по падению ледника и слева у борта – это вода, светлая полоса – не растаявший снег. После схода ледника, у подножья Джимарай-хох, остался крупный массив льда в виде двух «ступеней» [2. С. 71]. Обвалы горной породы продолжали поступать в эту зону в течение года после катастрофы. В исследованиях многих авторов указано (и доказано), что массового разового обрушения в день катастрофы не происходило.

Внешние признаки готовности пульсирующего ледника к подвижке были ярко выражены на Колке в 1902 и в 1969 годах. Продвижение фронта начиналось и продолжалось в течение нескольких месяцев. В труде [2. С. 114] ученые обращают внимание на не типичный сход ледника в 2002 году. В развитии Кармадонской трагедии исследователи отмечают некоторые особенности: катастрофа не была очередной «закономерной» подвижкой пульсирующего ледника Колка; активизация глубинных процессов в недрах «спящего» вулкана привела к образованию близкой к поверхности магма-

тической камеры, повышению давления и температуры газов под ледником. Большие объемы воды сыграли решающую роль в отрыве всей массы ледника целиком от ложа и дальности выброса вниз по долине на 16 км. Длительные обвалы и перегрузка тыловой части ледника Колка материалом привели к нарастанию давления в подледных горизонтах [2. С. 176]. Предполагается, что непосредственной причиной стремительного выброса ледника стал взрыв газов, достигших критического давления.

В работе [16] причину аварийного схода ледника видят в целой серии ударов обвальных масс в тыловую часть Колки. По мнению ученых, происходило накапливание объема разрушающегося льда и горных пород. Ученые считают, что удар от крупного обвала горных пород способен пробивать толщу ледника, генерировать мощнейшие колебания скального ложа, вызывать в его теле акустические волны и термобарические процессы. По мере возрастания количества воды, нарушается устойчивость ледника, приводится в движение ледово-водо-каменная масса в виде селевого потока. В тыловую часть ледника при обвалах поступает огромная порция энергии, которая вызывает кардинальную перестройку всего ледникового тела. Удары преобразуют массив льда и формируют в тыловой части ледника в ограниченных объемах селевой очаг и пористый слой дробленого льда в ложе цирка. Аккумуляция энергии предопределяет возникновение и развитие двух основных взаимодействующих струк-

тур перед срывом Колки – импактного (ударного) селевого очага и пористого слоя льда. Серия тектонических импульсов привела к частичному обвалу висячих ледников и крупному отрыву горных пород от массива. По сценарию, изложенному в гипотезе, формирование очага началось после 2 часов ночи 29 июля 2002 г. с момента обвала и удара массы до 7 млн. тонн по тыловой части ледника, где пересекаются два крупных тектонических разлома. Лед слабо препятствовал внедрению обвального тела в толщу ледника. При сверхвысоких давлениях (до 100 тыс. МПа), возникающих в момент удара обвальных масс о поверхность ледника, лед практически мгновенно переходит в жидкокристаллическое состояние. Внедряясь в толщу ледника, тело обвала взаимодействует со льдом в ложе ледника, замедляет движение. Спустя 2–4 с после своего падения, массы останавливаются и образуют «выпуклые лопастевидные тела, приподнимающие собой поверхность ледника». Избыточное давление, сопровождаемое сильными тепловыми эффектами, приводит к перегреву обвального материала. Перегретые слои горной породы, представляющие собой плотную пульпу, содержат включения воды. Согласно суждению авторов, внутреннее давление во внешних (холодных) слоях обвального тела быстро понижается, что приводит к "холодному" кипению внутриледниковой смеси. Участки ледника, примыкающих к месту крупного обвала, приподнимаются, образуют системы радиальных и поперечных трещин. По расчетам авторов

[16] из-за крупных обвалов энергетический потенциал очага возрастал, к 20 сентября 2002 г. он достиг почти 500 млн. МДж.

Гипотеза активизации в тыловой части Колки селевого очага неустойчивости предполагает лавинообразное разрушение льда при прохождении ударных упругих волн по ложу и телу ледника. От колебаний скального основания дробится поверхность ледника. Лед, залегающий на скальном ложе, превращался в пористые слои. Объем пористого слоя перед срывом ледника составил 35 млн. м³, а объем аккумулярованной в порах воды 5 млн. м³. Авторы статьи пришли к нескольким неочевидным выводам: в результате удара крупного обвала горных пород и льда с энергией до 70-100 млн. МДж в конце июля 2002 г., в тыловой части ледника Колка произошло зарождение импактного очага неустойчивости; развитие неустойчивости формировалось скачками. Рост энергетического потенциала очага происходил в течение 50 дней и сопровождался прохождением волн напряжений внутри тела ледника и по его ложу. При импактах энергия сферических волн поглощалась телом ледника, во льду возникал пористый слой. Объем дробленого льда (20 – 40 млн. м³), насыщенного водой, занимал слой толщиной 10 – 50 м. Мощные удары по тыловой части Колки развили селевой очаг, оказали воздействие на перестройку структуры ледника и сформировали на ложе цирка условия (в виде та-

лых вод и пористого слоя) для катастрофического транзита ледниковой массы. Авторы гипотезы неубедительно сформулировали причину схода ледника Колка, поскольку даже сильное землетрясение не может гарантировать обвал крупного объема горных пород. Серия мелких толчков, разделенных короткими временными интервалами, способна выделить нужное количество энергии на участках сходящихся разломов, но сеть региональных сейсмических станций таковых не зарегистрировала. Сейсмические толчки в районе ледника Колка были зафиксированы 21 марта, 23 апреля, 2 и 4 июня, 14 июля (три толчка в этот день), но по данным местных наблюдений крупных обвалов не было.

Академик Садовский представлял Землю открытой, многокомпонентной системой, способной воспринимать и перерабатывать (транспортировать и трансформировать) поступающую в нее извне энергию. Согласно утверждениям ученого, такими свойствами обладают составляющие ее подсистемы: литосфера, земная кора, горная порода и отдельные ее блоки [17]. В работе подчеркивалось, что внешние источники энергии, такие как Солнце, поле тяготения, а для подсистем – тепловой поток из недр, тектонические движения и подобные им, за обозримые промежутки времени практически не меняются. Постоянство потока энергии, поступающего на Землю, является причиной того, что свойства системы Земля и составляющей ее горной породы для нас практически не меняются при всех протекающих в них процес-

сах. Описанный механизм автор относит к самоорганизации системы. Ученый предполагает, что широкому классу природных и техногенных процессов свойственна «автомодельность». Он предложил свое виденье закономерностей после того, когда они прошли испытания на модели. Садовский описывает, благодаря каким наблюдениям существуют вполне определенные эмпирические зависимости между процессом подготовки горного массива к землетрясению и признаками, предшествующими этому явлению.

Закономерности, полученные М. Садовским для глубоко залегающих горных пород и случаев проявления землетрясения, Ученые в [16] использовали работу М.А. Садовского, установившего эмпирические зависимости между характерным временем процессов (t , год), их энергией (E , эрг) и размерами очага землетрясения (L , см), и применили к леднику, расположенному на поверхности земли. В гипотезе утверждается, что за счет обвалов в очаге аккумуляции все время поддерживалось состояние, способное выделить энергию и совершить механическую работу по перемещению отделенных друг от друга частей ледника. По расчетам ученых размер очага выброса энергии достигает в поперечнике примерно 1 км, время пребывания его в активном состоянии около 70 дней. Вертикальное давление ледника на ложе обусловлено деформацией льда, противодействие – обусловлено деформацией горных пород цирка. С увеличением толщины ледника растет сила давления на ложе и напряжен-

ность внутри массива. До тех пор пока эти изменения происходят в интервале предела упругих деформаций – система находится в равновесии, в этом нет какого-либо откровения.

Гипотеза о импактном селевом очаге, возникшего в тыловой части ледника Колка, постулирует мгновенный переход льда в жидкокристаллическое состояние на значительных площадях и на всю толщу ледника. Моделью при этом предусматривается создание пористого льда в днище цирка и по поверхности ледника. Выдвигается требование к удержанию воды и накоплению кинетической энергии от обвалов породы, в покрытом трещинами леднике. Толщина льда по оси ледника Колка достигала 90–140 м. По физико-механической характеристике льда можно проводить оценку напряженно-деформированного состояния ледяного покрова. Учтем, что поверхность ледника покрыта панцирем из породы, смерзшейся со льдом, который перераспределяет давление, возникшее при ударе, на массив большой площади. При этом он оказывает сопротивление механическому проникновению упавшей горной массы к ложу цирка. К факторам, не учтенным авторами, относим: косо́й удар обвала по склону, имеющему угол $> 30^\circ$, сопротивление воды и льда движению породы, затраты энергии на разрушение прочного каменно-ледового панциря ледника и рассеивание энергии при упругих деформациях.

Горные породы земной коры подвержены воздействию тектонических сил. Природные землетрясения происходят

при разрушении целостности напластований горных пород от перенапряжений. Накопленная в массиве энергия упругих деформаций быстро высвобождается. В момент разрыва горная порода приходит в движение, возникают колебания. Они продолжаются до тех пор, пока массив не перейдет в новое устойчивое объемное напряженное состояние. При всем желании не найти подобия в механизме, вызывающего разгрузку напряжений в подземном массиве и в плоском леднике, лежащем на поверхности земли. Закономерность мгновенного изменения структуры льда и аккумуляирования энергии в леднике, с последующим взрывным высвобождением, не подкреплена ни практикой наблюдения за ледниками, ни опытной проверкой образцов из ледников на механические испытания по методике М. Садовского.

Модель с отделением от скалы монолитного массива, расчленение им льда толщиной 100 м, с последующим ударом в породы дна цирка, не представляется реальной. Перенос сценария автомодельности М. Садовского на ледниковый массив Колки был не продуктивной идеей. Авторы [16] проигнорировали различия в действии статических механических нагрузок на горные породы залегающих под землей и реакцию на ударные нагрузки породно-ледникового панциря, лежащего на поверхности земли. Сомнительный вариант, требует наличия явлений, не существующих в природе, таких как мгновенный фазовый переход льда в воду. Маловероятно и длительное удержание накопившейся воды в ледни-

ке, из которого постоянно течет речка. О накоплении и сбросе воды из под ледника Колка говорит сход селя 28.08.2002 г., когда из цирка «... водно грязевой поток выбросил куски льда до створа Белой речки» [2. С. 61]. Обращаем внимание на то, что выносился не пористый лед. В публикации [18] описывают обстановку накануне катастрофы и указывают на важные детали: «... в начале сентября отмечена высокая активность обвальных процессов на склонах г. Джимарай-хох; грохот обвалов слышался практически непрерывно, в верхней части ледника Колка наблюдался крупный конус выноса, сложенный обломочным материалом; у края ледника Колка образовались три небольших озера; по каньону, в котором идет сток с ледника Колка, сходили сели». Можно сделать вывод, что внутри ледника энергия не накапливалась, ее избытки преобразовывались в таяние ледника и стекали наружу по уклону.

Иную точку зрения о происшествии высказывают в работе [19]. Одну из главных причин неожиданного выброса пульсирующего ледника Колка называют активизацию вулканогенных проявлений в недрах массива вулкана Казбек. По мнению ученых, аналогичные процессы выявлены в районе Эльбруса, их изучают геологи Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ).

В работе [20] автор доказывает аналогию между вулканно-тектонической активностью и поступлением к дневной

поверхности большого количества газов, в состав которых входят в разных пропорциях CO_2 и H_2S . Похожие явления сопровождали поступления газов в окружающую среду во время геотермальных извержений в кратерных озерах (Камеруна, Индонезии). Описание очевидцев тех событий и ощущения, близки к наблюдавшимся эффектам, сопровождавшим обвал ледника Колка в 1902 году. Камчатский ученый предполагает: «... все это свидетельствует о возможности взрывной активности под ледником, что, в свою очередь, генетически связано с динамикой ледникового тела». По его мнению, связанные с глубинными разломами термальные источники в верховьях реки Геналдон, группируют три очага разгрузки. Источники Колки расположены в боковой морене ледника Майли, в 850 м к югу от Верхне-Кармадонской группы. Содержание углекислого газа в воде достигает 1100 мг/л. Воды углекислые, хлоридно-гидро-карбонатные, натриевые с температурой от 8 до 12°C и минерализацией от 2980 до 4860 мг/л. По температуре их нельзя отнести к термальным водам, но по макрокомпонентному составу они очень близки к Верхне-кармадонским источникам. Группа Верхне-Кармадонских источников расположена к северу от ледника Майли, наиболее изучена в этом районе и наблюдается с 1878 года. Температура воды на выходе меняется от 20 до 60°C, а минерализация – от 1,97 до 10,3 г/л. Содержание борной кислоты доходит до 300 мг/л, кремневой – до 80 мг/л. Содержание свободной углекислоты не превышает 600 мг/л.

л. Муравьев предполагает: минеральные воды, имеют единый источник формирования температурного режима – гидротермальный резервуар, отличаются лишь приповерхностными условиями разгрузки. Геохимические причины он связывает с активными поствулканическими процессами, происходящими в недрах Казбекско-Джимарайского вулканического массива, эманации которых поступают по разлому, вскрытому глубоким ущельем Колки. Развивая свою гипотезу, он предложил следующую схему подвижек-обрушений ледника Колка. Обвалами висячих ледников, объем которых в начале движения может достигать миллионы кубических метров, начинается создание условий для выбросов ледника. При перепаде высот на этом участке склона ~ 900–1000 м и угле падения 40° , скорость ледяной лавины на выходе к пологой части ледника Колка на дне ущелья может превышать 75–80 м/с. Тело ледника при такой скорости быстро насыщается воздухом и превращается в водно-газовую пульпу, несущую фирново-ледяные и каменно-обломочные включения. Ученый предполагает, что лавина прокатилась по леднику, вызвав многочисленные сотрясения в его теле, которые способствовали резкому уменьшению силы трения на большой площади ложа («отлипанию») [20]. Лавина пересекла ледник Майли, захлестнула правый борт долины и, повернув в прямое русло реки Геналдон, в течение 3.5–4 минут преодолела 14 км, достигла поселка Нижний Кармадон, где сломала опору ЛЭП.

Геохимические аномалии Муравьев объясняет тем, что тыльный участок цирка Колки располагается над трещиноватой зоной глубинного разлома широтного направления. Огромная глубина эрозионного вреза вскрывает кровлю гидротермальной системы, имеющей в качестве источника тепла одну из неинтрузий горы Джимарай–Хох или магматический очаг вулкана Казбек. По мнению ученого, в процессах катастрофического обрушения ледника Колка участвовало геотермальное извержение (взрывообразное расширение газов во льду). Извержение произошло после достижения ледником толщины, достаточной для накопления газов во вмещающих породах ложа. В результате существенных изменений давления и температуры на границе с гидротермальным резервуаром, газ может взрывообразно расшириться или обильно дегазировать при быстром разрушении ледяной «крышки» и внезапном сбросе давления. Согласно гипотезе, извержение может происходить после достижения ледником толщины, достаточной для накопления газов во вмещающих породах на ложе. Если к идее, высказанной в работе [20], подойти строго научно, то автор выдает желаемое за действительное. Причины, по которой газы могли бы подняться и скопиться в ложе под ледником до события, он не указывает. Натурные измерения на местности через год после схода ледника показали, что в ложе цирка газы не выделяются.

В заметке [21] сообщается: «Ученые выяснили, что при-

чиной схода ледника Колка 20 сентября 2002 года, приведшего к гибели 134 человек, стал газовый выброс из спящего вулкана Казбек». В статье [22] автор изложил модифицированную версию разрушения ледника давлением газов и быстрый транзит конгломерата по ущелью. Он считает, что причиной резкого усиления интенсивности обвалов на ледник были не региональные, а локальные геологические процессы, происходившие в непосредственной близости. Потому что по северо-восточным склонам горы Джикарай-Хох и ее отрогам проходит протяженный субмеридиональный разлом. Интенсификацию процессов трещинообразования и разрушения горных пород в поверхностной зоне, он связывает с давлением высоконапорных глубинных поствулканических газов, при восходящей струйной миграции к земной поверхности, особенно в цирке. По оценке академика РАЕН Бергера М.Г.: «... катастрофа на леднике Колка представляла собой взрывоподобный внезапный газодинамический выброс ледника со всеми характерными именно для такого выброса весьма специфическими особенностями». Согласно размышлениям ученого, высоконапорное давление газов приводит к трещинообразованию, разрушению горных пород в поверхностной зоне и прорыву (выходу) газов на поверхность; началу свободного истечения в атмосферу и снижению интенсивности выделения газов. Обязательное условие подготовки газодинамического выброса – отсутствие на леднике заметных выделений газов. Если бы

такой пробой имел место, то это содействовало бы дегазации подледного пространства ледника Колка [23]. По мнению автора публикации, накапливаемая вода в леднике не является причиной катастрофы. Подвергая гипотезу о пробивании ледника обвалами, критике, М. Бергер правомерно сравнивает факты реальных обвалов на Колке с обвалами на других ледниках, где пульсаций не возникало.

Для большей убедительности М. Бергер приводит высказывание крупнейших специалистов в области геофлюидодинамики (У. Файфа, Н. Прайса и А. Томпсона), отмечавших, что поступающие с глубин флюиды «должны фактически пробивать себе дорогу наверх, приподнимая породы и создавая трещины гидравлического разрыва, которые должны либо достигать земной поверхности, либо ограничиваться другим непроницаемым барьером». Профессор М. Бергер считает, что после обвалов с горы Джимарай-хох и ее отрогов во второй половине августа, 1-го сентября или немногим ранее произошел прорыв поствулканических газов на дневную поверхность. Подтверждение идее он находит в статье Л.В. Десинова "Пульсация ледника Колка в 2002 году". Ссылаясь на нее, пишет: «Во всяком случае, на снимке, сделанном 1-го сентября, высоко в зоне обвалов уже видны газовые проявления» [24]. По мнению М. Бергера, под ледником Колка, в узле пересечения разломов, в наиболее приподнятой тыльной зоне расположен основной газоподводящий канал. Проникшие под большим напором в подледное пространство по-

ствулканические газы, формируют пластовую залежь, давление в которой последовательно возрастает. При значительном возрастании газового давления под ледником с некоторого времени начинается отжим ледника от его субстрата, прежде всего в тыльной части. В изложенной гипотезе, нет объяснения причины стремительного появления газового канала до схода ледника и исчезновение его из цирка после. Предположение о канале, подводящем газ под ледник в тыльную зону, и развитие высокого давления скопленными газами маловероятно, т. к. после схода ледника выходы газов в ложе цирка не наблюдали.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.