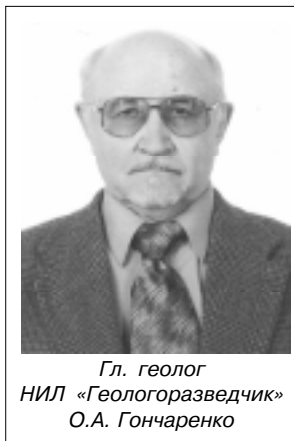


# Динамика и стадийность развития Геналдонского ледово-каменного потока на основе дистанционного анализа

М.Ю. Никитин, О.А. Гончаренко, И.В. Галушкин



Горные территории Северного Кавказа характеризуются резкой расчлененностью рельефа и широким развитием экзогенных геологических процессов, проходящих на фоне высокой геодинамической активности региона.

20 сентября 2002 г. по долине р. Геналдон (Северная Осетия-Алания) прошел ледово-каменный поток, вызвавший многочисленные человеческие жертвы и кардинально изменивший облик долины. До настоящего времени ведутся научные дискуссии о причинах катастрофы на леднике Колка и механизме катастрофически быстрого перемещения ледово-каменных масс.

Наиболее полно характеристика района и история ледника Колка изложены в работе К.П. Рототая и др. [6], а возможные причины катастрофы 2002 г. изложены в работах В.В. Поповнина и др. [5], И.М. Васькова [1].

Динамика и стадийность Геналдонского ледово-каменного потока выявлена нами на основе анализа строения комплекса отложений в долине р. Геналдон, сформированных вследствие процессов обрушения висячего ледника и части его скального основания в головную часть пульсирующего ледника Колка с последующим выбросом высокоскоростного потока и его аккумуляцией в Кармадонской котловине. Предварительные результаты исследований были опубликованы ранее [4].

Анализ указанного комплекса отложений, позволяющий изучить характер процесса, оценить его масштабы, детализировать динамику перемещения

потока, особенности последующих изменений в морфологии долины Геналдона, проводится впервые и возможен стал лишь на основе детального геологического картирования.

Картирование области питания ледника Колка, расположенной в пределах северного склона высокогорного альпийского рельефа Казбекско-Джигарайского плато, сдерживается его труднодоступностью для наземного изучения и отсутствием детальных картографических материалов. Основой работы являлись космические снимки (КС) высокого разрешения Quick Bird, пространственно ориентированные и приведенные к масштабу 1:10000, предоставленные для совместных работ Цюрихским университетом. Полученная плановая фотооснова по изобразительным качествам и разрешению оказалась, совместно с материалами дистанционных съемок, вполне приемлемой для крупномасштабного картирования.

За период 2002–2003 гг. получен значительный объем разнородной дистанционной информации о сходе ледово-каменного потока 20.09.2002 г., характеризующей как вновь возникшие образования, так и временную динамику последующих экзогенных процессов, инициированных ледово-каменным выбросом.

Наличие перспективных разномасштабных аэроцифровых снимков и материалов крупномасштабной плановой аэрофотосъемки одного и того же объекта, сделало возможным с достаточной степенью достоверности картировать генетические типы накоплений, определять особенности их взаимоот-

ношений, сопоставлять с плановым КС данного участка и выносить на последний все элементы дешифрирования.

После проведения дешифрирования был сделан общий анализ, уточнена взаимосвязь типов накопленных друг с другом в пределах смежных участков.

Вышеописанная методика дешифрирования и анализа с последующим переносом данных на КС Quick Bird позволила составить детальную схему соотношений генетических типов накоплений, сформированных в результате события 20.09.2002 г. Получены новые данные о строении и генезисе накоплений, их взаимосвязи друг с другом, обусловленной кинематикой ударного воздействия, стадийным выбросом ледово-каменных масс ледника Колка по долине р. Геналдон с аккумуляцией в Кармадонской котловине и последующим формированием северо-восточного потока ниже по течению.

Следует отметить значительные трудности, возникшие в ходе ведения детальных работ, обусловленные уникальной спецификой объекта исследований. Высокоэнергетический лавинообразный поток (ЛОП), иначе – ледово-каменный поток, в сочетании с почти мгновенной скоротечностью протекания процесса привел к кардинальным изменениям горной части долины р. Геналдон. Это выразилось в изменении ее морфологии, формировании новых, ранее мало изученных генетических типов накоплений в пределах потока, сложных наложенных и сменяющихся взаимоотношениях фаз потока как друг с другом, так и с ранее сформированным комплексом четвертичных накоплений долины Геналдона.

Трудности изучения и картирования обусловлены также чрезвычайно быстрыми последующими изменениями зоны ледово-каменного потока за счет активизации склоновых процессов и развития термокарста в накоплениях, содержащих значительную ледовую составляющую [4].

Анализ имеющихся материалов дистанционных съемок показал, что наибольшее значение для изучения кинематики потока имеют съемки, проведенные в первые дни после его прохождения, когда в рельефе еще сохранялись все специфические формы накоплений. Более поздние материалы съемок дают преимущественно представление о последующей динамике экзогенных процессов в зоне его воздействия.

В пределах области питания ледника Колка отчетливо выделяется два комплекса накоплений, сформированных в результате события 20.09.2002 г. Это комплекс гравитационных накоплений зоны обрушения и комплекс глядио-гравитационных накоплений, возникший в результате ударного воздействия на ледник Колка с формированием высокоскоростного ледово-каменного потока. Ниже слияния ледников Колка-Майли, в пределах долинной части р. Геналдон вплоть до пос. Кармадон располагается комплекс накоплений зоны транзита ледово-каменного материала. При слиянии долин Генал-

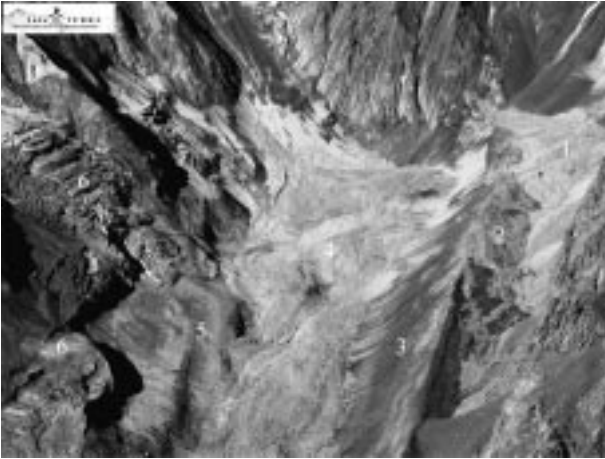
дона и Кауридона и далее к северу до Кармадонских ворот в Кармадонской котловине сформирован комплекс зоны аккумуляции ледово-каменных масс – квазиледник, остановленный южными склонами Скалистого хребта и каньоном р. Геналдон. Далее расположена зона транзита грязе-каменного высокоскоростного потока, приуроченного к узкому скальному каньону р. Геналдон, и зона его разгрузки ниже по течению от места слияния с р. Гизельдон.

**Зона обрушения в пределах области питания ледника Колка.** Комплекс зоны обрушения локализован в пределах головной части ледника Колка и обусловлен падением на его поверхность ледово-каменных масс из зон захвата и транзита лавинообвального материала №5 и 6 (здесь и далее нумерация по К.П. Рототаеву и др., [6]). В результате обрушения и в последующее время были сформированы обвальные, обвально-осыпные накопления, отчетливо обособленные друг от друга по направлению оси обрушения на ледник Колка.

За пределами ударной ложбины, сформированной в результате обрушения и расположенной в головной части ледника Колка, по направлению оси перемещения обвальных масс, выявлены обвальные накопления, соответствующие моменту обрушения (рис. 1). Они были сформированы за счет воздушного переноса за гребневую часть орографически левой боковой морены ледника Колка. Обвальные накопления в заморенном пространстве имеют светло-серый фототон, плащеобразное залегание и размытые контуры по контакту с подстилающими накоплениями (фото 1). За счет воздушного переноса они перекрывают голоценовые осыпные конусы и шлейфы, формирующиеся в основании склонов в пределах зон захвата и транзита



**Фото 1.** Строение северного борта ледового цирка Колки по вектору перемещения обвальных масс: 1 – плащеобразно залегающие обвальные накопления за гребнем боковой морены, ступенчато деформированной под ударным воздействием; 2 – ледово-каменные накопления заплеска I генерации; 3 – поверхность боковой морены; 4 – остаточные глядио-гравитационные накопления в ложе ледника



**Фото 2.** Головная часть ледового цирка Колки после схода ледово-каменного потока:

- 1 – обвалы накопления воздушного переноса за гребнем боковой морены; 2 – ледово-каменные накопления первой генерации латерального выброса; 3 – поверхность и гребневая часть левой боковой морены; 4 – гляцио-гравитационные накопления, оставшиеся в ложе ледника Колка; 5 – гребни боковых морен правого борта; 6 – боковые ледники-притоки, срезанные по фронту ледово-каменным потоком

материала №№11–14. Обвалы накопления хорошо локализованы, имеют в отличие от мелкощепнистых подвижных голоценовых осыпей, их подстилающих, крупноглыбовый характер поверхности, на которой присутствуют скальные блоки до 5 и более метров в поперечнике.

Весьма характерно, что по оси главного удара на этом участке прочные накопления боковой морены ступенчато деформированы и представляют собой оползневые блоки, смещенные по ударным трещинам, перекрытые обвальными накоплениями. Ударные трещины в гребне боковой морены легко читаются на *фото 2*.

Весьма примечательно, что на аэрофотоснимках по залетам 1974 и 1987 гг. в этом же месте отмечены более древние генерации обвалных накоплений, ныне скрытых. Они обособлены в рельефе, и современные осыпи частично их перекрывают. Можно предположить, что их возникновение может быть связано с обрушением материала и его перебросом за боковую морену ледника Колка при ранее происходивших аналогичных событиях.

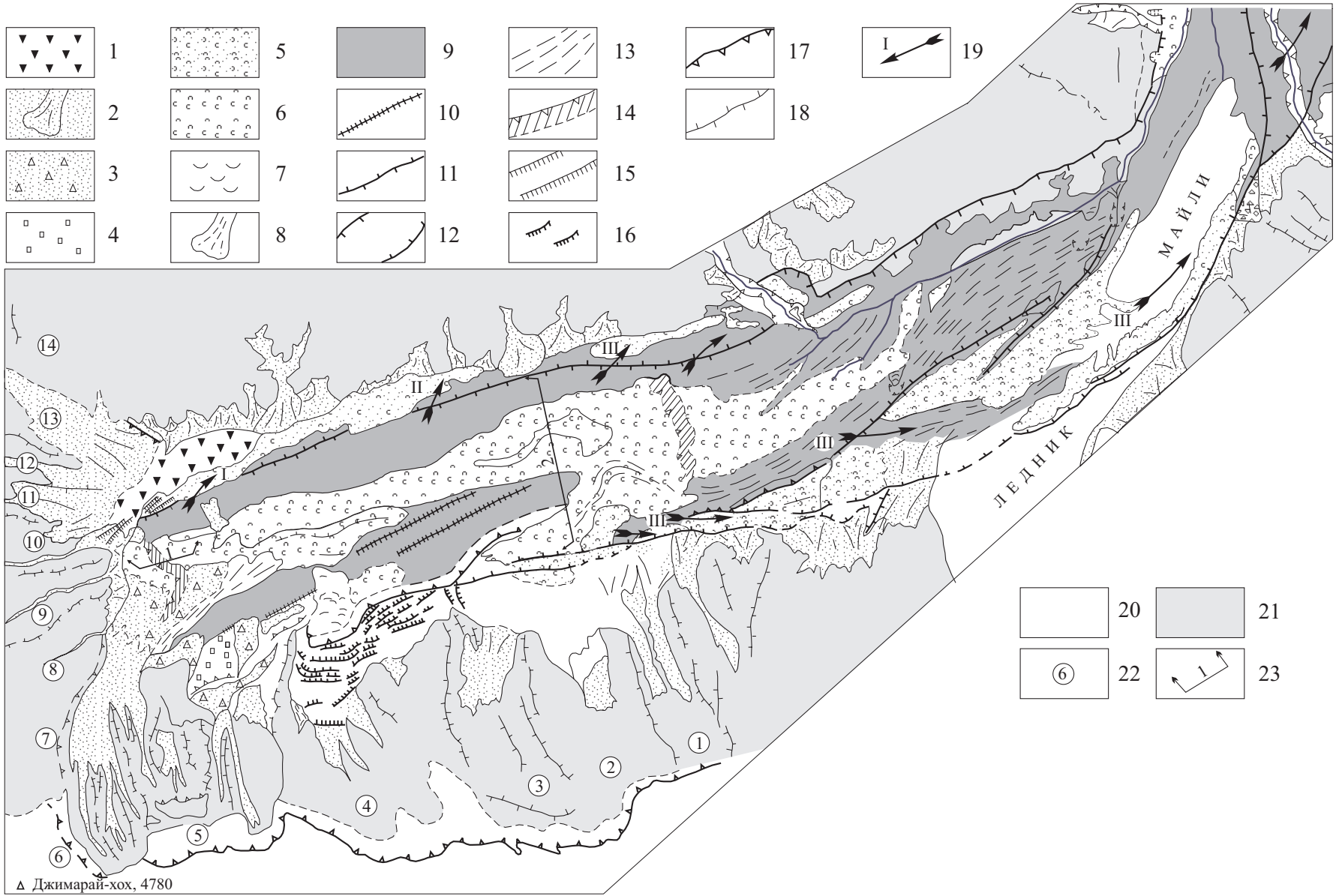
В нижней части склонов зон захвата и транзита №5 и 6, а также в пределах ударной ложбины после выброса потока до настоящего времени активно формируются обвално-осыпные крупноглыбовые накопления, перекрывающие вновь сформированные склоны и продукты деструкции ледника Колка. Последние имеют характерную бугристую поверхность, обусловленную последующими термокарстовыми процессами.

**Комплекс зоны деструкции ледника Колка, возникший в результате ударного воздействия и формирования высокоскоростного потока (ледяной лавины).** В разделе под деструкцией понимается ударно-механическое разрушение головной части и тела ледника Колка, мертвого льда перед его фронтальной частью вместе с поверхностной (абляционной) мореной под воздействием обрушения фирново-ледово-каменных масс со склона г. Джимарайхох.

Процесс деструкции сопровождался опережающим выбросом по вектору вдоль ледника Колка сухой ледово-каменной лавины, сформированной как из продуктов обвалных масс, так и частично из материала головной части ледника.

Вслед за этим имел место выброс основных масс ледово-каменного потока, сформированных из глетчерного льда Колки, представляющих собой особый, ранее не встречавшийся генетический тип накоплений, которые могут восприниматься по свое-

**Рис. 1** (на стр. 5). Схема строения ледникового цирка Колка после катастрофы составлена по данным дешифрирования аэроцифровых снимков с переносом на космоснимок Quik Bird: 1 – обвалы накопления, перемещенные за пределы ударной ложбины в момент обрушения 20.09.2002 г., имеющие плащеобразное залегание за счет воздушного переноса; 2 – осыпные конусы и шлейфы, в том числе сформированные в результате обрушения; 3 – обвално-осыпные накопления, выполняющие ударную ложбину и сформированные в последующее время; 4 – оползни блокового типа, возникшие под ударным воздействием; 5 – гляцио-гравитационные накопления начальной фазы выброса ледово-каменной лавины, сформированные в результате латеральных выбросов – «заплесков»; 6 – гляцио-гравитационные накопления основной фазы выброса, оставшиеся в ложе ледника Колка; 7 – оползневые накопления, возникшие после деструкции ледника Колка; 8 – пролювиально-селевые накопления, обусловленные выносом по ложбинам стока из зоны обрушения в 2002–2004 гг.; 9 – боковые, срединные и донные морены ледников Колка и Майли; 10 – линейные уступы боковых и срединных морен питающих Колку ледников, проявившиеся в ложе после схода ледово-каменных масс; 11 – асимметричные гребни боковых и срединных морен; 12 – границы захвата склонов ледово-каменным потоком; 13 – экзарационные борозды скольжения, выработанные в коренных породах и склоновых накоплениях на поверхности ложа потока; 14 – линия отрыва и поверхность сместителя оползневых ступеней ледово-каменных масс в пределах ложа ледника Колка; 15 – ударные трещины отседания в боковой морене левого борта в головной части ледника Колка, возникшие в результате обрушения ледово-каменных масс; 16 – трещины отседания на поверхности питающих Колку ледников, ставших самостоятельными после прохождения потока; 17 – уступы висячих ледников на северном склоне г. Джимарай-хох; 18 – гребневидные межовражные водоразделы в коренных породах; 19 – направления латеральных выбросов-«заплесков» накоплений начальной фазы потока и нумерация их генераций; 20 – ледники; 21 – дочетвертичные отложения; 22 – зоны захвата и транзита лавинно-обвального материала и их нумерация (Рототаев, 1983 г.); 23 – положение перспективных аэроцифровых снимков и их нумерация



му генезису как смешанные гляцио-гравитационные. В своей основе они ледово-моренные, существенно переработанные как процессами деструкции в ложе ледника, так и за счет последующего перемещения накоплений по механизму лавины потокового типа. Безусловно, механизм перемещения материала был сложен, имел в зоне транзита волнообразный, линейно-потоковый характер, разделялся на ряд фаз, существенно обогащенных водной составляющей и материалом склонов, но агент переноса оставался прежним, преимущественно гравитационным.

Выделено две разновидности гляцио-гравитационных накоплений: первая сформирована в начальную стадию выброса (сухая ледово-каменная лавина) и последующая, отвечающая основной стадии эвакуации материала из ложа ледника.

Накопления начальной высокоскоростной стадии потока, являющейся прямым следствием ударного воздействия на головную часть ледника Колка, выявлены в виде латеральных выбросов-«заплесков» – изолированных ледово-каменных пятен и полос накоплений, вытянутых по вектору перемещения. «Заплески» сосредоточены в прибортовых частях ледникового ложа вне пределов перемещения последующих фаз накоплений. Наиболее показательно это выражено вдоль левого борта Колки, за гребнем протяженной голоценовой боковой морены.

Здесь сверху вниз по долине до левого притока Колки – р. Шаудон присутствуют три генерации латеральных выбросов. На схеме дешифрирования (рис. 1) направление выбросов показано стрелками, генерации обозначены римскими цифрами. Первая генерация, как это видно на *фото 2*, ложится на обвальные накопления, сформированные за счет воздушного переноса за боковую морену, и описана ранее. Латеральный выброс перекрывает гребневую часть боковой морены, затекает в продольное понижение между ней и голоценовыми осыпными конусами, перекрывая их; вторая генерация «заплеска» более мощная, перекрывая гребень морены, смыкается с предыдущей и протягивается в виде языка вдоль стыка морены и осыпных шлейфов; третья генерация, наименьшая, фиксируется за мореной близ правого пересечения последней с руслом Шаудона, частично перекрывает флювиогляциальный конус в его устье.

Все три генерации имеют неровно-бугристую поверхность, морфологию вязкого затекания вдоль боковой морены, полого-выпуклую форму в поперечном сечении и резкие границы с подстилающими отложениями.

Имеющиеся латеральные выбросы правого борта долины Колки соответствуют второй и третьей генерациям левого борта, когда высокоскоростная начальная стадия потока, испытав отражение от левого борта и сформировав там первую генерацию выброса, приобрел основной вектор перемещения вдоль ледника Колка. Наличие следующих, второй

и третьей генераций, симметрично расположенных напротив друг друга по обоим ограничениям ледника Колка, свидетельствует о наличии волнообразных продольных колебаний фронтальной части потока.

Формирование латеральных выбросов правого борта долины Колки несет признаки площадного растекания высокоскоростного потока поверх правых боковых ледников Колки и по леднику Майли. Характерно слабо врезанное в ледовую поверхность латеральное ограничение потока, особенно заметное для третьей генерации, подрезающей осыпные шлейфы при слиянии ледников Колка-Майли. Здесь поток за счет центробежных сил перемещается к правому борту долины, откладывая ледово-каменный материал между боковыми моренами ледников Колка-Майли при их слиянии, «затесывая» последние и формируя каменные мостовые с экзарационной шлифовкой поверхности [4].

Гребни этих морен не срезаны высокоскоростным потоком, поскольку они продольны к вектору его перемещения и частично экранировали дерно-почвенный слой от разрушения. Следует полагать, что поток на этом участке имел плоскую форму, и гребни морен разделяли его на два рукава. Почти не затронутой потоком оказывается и фронтальная часть ледника Майли, на правой прибортовой поверхности которого плащеобразно залегают накопления начальной фазы выброса.

Ниже по течению, после широкого выброса вверх по слившимся осыпным конусам правого борта, поток поворачивает к северу, в долину Геналдона, оставляя на поверхности и склонах конусов экзарационные борозды. Здесь фиксируется максимальная для начала зоны транзита величина заплеска на склон – 285 м над руслом. Далее начальная стадия потока по зоне транзита ниже слияния Колка-Майли уходит вниз в долину р. Геналдон.

Очаг формирования основной фазы ледово-каменного потока может быть разделен на несколько частей: **головную (тыловую) часть ледника**, совпадающую с зоной удара, иначе – «ударная западина», «ударная воронка», «лоток выката» и т.д., достаточно четко выраженную в рельефе; **центральную часть ложа ледника**, практически полностью лишенную ледового тела; **нижнюю часть**, совпадающую с концом ледника Колка на момент его срыва вместе с зоной мертвых льдов, абляционной мореной и сужением долины при слиянии с ледником Майли.

В пределах каждой из указанных частей фиксируются гляцио-гравитационные накопления, имеющие плащеобразное залегание и генетически представляющие собой остаточные продукты выноса ледово-каменного потока. В накоплениях преобладает ледовая составляющая, содержащая до 20–30 % разноглыбово-щебнистого материала и име-

ющая неориентированный бугристый мезорельеф поверхности. На ней фиксируются неясно выраженные, продольные по вектору перемещения следы течения. Детали строения накоплений за счет процессов вытаивания в последующее время быстро теряются и на материалах съемок 2003 г. сильно деградированы.

**Головная (тыловая) часть ледника** выполнена гляцио-гравитационными накоплениями, отложенными либо на поверхность ложа ледника с донной мореной, либо на глетчерный лед, сохранившийся от эвакуации продуктов обрушения. На это нет однозначного ответа, поскольку разрез перекрыт последующими обвальными и обвальными-осыпными накоплениями. Возможно, глетчерный лед в тыловой части ледника был полностью вынесен в результате ударного воздействия, поскольку его выходы здесь нигде не фиксируются (*фото 2*).

**Центральная часть ледника** представляет собой корытообразную, широкую западину ложа ледника – «вместилище ледника» [2], левый крутой борт которой сложен вплоть до днища западины боковой мореной, а правый, более пологий борт представляет собой поверхность донной морены с преобладанием в своем составе глетчерного льда, как основного ложа ледника, так и питающих правосторонних ледников. Вдоль правого борта на поверхности ложа фиксируются две срединных морены, сформированные питающими ледниками правого борта. Морены имеют линейную форму и в ложе ледника выступают в виде двух асимметричных ледяных гряд, обогащенных щебнистым материалом. Их наличие в ложе ледника хорошо фиксируется по аэрофотоснимкам 1974, 1987 гг., когда ложе Колки хорошо просматривалось.

При внимательном изучении ледника Колка и его обрамления после пульсации 1969–1970 гг. на ретроспективных аэрофотоснимках 1974 г. можно заметить обособленное положение орографически правых боковых составляющих ледников. Оно подчеркнуто наличием у них боковых, переходящих в срединные, морен в пределах ложа Колки. На аэрофотоснимках 1987 г. в рельефе обнажившегося ложа Колки прекрасно выражена правая боковая морена, в верхней боковой части переходящая между 5 и 6-ой зонами захвата и транзита обломочного материала в срединную, идущую вдоль ложа Колки. Из сказанного следует вывод о сложной морфологии обнажившейся правой прибортовой части ложа ледника Колка, осложненного грядово-моренным рельефом питающих Колку ледников.

Центральная часть ложбины выполнена мало-мощным (десятки метров) покровом гляцио-гравитационных накоплений с неясно выраженной линейностью вдоль днища. Здесь продукты выброса легко дешифрируются по наличию неровно-бугристого термокарстового мезорельефа, отличающегося от монотонно-серого фототона бортов ложбины, – «му-

равинные кучи» [4]. Левый борт обнажен практически до днища ложбины и сложен боковой мореной без заметных следов раздела. Аналогичный характер имеет и правый борт напротив, плоская поверхность которого подстилает боковые глетчеры, на нее опирающиеся. Эта поверхность широко прослеживается по обоим бортам ложа Колки, начиная от ударной воронки и вниз по долине, смыкаясь без заметных переходов с боковыми моренами при выходе к леднику Майли. Вероятно, она представляет собой поверхность донной морены, на бортах переходящей в боковые, и выстилает собой коренное ложе ледника Колка (*фото 2*).

Значительная ширина выходов донной морены вдоль бортов, отсутствие заметных количеств глетчерного льда в центральной и верхней частях ложа Колки может восприниматься как факт практически полного выноса глетчера под ударным воздействием в головной его части. Отсюда следует важный вывод о том, что выброс глетчера, вероятно, имел место по поверхности его раздела с донной мореной, моделирующей неровности скального ложа. Это подтверждается срывами глетчеров правого борта долины, залегающих на этой поверхности.

**Нижняя часть ледника** имела в рельефе ложа поперечный уступ, с хорошо выраженной по его фронту неровной стенкой отрыва, высотой до 50 м. В откосе, ныне большей частью закрытом, обнажался почти чистый массив льда жесткой части ледника, представляющий собой горизонт квазимонолитов, ограниченных разрывными деформациями. Глетчерный лед здесь перекрыт покровом гляцио-моренных накоплений основной стадии выброса, так же как и смещенная ступень глетчерного льда перед его фронтом. Тыловая часть массива льда вверх по ложу ледника снижена и представляет собой естественный подпор для талых вод, образующих там временные водонакопители.

Наличие останца глетчерного льда, не сорванного движением ледово-каменных масс в нижней фронтальной части ложа ледника, возможно, было обусловлено перебросом через него основной фазы потока, выбившей глетчер в центральной части ложа. Во время выброса ледово-каменного потока фрагмент глетчерного льда в концевой части ледника Колка, вероятно, выполнял роль своеобразного разгонного трамплина для перемещающихся масс накоплений. Это эффектно можно было видеть в зоне прислонения к левобережной боковой морене, на которой имелся покров гляцио-гравитационных накоплений с высоко приподнятым неровным краем.

Ниже по ходу движения потока, на траверзе устья Шаудона, борта и ложе с фрагментом мертвых льдов несут многочисленные следы перемещения ледово-каменных масс. Здесь поток отбрасывался к правобережной боковой морене, где, судя по изогнутой форме экзарационных следов перемещения на ее поверхности, отражался в сторону левого борта долины ниже устья Шаудона.



**Фото 3.** Зона транзита ледово-каменного потока с неравномерной высотой захвата бортов долины: 1 – притертый к склону слой ледово-каменных накоплений; 2 – генерации «примазок» ледово-каменных накоплений

Далее, испытывая подпор со стороны левого борта, поток проходил по сужению долины р. Колка в устьевой ее части, интенсивно экзарационно шлифуя правобережную боковую морену. Ниже по течению поток пересекал срединную морену с ледником Майли, сильно срезанную Колкой в 1969–70 гг.

В этой, наиболее суженной части устья Колки поток проходил ниже гребня правой боковой морены Майли, не срезая фронтальную часть ледника, отклоняясь к левому борту долины.

**Зона транзита ледово-каменного материала ледника Колка.** К зоне транзита отнесен участок долины р. Колка, начиная с крутого скального поворота долины к северу при ее выходе к фронтальной части ледника Майли. Здесь, после слияния с концевой частью Майли, образуется долина р. Геналдон, субмеридиональной ориентировки, которая имеет почти прямолинейный характер, слабо отклоняясь к северо-востоку. У пос. Кармадон зона транзита смыкается с зоной аккумуляции в пределах Кармадонской котловины. Протяженность зоны транзита до южного склона Скалистого хребта для основной стадии выброса составляет 13,5 км. Начальная стадия потока, от места удара в тыловую часть ледника Колка, удлиняет зону транзита до 17,5 км. Для финальных фаз накоплений зона транзита меньше и составляет около 12 км в створе пос. Кармадон.

Она в большей своей части совпадает с широким, хорошо сохранившимся в рельефе позднеплейстоценовым трогом. Плечи трога наиболее ясно выражены в верховьях Геналдона, где в левом борту долины при впадении притока – Белой речки в рельефе выражены стадияльные конечные морены, вероятно позднебезенгийского оледенения.

При описании взаимодействия потока с подстилающим субстратом, особенно на склонах долины, использован термин «экзарация», как наиболее соответ-

ствующий экзарационному воздействию потока, представленного ледово-каменной брекчией. В нижней половине зоны транзита существенным является участие водной составляющей, и воздействие на подстилающий субстрат носит уже в значительной мере смешанный абразионно-эрозионный характер.

В процессе перемещения ледово-каменный поток в разных частях зоны транзита имел ширину до 500–600 м. Наибольшая ширина захвата составляет 1000 м над фронтальной частью ледника Майли, где долина р. Колка резко поворачивает к северу. Выявлена неравномерная высота захвата потока на склонах, имеющая на соседних бортах асимметричный характер и в одном и том же сечении меняющаяся от 20–50 м до 150 м и более (фото 3). Резко асимметричная форма поперечного захвата потока по бортам долины – несомненное свидетельство качаний потока из стороны в сторону за счет центробежных сил в условиях сложного рельефа склонов. Это одновременно сочеталось с эффектом частичного срезания высокоскоростным потоком выступающих частей межовражных водоразделов боковых долин. Сохранность дерно-почвенного слоя в эрозионной тени склонов гипсометрически ниже уровня проходящего потока подтверждает это.

Зона транзита была практически свободна от ледово-каменных накоплений, которые в ней сохранялись в виде небольших останцов, «заплесков», «примазок» льда с обломочным материалом на склонах и в днище долины. Их расположение в долине и взаимоотношения друг с другом создали сложную картину секущих и наложенных разновременных фаз общего потока, прохождения на высокой скорости идущих друг за другом волн ледово-каменных масс.

Практически повсеместно фиксируются следующие взаимоотношения с подстилающим субстратом:

– **Лавинно-воздушный наброс** на нетронутую основным потоком подстилающую поверхность, часто дерно-почвенную. Наиболее отчетливо это видно в краевых частях начальной максимально



**Фото 4.** Лавинно-воздушный контакт ледово-каменного потока с максимальной высотой захвата склона



**Фото 5.** Несогласное прилегание потока к склону: 1 – заполнение ледово-каменными накоплениями эрозионного вреза на крутом склоне долины («при-мазка»); 2 – притертая поверхность с штриховкой по направлению движения потока

высокоскоростной стадии потока. При этом формируется неровный, размывтый край накоплений вплоть до разбросанных по склону глыб и щебня, часто с наличием свободных участков, без накоплений внутри общего контура. Такой тип контакта с подстилающим субстратом трактуется как лавинно-воздушный, без механического воздействия на последний. При наличии на склоне кустарниково-древесной растительности это сопровождалось вывалом леса и эоловой присыпкой песчано-древяной размерности (фото 4).

– **Контакты несогласного прилегания** – заполнения неровностей, эрозионных ниш, овражных врез, ложбин стока на участках их пересечения с поверхностью потока. При этом формируются «при-мазки», выступающие над общей поверхностью склона, либо выполнения ледово-каменным материалом участков отрицательного рельефа (фото 5).

– **Площадные взаимоотношения потока** со склоном представлены участками либо чистой экзарации поверхности подстилающих пород, как это видно на склонах боковых и срединных морен ледников Колка-Майли, либо наличием притертой пленки или слоя ледово-каменных накоплений. В обоих случаях характерно наличие штриховки и полос по направлению движения потока, вторичное оползание с нарушением полосчатости.

– **Аккумулятивное выполнение** нижних частей склонов и днища долины р. Геналдон ледово-каменными накоплениями с образованием продольных валов и гряд по направлению потока, соответствующее финальной фазе транспорта материала.

Наиболее сложным представляется характер колебательных движений в верхней части зоны транзита, что обусловлено влиянием боковых и конечных морен Колки-Майли, контролировавших и направлявших разные стадии потока в зону транзита.

Начальная высокоскоростная стадия потока вошла в зону транзита практически в противофазе с его основной стадией, что подтверждается наличием секущих друг друга границ остаточных масс накоплений при слиянии Колка-Майли.

Противофазный характер движения масс потока в его начале на фоне неравномерного стадийного поступления ледово-каменных масс из ложа ледника Колка, трансформация и контроль потока рельефом зоны транзита сформировали сложный характер накоплений, наблюдаемый ныне.

Секущие соотношения друг с другом генераций гляцио-гравитационных накоплений повсеместно прослеживаются в пределах зоны транзита и обусловлены наличием последовательных порций ледово-каменного материала.

Предварительный анализ гипсометрического положения ограничений потока на склонах зоны транзита выявляет наличие его колебаний в поперечном сечении. Наиболее ясно они выражены в средней и нижней частях зоны транзита и представляют собой широкие волны закономерного инерционного отклонения потока к левому или правому борту долины при выдержанности ширины потока в плане. На отдельных участках наклон поверхности потока мог достигать 30–40° к горизонту.

В продольном профиле долины расстояние между соседними пиками следа волны на склоне долины между сс. Тменикау и Кани составляет 0,6–1,0 км. В левом борту долины ниже оползня Битерзык по аккумулятивным остаточным формам хорошо читаются две одновременные волны потока, двигавшиеся в противофазе (фото 6). При этом каждая из волн оставляла четкий отпечаток на склоне долины.

Сразу после прохождения ледово-каменного потока началась деградация остаточных накоплений зоны транзита, многоплановая активизация склоновых процессов на возникших свежих, крайне неустойчивых склонах. Началось активное формирование консистентных оползней-потоков, обвальное



**Фото 6.** Две одновременные волны потока, перемешавшиеся в противофазе в левом борту Геналдона: 1, 2 – фазы потока



осыпных процессов, микроселей и переработка остаточных накоплений русловыми процессами р. Геналдон. Аналогичные процессы на обнаженных частях склонов возникли и в голоценовых и верхнеплейстоценовых накоплениях разного генезиса [5].

**Зона аккумуляции ледово-каменных накоплений в Кармадонской котловине.** Ниже с. Кармадон долина р. Геналдон резко расширяется, сливаясь с правым притоком р. Кауридон, образуя обширную Кармадонскую котловину на абс. выс. 1200–1300 м. К северу Кармадонская котловина сужена и ограничена южными склонами Скалистого хребта, в котором р. Геналдон прорезан глубокий одноименный каньон. Участок перехода от Кармадонской котловины к Геналдонскому каньону носит название Кармадонские ворота.

Южные склоны котловины совпадают с широкими частями долин Геналдона и Кауридона. Долины несут на себе отпечаток длительного гляциального воздействия и представляют собой трогги позднего плейстоцена, когда ледники выходили из долин и заполняли собой Кармадонскую котловину, не выходя за ее пределы.

Днище Кармадонской котловины, испытывавшее в среднем–позднем плейстоцене неотектонические опускания, является переуглубленным и сложено полифациальным комплексом аллювиальных, флювиогляциальных, моренных и селевых фаций, включая гляцио-гравитационные накопления, сформированные выбросом Колки существенно ранее 1902 г.

После прохождения зоны транзита ледово-каменный поток сформировал в центральной части Кармадонской котловины «ледовое тело», или «квазиледник», состоящий из льда и скального обломочного материала. Квазиледник представляет собой вытянутое в плане по направлению долины Геналдона ледовое тело с неровно-бугристой поверхностью, фронтальная часть которого ограничивается сужением долины в Кармадонских воротах, тыловая, уменьшаясь в мощности, оканчивается у устья р. Канидон. Правым планом квазиледник заходит в долину р. Кауридон, создавая Санибанский водонакопитель. Площадь «квазиледника» – 2,1 км<sup>2</sup>, длина 3,6 км, при мощности до 135–140 м, (в среднем – 60 м). При этих параметрах объем ледового тела составляет 115 млн м<sup>3</sup> [5].

Расшифровка механизма формирования ледового тела и его строения является важнейшим этапом исследования, поскольку может дать представление о его морфоструктуре, распределении обломочного материала в контуре зоны аккумуляции и тем самым позволит прогнозировать динамику деградации ледово-каменных накоплений.

Хаотическое, на первый взгляд, нагромождение масс льда и обломочного материала в Кармадонской котловине при внимательном изучении представляет собой картину вполне закономерного распределения

вещества с четким выделением отдельных фаз его аккумуляции (рис. 2). Ледовое тело состоит из последовательно налегающих друг на друга порций потока с хорошо выраженными секущими контактами между ними, наличием закономерно ориентированных гряд – «торосов» с признаками пластических и разрывных дислокаций, разноориентированных в разных порциях (фазах) аккумуляции. Наличие последовательных фаз материала, налегающих друг на друга, деформирующих подстилающие накопления предыдущей фазы и имеющих признаки латерального растекания, хорошо видно на аэроснимках. По наличию разнонаправленных гряд торошения в разных фазах накоплений и по линейным границам раздела между ними может быть выделено три фазы: Генальская, Канинская и Санибанская.

**Генальская (начальная, фронтальная) фаза накоплений (I).** Она выявлена вдоль правого склона долины Геналдона – Кауридона в виде узкой полосы, протягивающейся вплоть до Кармадонских ворот.

Накопления Генальской фазы сформированы начальной, высокоскоростной стадией потока, несущей разновразмерные (0,1–2,0 м) оглаженные ледяные глыбы с подчиненным количеством крупнощебнисто-глыбового (до 0,3–0,5 м) заполнителя. Эта стадия потока первой достигла котловины по основному вектору перемещения и, частично разгрузившись на повороте у с. Генал, заполнила всю правостороннюю часть долины вдоль юго-западного склона Скалистого хребта вплоть до Кармадонских ворот. Непосредственно под с. Генал сохранился фрагмент высокого заплеска ледово-каменного материала на выше расположенный склон, где впоследствии прошло его отседание по циркам отрыва. Здесь же наземно зафиксированы следы ударной воздушной волны – смятые и вбитые в склон деревья и глыбы пород.

Следует полагать, что накопления Генальской фазы, вероятно, содержат щебнисто-мелкоглыбовый материал начальной высокоскоростной стадии ледово-каменного потока, преимущественно из зоны обрушения ледника Колка.

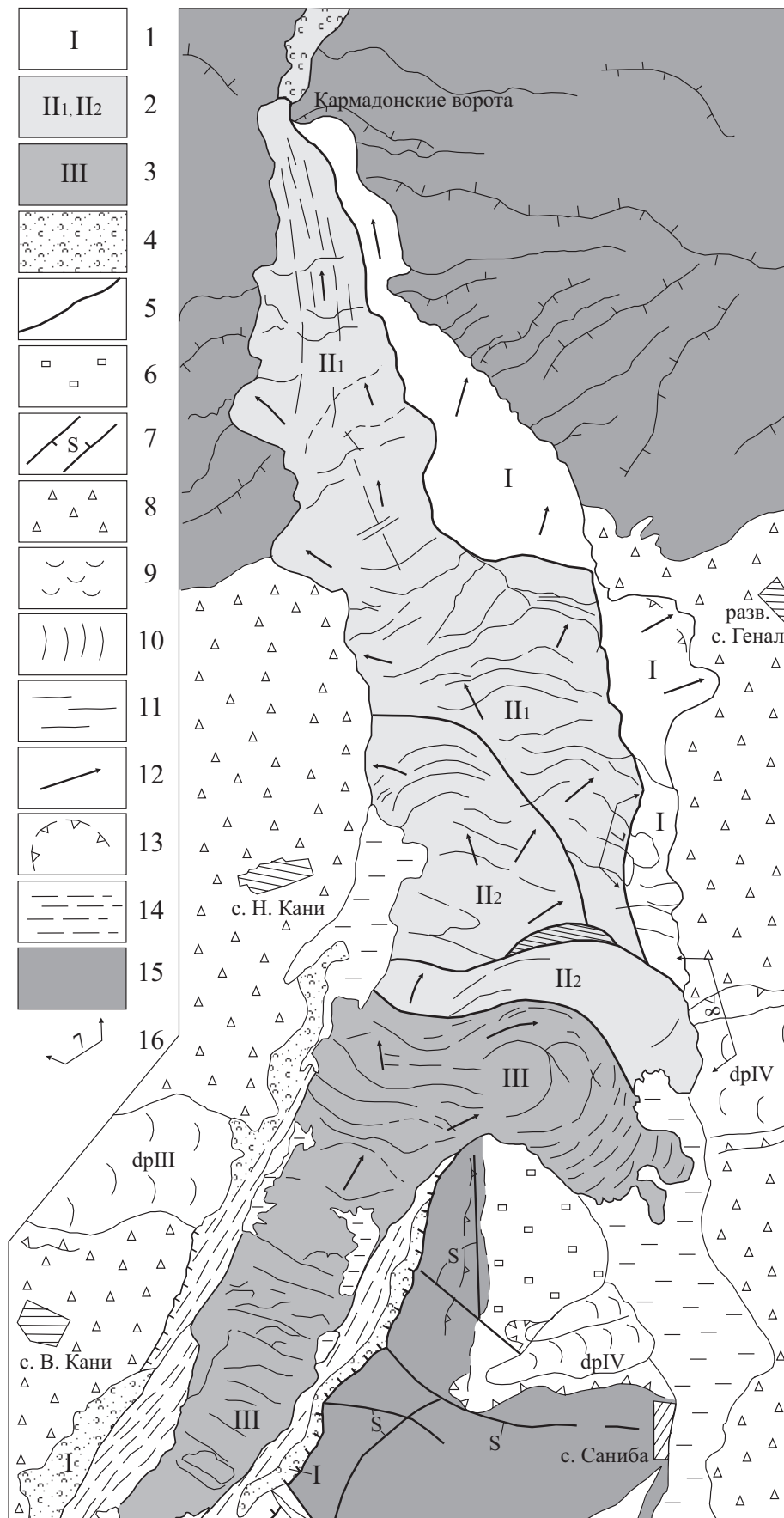
На аэроснимках накопления этой фазы, на общем поле накоплений Кармадонской котловины, имеют светло-серый фототон, слабо всхолмленную поверхность, приподнятую в сторону правого борта долины и понижающуюся вниз в сторону Кармадонских ворот. Мощность накоплений, судя по положению их контура на карте в створе с. Генал, составляет 80–90 м и увеличивается вниз до 120–130 м на юго-западных склонах Скалистого хребта. Накопления этой фазы заполнили собой правый, восточный борт Кармадонской котловины, оставив свободной для последующего заполнения ее западную часть.

**Канинская (основная, центральная) фаза накоплений (II).** Накопления этой фазы расположены рядом с с. Н. Кани, почему и названы Канинскими. Они наполняют собой центральную часть и

**Рис. 2.** Схема гляцио-гравитационных накоплений в Кармадонской котловине при слиянии рр. Геналдон – Кауридон

Фазы ледово-каменных накоплений: 1 – Генальская (начальная, фронтальная); 2 – Канинская (основная, центральная); 3 – Санибанская (финальная, тыловая); 4 – латеральные выбросы – «заплески», соответствующие Генальской фазе.

Прочие обозначения: 5 – границы раздела между фазами накоплений ледового тела; 6 – сейсмогравитационные оползни блокового типа; 7 – сеймотектонические разрывы; 8 – полигенные обвално-осыпные накопления южных склонов Скалистого хребта; 9 – оползни скольжения; 10 – грядовый рельеф «торошения» ледово-каменных накоплений; 11 – трещины левостороннего сдвига в накоплениях Канинской фазы потока в Кармадонских воротах; 12 – вектор перемещения ледовых накоплений; 13 – оползневые цирки; 14 – водонакопители; 15 – дочетвертичные образования; 16 – положение перспективных аэроцифровых снимков и их нумерация



западную половину Кармадонской котловины, проникают вдоль левого ее борта вплоть до Кармадонских ворот. Канинская фаза сложена преимущественно крупноблоковым льдом (до 5–10 м в поперечнике), вероятно, содержит основное количество разнородного глыбово-обломочного материала из зоны деструкции ледника Колка, включая материал зоны обрушения. Она, судя по всему, соответствует основной стадии эвакуации глетчера из ложа Колки и частично перекрывает в Кармадонской котловине накопления Генальской фазы. Контакт между Генальской и Канинской фазами потока с образованием притертой поверхности скольжения хорошо дешифрируется в центральной части перспективного снимка (фото 7). Обращает на себя внимание интенсивное торошение накоплений Канинской фазы. Она, в отличие от предыдущей, имела резко выраженный неровно-бугристый грядовый рельеф. Наличие гряд может восприниматься как эффект «торошения» масс в процессе столкновения фронта потока с уже консолидированными накоплениями предыдущей, Генальской фазы, последующим их сжатием и частичным откатом масс после удара о преграду. Обращают на себя внимание структуры отрыва с плоской поверхностью в тыловых частях гряд, их изгиб в направлении перемещения масс, достаточно четко выраженная надвиговая форма контакта с подстилающей Генальской фазой потока.

В пределах Канинской фазы накоплений в морфологических границах в целом может быть выделено две подфазы: передовая, обозначенная как  $\Pi_1$ , и последующая –  $\Pi_2$ .

**Передовая подфаза накоплений ( $\Pi_1$ )** после надвигания масс на Генальскую фазу накоплений продвигалась главным образом в сторону Кармадонских ворот по орографически левой стороне котловины, оставшейся свободной от предыдущей фазы накоплений. В процессе «вжимания» ледовых масс между крутым левым скальным бортом котловины и материалом Генальской фазы в сравнительно узкое пространство перед Кармадонскими воротами возникла многочисленная сеть параллельно ветвящихся субмеридиональных трещин отрыва, которые можно кинематически воспринимать как леводвиговые деформации внутри потока.

Образование трещин отрыва – левостороннего сдвига сопровождалось вжиманием ледовых масс в нижние части овражных врезов левого борта котловины, в сторону которых был частично направлен вектор перемещения масс после фронтального удара о Генальскую фазу потока. Трещины отрыва в плане имеют кулисообразную форму расположения, были полностью сформированы к моменту остановки потока и имели ширину раскрытия 1–10 м и более. В результате перемещения ледовых масс вдоль левого борта Кармадонской котловины и их подпора образовалась выпуклая продольная ступень в рельефе вплоть до Кармадонских ворот, где она

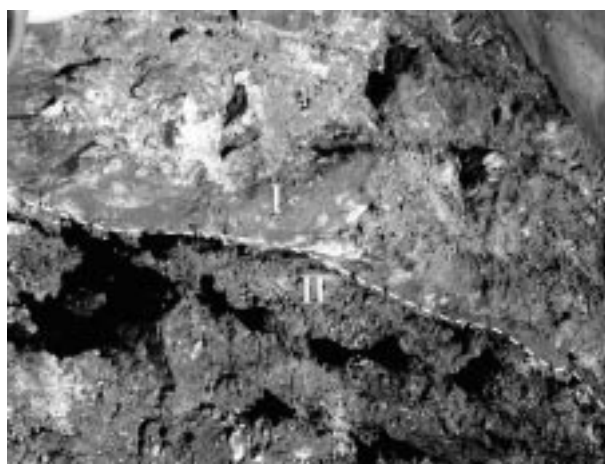


Фото 7. Притертая поверхность контакта между Генальской (I) и Канинской (II) фазами потока

наиболее резко выражена. Продольная ступень между Генальской и передовой подфазой  $\Pi_1$  Канинской фазы в Кармадонских воротах хорошо читается в рельефе по наличию уступа между ними и параллельной системе трещин, их разделяющих. Здесь над северным порталом Верхнего автодорожного тоннеля мощность передовой подфазы накоплений  $\Pi_1$  достигала 150 м.

Отсутствие признаков подпора ледово-каменных масс по всему фронту перед Кармадонскими воротами, что должно было иметь место при одновременном выбросе потока по долине Геналдона и наличию продольной ступени в рельефе, подтверждает стадийный характер формирования накоплений с латеральным затеканием вдоль суженной части котловины.

**Последующая подфаза накоплений ( $\Pi_2$ )** выделена по морфологическим признакам в центральной части Кармадонской котловины. Между сс. Кани и Генал располагался хорошо выраженный в рельефе фронт накоплений, изогнутый в плане в виде вала, частично надвинутый на начальную подфазу накоплений –  $\Pi_1$ . Вдоль всего фронта фиксировался высокий вал ледовых масс, сопровождавшийся латеральным выбросом накоплений на левый борт котловины у с. Н. Кани. В основании фронтального вала прослеживается линия поверхности раздела, морфологически представляющая собой надвиговую поверхность. Поверхность сместителя между подфазами  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  Канинской фазы имеет притертый характер за счет проскальзывания по поверхности подстилающих накоплений. Подфаза накоплений  $\Pi_2$  частично протягивалась вдоль юго-западного склона Скалистого хребта в сторону с. Саниба. Для накоплений подфазы  $\Pi_2$  характерно присутствие резко выраженных крупных и высоких валов торошения, слабо изогнутых по вектору перемещения ледовых масс с признаками подпора и их отката к левому борту котловины. Мощность ледовых накоплений в зоне фронтального вала у за-

падного борта котловины, вероятно, составляла около 100 м.

**Санибанская (финальная, тыловая) фаза накоплений (III).** Она завершает собой образование ледового тела «квазиледника» и формировалась, когда практически вся Кармадонская котловина была заполнена накоплениями предыдущих фаз. Санибанская фаза сложена материалом хвостовой части ледово-каменного потока, двигалась по долине Геналдона с меньшей скоростью, чем предыдущие его стадии, имела меньшую несущую способность, была обогащена водной составляющей. Этим можно объяснить наличие элементов затекания масс, ясно читаемых в рельефе отложений ее фронтальной части. Так же, как и в предыдущих случаях, морфологически ясно выражен передовой вал с торшением масс и наличием пограничного шва с подстилающими накоплениями Канинской фазы, что свидетельствует о наличии временного интервала перед ее приходом в котловину.

К моменту подхода Санибанской части потока консолидированные накопления Канинской фазы заполняли котловину в створе у с. Кани, оставляя открытым пространство в сторону долины Кауридона. Санибанская фаза накоплений, затекающая в долину Кауридона и смещающая основную подфазу Канинских накоплений, хорошо видна на перспективном снимке (фото 8). Санибанская фаза накоплений полностью перекрыла долину р. Кауридон, создав условия для формирования водонакопителя у с. Саниба. В поперечном сечении накопления Санибанской фазы имеют форму приподнятого вала, понижающегося к бортам долины Геналдона и осложнены поперечными волнами «торшения». Вдоль сниженных продольных бортовых понижений в дальнейшем была сформирована цепочка водонакопителей.

Мощность накоплений Санибанской фазы в пределах приподнятого фронтального вала составляла на момент формирования 40–50 м. Вверх по течению р. Геналдон их мощность постепенно уменьшается и сходит на нет к устью р. Канидон.

**Зона транзита ледово-селевых накоплений Геналдонского ущелья и зона аккумуляции грязе-каменных селевых накоплений в долинах Геналдона-Гизельдона.** К северу от Кармадонских ворот долина р. Геналдон антицедентно вкрест простирания меридионально прорезает разрез карбонатных отложений балтинской и матламской свит поздней юры, образуя глубокое, протяженное Геналдонское ущелье. Севернее, слабо отклоняясь к северо-востоку, долина пересекает крутую моноклираль 25–30° терригенно-карбонатных отложений нижнего мела, образующих в рельефе квестовую гряду северного склона Скалистого хребта.

Моноклираль при слиянии Геналдона с р. Гизельдон пересекается на западе Балтинским и севернее Карцинским разломами субширотного простирания. На этом участке долина резко расширена и образует субширотную приразломную Кобанскую впади-

ну. В пределах впадины широко развит комплекс аллювиально-селевых террас и делювиально-пролювиальных шлейфов среднего – верхнего плейстоцена.

После пересечения нежнемеловой моноклинали русловая часть долины расширена и достигает 200–300 м. Севернее, ниже слияния с р. Гизельдон, долина, несколько сужаясь в поперечном профиле, вновь прорезает верхнеюрские карбонатные отложения, сохраняя широкую пойменно-русловую часть долины и формируя многорукавное русло шириной более 1 км.

Протяженность зоны транзита и примыкающей к ней зоны аккумуляции ледово-грязе-селевых накоплений составляет 13 км, объем накоплений без учета водной составляющей приблизительно оценивается в 4,5 млн м<sup>3</sup> [1].

По материалам дешифрирования, ледово-каменные массы не остановились у Кармадонских ворот, незначительная часть их, обогащенная водой, глубоко в них проникла.

Ниже Кармадонских ворот на протяжении 1,7 км днище каньона было заполнено ледово-каменными накоплениями, под которыми р. Геналдон в первые дни сформировала русло. Здесь были видны высоко расположенные и притертые к бортам селевые накопления.

Они представляют собой наиболее грубые фации накоплений, транспортировавшиеся селевым потоком на его начальной стадии, и спроецированы на ложе зоны транзита после спада водной составляющей потока.

Ниже по течению они распадались на отдельные крупные, до 20–30 м, блоки ледовых масс, эродируемые суженным руслом. Далее по течению каньона они сменяются обильным крупноглыбово-валунным материалом (1–1,5 м) следующей, щебнисто-глыбовой фации потока, сохранившейся на его бортах в эрозионной тени прирусловых контрфорсов коренных пород.



Фото 8. Санибанская фаза накоплений (III), затекающая в долину Кауридона по изогнутой поверхности и смещающая с разворотом масс отложения Канинской фазы (II) потока

У впадения левого притока Геналдона балки Скатыком вполне отчетливо проявляются эрозионно-аккумулятивные фазы потока менее грубой фации наносов, чем предыдущей. Они были сложены глыбово-щебнистым (до 0,3–0,5 м в поперечнике) неокатанным разнородным обломочным материалом с мелким щебнем и дресвой, с мелкоземом и блоками мертвого льда, формирующими просадочные блюдца на его поверхности. В северной части Геналдонского каньона, на переходе к Кобанской котловине, можно предположительно выделить три фазы потока по наличию эрозионных уступов, их разделяющих, наличию селевых валов между ними. Первая, самая высокая, выявлена фрагментарно в карманах приустевых частей боковых овражных врезов, вторая – легко прослеживается, подрезает предыдущую и образует вдоль долины протяженную поверхность, возможно, частично совпадающая с поверхностью террасы. Третья – видимо заключительная, подрезает с уступом разной степени сохранности предыдущую и выполняет приустьевую часть долины.

Ниже по течению третья волна, или фаза потока, имела бугристый рельеф, интенсивно эродируемый зарождающимся руслом. Первая фаза имеет продольный рисунок валов, вторая – с поперечной к направлению потока неровной поверхностью и третья – совпадающая с положением ранее имевшегося русла Геналдона и сложенная ледовыми останцами неправильной формы, частично размытыми ушедшими селевыми водами. Ледово-каменные глыбы наносов, размывавшиеся собственными селевыми водами на финальной стадии спада селевого потока, хорошо диагностировались ниже по течению в Кобанской котловине. Здесь вполне ощутимо дальнейшее уменьшение гранулометрии селевых наносов – преобладает щебнисто-дресвяный обломочный материал 0,1–0,3 м в поперечнике с редкими глыбами до 0,3–0,5 м в древесно-суглинистом заполнителе. Ниже по течению от слияния Геналдона с р. Гизельдон последняя уже в первые дни начала формировать свое русло, вписываясь в селевой рельеф накоплений. На этом участке аккумуляция селевых накоплений имела максимальный характер, заполняя долину от одного борта до другого, их поверхность имела сложный хаотичный рисунок с поперечными грядами и западинами, с невыдержанными, брошенными протоками ушедших селевых вод. Далее селевой поток переходит в чисто наносоводный, несущий только мелкозем, осаждающийся на многоостровную пойму долины. На поверхности поймы здесь лежали многочисленные древесные стволы – индикатор падения несущей способности потока. Еще ниже по течению на расстоянии 13 км от Кармадонских ворот наносоводный поток поглощался протоками ранее существовавшего русла. Это отчетливо читалось на поверхности поймы – по смене серых оттенков селевых накоплений на белый фототон руслового аллювия долины.

## ВЫВОДЫ

1. На северном склоне Казбекско-Джигарайского плато в зоне обрушения висячего ледника ледово-каменные массы не только сформировали ударную воронку в головной (тыловой) части ледника Колка, но частично были переброшены за гребень левобережной боковой морены, где сохранились в виде плащеобразного покрова. Там же, за боковой мореной, выявлены обвальные накопления более ранних обрушений, быть может – 1902 г.

2. В зоне деструкции ледника Колка обосновано наличие двух основных стадий выброса ледово-каменных накоплений: начальной, высокоскоростной (Генальской) и основной (Канинской), приведшей к эвакуации большей части глетчерного льда и обломочного материала из ложа ледника Колка.

Начальная высокоскоростная стадия потока сформирована из ледово-каменных масс лотка обрушения после их падения в головную часть ледника Колка. Она состояла преимущественно из ледовой составляющей с подчиненным количеством скальных пород, типичных для лотка обрушения. При своем перемещении вдоль долины Колки она занимала всю ее ширину и сформировала заплески левого и правого бортов долины на максимальном гипсометрическом уровне. В поперечном сечении над ледниками Колка и Майли поток имел уплощенную форму с максимальным его выкатом на правый борт долины и фронтальную часть ледника Майли.

Основная стадия выброса потока возникает вслед за прохождением начальной стадии и начинается с эвакуации головной (тыловой) части ледника Колка, затем выносятся его центральная часть из ледникового ложа и на заключительном этапе – оставшийся в нижней части ложа ледово-каменный материал. Головная часть выброса из-за наличия начального ударного воздействия и максимально возможного последующего разгона вниз по долине выносит наиболее крупный по размерности ледово-каменный материал и обладает наибольшей скоростью и несущей способностью. Эвакуации были подвергнуты в первую очередь обвальнo-осыпные накопления, пришедшие из лотка обрушения, в том числе сформированные до начала основной стадии обрушения. Головной поток своей массой выбил центральную часть глетчера Колки из своего ложа, затем прошел над его фронтом, лишь обломив его концевую часть. Далее при прохождении над абляционной мореной поток, вероятно, ее срезает и дополнительно разгоняется по поверхности мертвого льда на этом участке.

В зоне сужения и поворота долины при слиянии с Майли основная часть потока прошла ниже уровня срединной морены и, отразившись от нее, ушла в долину Геналдона с выкатом на левый борт.

3. Ниже по течению от слияния Колка-Майли в зоне транзита начальная высокоскоростная и основная стадии потока были в противофазе, перемеща-

лись с временным интервалом друг за другом, что объясняет наложение следов потоков друг на друга на склонах долины.

Здесь выявлено сложное секущее и наложенное соотношение разновременных фаз общего потока, наличие сложной кинематики продольных и поперечных волновых колебаний. Проявлено по меньшей мере три флюктуации потока: *начальная*, с максимальным воздействием на склоны и лавинно-воздушным набросом обломочного материала, контактами несогласного прилегания и заполнением неровностей рельефа, образованием примазок ледово-каменного материала; *основная*, с площадными взаимоотношениями с ложем зоны транзита с абразионно-аккумулятивным характером потока, состоящая из нескольких флюктуаций; и *заключительная*, *финальная*, следы которой фиксируются в придонной части ложа и наложены на предыдущие фазы.

4. В зоне аккумуляции – Кармадонской котловине обосновано выделение трех последовательных фаз генераций накоплений: Генальской, начальной или фронтальной, занявшей пространство вдоль правого борта котловины; Канинской, основной или центральной, состоящей из двух подфаз, заполнивших центральную часть и левый борт котловины вплоть до Кармадонских ворот; Санибанской, финальной или тыловой, имеющей рисунок пластического течения и перекрывшей собой долину р. Кауридон. Фазы и подфазы накоплений отделены друг от друга поверхностями раздела, четко дешифрирующимися на аэрофото- и цифровых снимках. Они имели различный рисунок поверхности, отличавший их друг от друга и позволявший определить основные векторы перемещения масс.

5. В пределах зон транзита и аккумуляции гляцио-селевого потока ниже Кармадонских ворот выделен ряд фаций селевых накоплений, различаю-

щихся по гранулометрии и объемам накоплений, обусловленных изменением несущей способности потока в зависимости от его скорости. В Геналдонском ущелье на протяжении 1,7 км ниже Кармадонских ворот выделена фация мощных ледово-каменных накоплений, сменяющаяся далее крупноглыбово-валунной переходной фацией. Последняя у первого Геналдонского моста и ниже у балки Скатыком сменяется грубо-щелнистыми фациями с погребенным льдом, переходящими в Кобанской котловине в щелнисто-дресвяные накопления, слагающими далее основную часть долины р. Гизельдон вниз по течению. Завершают селевой вынос маломощные глинисто-дресвяные разности накоплений.

6. По морфологическим признакам в пределах селевых накоплений ниже по течению от балки Скатыком в северной части Геналдонского ущелья и вплоть до Кобанской котловины могут быть выделены три фазы (волны) селевого потока, формировавшиеся на фоне его спада. Первая, максимальная, фиксируется в бортах Геналдонского ущелья по высокому положению краевых частей потока на склонах, срезавших растительность и оставивших наносы в эрозионной тени устьев боковых овражных долин. Вторая – достаточно выдержанная вдоль левого и частично правого бортов долины и подрезающая предыдущую с образованием в ее фронте эрозионного уступа. Возможно совпадение второго уровня наносов на отдельных участках днища с уровнями голоценовых террас, что требует дополнительного уточнения в дальнейшем.

Морфологически в первые два уровня потока, срезая их, а на отдельных участках левого борта в Кобанской котловине их перекрывая вниз по течению, широко развиты накопления третьей волны. Они заполняют все поперечное сечение долины Гизельдона – от Кобанской котловины вплоть до границы фронта потока.

## Литература

1. **Васьков И.М.** Возможный механизм обвала и динамика движения ледово-каменных масс в верховьях р. Геналдон (на Центральном Кавказе в сентябре 2002 г.) // Вестник Владикавказского научного центра 2004, т. 4, № 2. С. 34–45.
2. **Котляков В.М., Ротомеева О.В.** Ледниковая катастрофа на Северном Кавказе // Природа, 2003, № 8, С. 15–23.
3. **Никитин М.Ю., Гончаренко О.А., Галушкин И.В., Кристиан Хуггел.** Дешифрирование района Геналдонской катастрофы 2002 г. на основе разнородных данных дистанционного зондирования // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах. Тезисы докладов Международной конференции в г. Владикавказ, 23–26 июня 2004 г. Владикавказ, 2004. С. 25–26.
4. **Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С.** По следам Геналдонской катастрофы: год спустя // Криосфера Земли, 2004, т. VIII, № 1. С. 29–39.
5. **Поповин В.В., Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С.** Гляциальная катастрофа 2002 года в Северной Осетии // Криосфера Земли, 2003, т. VII, № 1. С. 3–17.
6. **Ротомеев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н.** Исследование пульсирующего ледника Колка. – М., Наука, 1983, 168 с.