



Геотектоника и геосейсмика Дарьяпа как основная причина катастрофических обвалов Девдоракского и Геналдонского ледников Казбекского массива *

П.А. Варданянц

В продолжение почти всей второй половины прошлого столетия внимание многих исследователей было направлено в сторону выяснения причин, которые обуславливали периодические, катастрофического характера обвалы Девдоракского ледника. В результате этих исследований появилось много статей (Абиха, Фавра, Хатисяна, Висковатова, Духовского и др.), в которых мы находим попытки объяснить явление таких обвалов, но эти попытки мало осветили вопрос, оставшийся темным до самого последнего времени.

В начале текущего столетия новая грандиозная Геналдонская катастрофа 1902 года, сопровождавшаяся колоссальными человеческими жертвами, вновь пробудила внимание к подобному рода явлениям. Появились новые исследования (Штебера, Поггенполя, Пагирева и др.), но и на этот раз коренные причины катастрофы остались, в общем, не выясненными.

Загадка продолжала оставаться нерешенной, и я нахожу это неудивительным, так как все исследователи пытались разрешить вопрос о причинах обвалов на основании лишь тех фактов, какие они могли наблюдать на поверхности самого ледника, рассматривая таковой как нечто самостоятельное и не проникая мыслью в глубь земной коры, по отношению к которой ледник является лишь небольшим составным элементом.

В связи с детальными геологическими исследованиями, которые были произведены в

этой области мною с 1926 по 1930 гг., удалось выяснить новые геотектонические моменты, бывшие до этого неизвестными (соответственные материалы еще не опубликованы), и эти моменты, с моей точки зрения, проливают свет на темный до сего времени вопрос о причинах катастрофических обвалов ледников Казбекской группы.

Прежде чем перейти к изложению сущности моего объяснения, я отмечу, по возможности кратко, те основные моменты, которые предшествовали обвалам и сопровождали их, а также остановлюсь немного на объяснениях, которые были предложены прежними исследователями. Начну с последнего.

1. Почти все исследователи пытались объяснить катастрофичность завалов механическим действием воды, скопляющейся на площади питания ледника в большом количестве в связи с сильными ливнями. Эта ливневая вода устремляется вниз и, встречая на своем пути на поверхности и у конца ледника большие массы обычно рыхлых обвалов и завалов льда и снега, захватывает их и несет вниз по долине. В этом и заключается механизм катастрофы согласно предложенным объяснениям.

Геналдонская катастрофа ставится в связь, кроме того, с одновременным обвалом семи висячих ледников, питающих главный и спускающихся с водораздельного хребта, соединяющего горы Колкай-хох и Казбек. Но причина такого обвала осталась невыясненной. Как увидим ниже, исследователь (Поггенполь) был

* Перепечатано из «Известий государственного географического общества» (том LXIV, вып. 1, 1932 год).

довольно близок к истине.

Наконец была сделана попытка (Динник) объяснить катастрофические завалы наступанием ледников в связи с происходившим в это время накоплением больших масс снега и льда. Но наступания ледников Казбекской группы, притом достаточно значительные, происходили довольно часто, в то время как катастрофические обвалы представляют, в общем, очень редкое явление. В то же время не исключена возможность, что некоторые более мелкие обвалы были связаны именно с наступанием ледников.

2. Мы нигде не находим указаний на то, что одновременно с ледяным обвалом ниже по реке имели место крупные наводнения. Между тем таковые, притом, безусловно, еще более катастрофического характера, чем сам завал, неизбежно должны были бы иметь место, если механизм всей катастрофы обуславливался в действительности влиянием ливневых вод. В самом деле, обвал Девдоракского ледника в 1832 г. имел (по приблизительным подсчетам) объем до 15000000 куб. м (около 1500 000 куб. саж.). Если его механизм связан с действием воды, то объем таковой должен, безусловно, во много раз превосходить объем льда, т. е. для указанного случая должен измеряться величинами порядка не ниже 30 миллионов куб. м.

Но бассейн Девдоракского ледника имеет площадь всего около 10 кв. км, т. е. около 10000000 кв. м. Следовательно, здесь должно было выпасть не менее 3 м осадков ливневых вод, чтобы накопилось то количество воды, которое, как выяснено выше, является необходимым, если завал приводился в движение именно водой. Я полагаю, что такое количество дождевых осадков для района горы Казбек является совершенно невероятным.

Далее во всех описаниях мы находим указания на необычную быстроту движения обвала, намного превышающую 100 км в час. При пересчете на метры и секунды мы получим скорость свыше 30 м/сек., т. е. скорость урагана. Не удивительно, что при подобных скоростях вся катастрофа продолжается всего лишь несколько минут.

Но спрашивается, куда же так быстро исчезает вода, приводившая обвал в движение? Попробуем подойти к решению вопроса эм-

пирически и подсчитаем последовательно, какие нужно допустить средние расходы воды, чтобы она успела пройти вниз по ущелью в течение 1/2, 1, 2 и 10 часов. О большей продолжительности паводка говорить не приходится в связи с необычной быстротой развертывания событий при таких катастрофах.

Эти средние расходы равны (приблизительно):

20000 куб. м/сек при получасовом паводке;
10000 — при одночасовом,
5000 — при двухчасовом,
1000 — при десятичасовом.

Чтобы подчеркнуть колоссальность этих расходов для наших условий, укажу, что средний расход воды в р.Геналдон не более 3–4 куб. м/сек, а в р.Терек (в Дарьяльском ущелье), по видимому, не более 30–50 куб. м/сек. По данным Городновской, средний расход воды в р.Терек около г.Владикавказа немного ниже 100 куб. м/сек; по данным Чернецкого, при катастрофических паводках 1914 и 1929 гг., расход воды в р.Терек у г.Владикавказа достигал всего лишь 158 куб. м/сек (1914 г.) и 235 куб. м/сек (1929 г.). При этом в 1929 г. часть г.Владикавказа была затоплена. Кроме того, по данным Чернецкого, теоретический максимальный расход воды р.Терек у г.Владикавказа может быть равен от 629 куб. м/сек до 2515 куб. м/сек, и то при условии, если продолжительный ливень охватит весь бассейн р.Терек выше г.Владикавказа.

Между тем в имеющихся описаниях совершенно не отмечаются бедствия, причиненные наводнением. Главный «ужас» Девдоракских завалов заключался в том, что прекращалось сообщение по Военно-Грузинской дороге, и в том, что ледяной завал в южной части Дарьяла создавал подпруды для Терека, прорывы которой «могли», но практически не создавали новой катастрофы. Следовательно, нужно исключить воду как движущий механизм обвала, так как таковой воды в действительности вероятнее всего не было.

3. Все исследователи, занимавшиеся после обвалов опросом местных жителей, вполне согласно отмечают такой факт: «за неделю, за две до обвала в горах начинали падать камни в таких местах, где они никогда (т. е. в течение продолжительного времени – Л. В.) не падали». Обстоятельство, с моей точки зрения,

очень существенное, так как оно не стоит ни в какой причинной связи с теми явлениями, с помощью которых объясняли до сих пор подобные ледниковые обвалы.

4. Далее во всех случаях указывается, что всегда впереди движущегося завала, предшествуя ему, проносится страшный воздушный вихрь, сметающий все на своем пути и причиняющий не меньше бедствий, чем сам завал. Если принять уже предложенные объяснения, то наличие вихря совершенно непонятно, так как он не может возникнуть под влиянием завала, который начинает движение с постепенно увеличивающейся скоростью. Непонятность этого момента отмечают также и некоторые исследователи. Я полагаю, что момент возникновения вихря и момент начала движения обвала разделены некоторым промежутком времени и что вихрь возникает как следствие какого-то очень сильного сотрясения, толчка, энергия которого несоизмеримо велика в сравнении с энергией самого завала.

5. Остановлюсь, наконец, еще на одном обстоятельстве, которое в глазах прежних исследователей осталось незначительным, так как они не подходили к решению вопроса с геотектонической точки зрения. Именно: за несколько часов до обвала Геналдонского ледника резко изменился режим горячего минерального источника, гриффон которого расположен всего в 100 м от конца этого ледника. Вода источника, обычно совершенно прозрачная, помутнела, дебит источника увеличился и стал пульсирующим!

Перейду к изложению сущности моего объяснения. Начну с краткого описания геотектонического строения района к северу от горы Казбек. Мои исследования в Дарьяльском ущелье, в бассейне р. Кабахи (левый приток р. Терек), а также в бассейнах рр. Геналдон и Гизельдон дали возможность установить наличие здесь двух очень крупных антиклиналей, имеющих приблизительное широтное направление. Из них северная опрокинута к северу, южная же почти стоячая. Между анти-

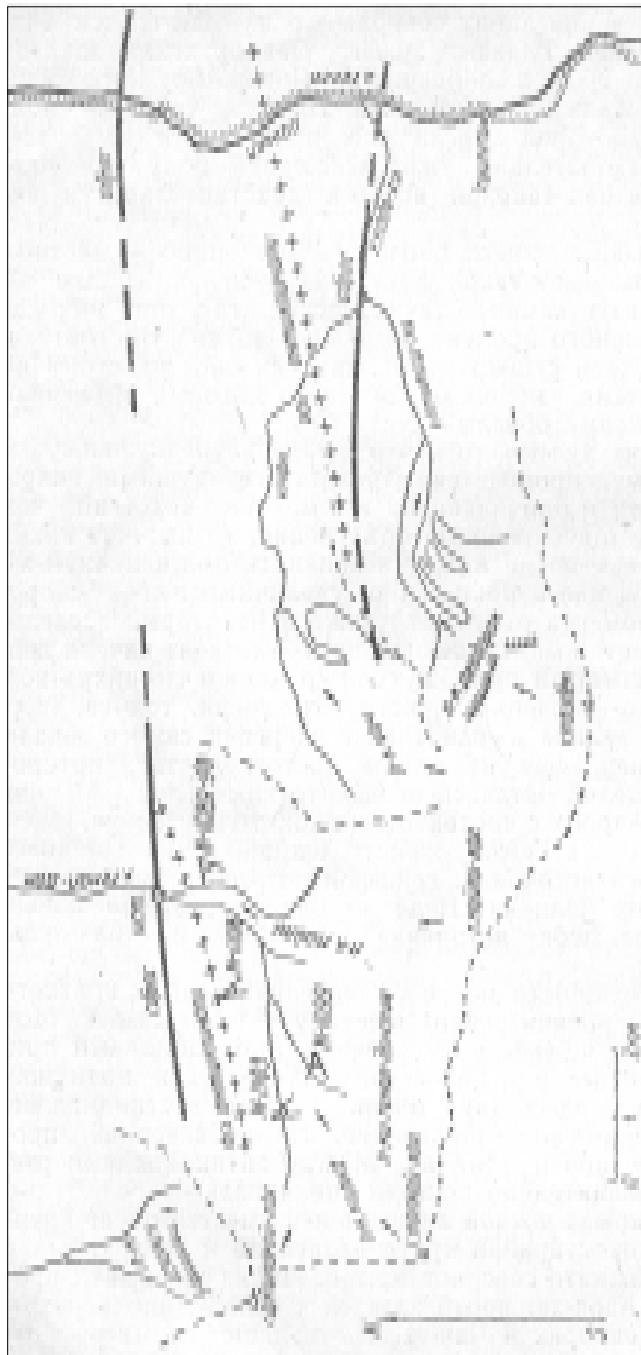


Рис. 1. Схематическая карта северных отрогов г. Казбек. (< Место, номер и угол зрения фото).

клиналями располагается связующая их сравнительно пологая синклиналь.

Вдоль южного крутого крыла южной антиклинали имеется очень крупный разрыв, при широтном простирании круто падающий к северу.

Вдоль этого разрыва поднято северное крыло. Линия разрыва, проходящая почти точно по р. Кабахи, протягивается к западу вдоль водораздела между ледниками Девдорак и Чач, а еще дальше скрывается от наблюдений под ледяным покровом северного склона горы



Рис. 2. Общий вид с ENE на котловину Генал-донских ледников. Впереди ледник Майли. Вдали: направо вершина Джимарай-хох (Шау-хох); посередине в облаках Колхай-хох; налево под облаком вершина Майли (фото № 1089-1090; снимок автора).

Казбек. Значительно западнее этот же, по-видимому, разрыв появляется вновь и ясно прослеживается в бассейнах рр. Фиагдон и Ардон.

По северную сторону антиклиналей наблюдается аналогичный разрыв, тоже с широтным простиранием, но с углом падения, очень близким к 90° , и вдоль поверхности этого разрыва, который косо срезает обе антиклинали, поднято южное крыло.

Вполне ясно, что между двумя сходящими книзу сбросами находится горст, сложенный веерообразно расположенными антиклиналями (см. рис. 1). Очень знаменательно то, что так называемое Дарьяльское ущелье располагается полностью и целиком в пределах этого горста, и при внимательном исследовании легко заметить, что в южной части Дарьяла, как раз там, где р. Терек пересекает линию южного разрыва (или его продолжения), непрерывно действует некоторый фактор, систематически задерживающий углубление более верхней части долины р. Терек и оставляющий почти неизменным ее базис эрозии, принимая за таковой уровень площадки Гвилетской долины.

В свете подобной геотектонической картины к особо важным моментам нужно отнести то, что горячий минеральный источник, о котором упоминалось выше, расположен абсо-

лютно точно на линии северного разрыва, ограничивающего горст Дарьяльского ущелья. Этот факт стал известен лишь после моих детальных геологических исследований в этой области.

Время образования веерообразной антиклинали выяснено не вполне точно. По-видимому, это имело место в одну из главных для Кавказа орогенических фаз альпийской складчатости, т. е. в плиоцене. Но самый горст, с моей точки зрения, продолжает подниматься еще и по настоящее время, о чем я могу судить по многочисленным наблюдениям, сделанным при моих исследованиях в Горной Осетии. В пользу этого говорит также и то, что Дарьял даже в последние годы бывает эпицентром довольно сильных землетрясений (Райко). Подробное изложение этих фактов является предметом специальной работы. Этим именно обстоятельством, т. е. непрерывным подниманием горста, и обусловлено существование самого Дарьяла, так как поднимающийся горст оставляет неизменным базис эрозии верхней части бассейна р. Терек, в то время как ниже горста эрозия работает вполне свободно. Самое поднимание горста, вполне понятно, происходит до известной степени прерывисто, т. е. скачками, и должно сопровождаться более или менее сильными землетрясениями.

Позволю себе уклониться немного в сторону и укажу, что в Кассарском ущелье по Военно-Осетинской дороге в геоморфологическом отношении мы имеем почти полную копию Дарьяла, причем Кассарское ущелье расположено на западном продолжении Дарьяльского горста. Отмечу еще и то, что высочайшие вершины этой части Центрального Кавказа находятся в пределах этого горста или южнее, но в непосредственном соседстве с ним, входя в состав соседнего с горстом клинообразного поднятия, имеющего несколько меньшую амплитуду, нежели центральный горст.

Возвращаясь к теме, я остановлюсь хотя бы кратко на некоторых морфологических особенностях интересующих нас ледников Казбекской группы. Ледники эти должны быть отнесены к числу полурегенерированных, и общие черты их продольного профиля и плана представлены на рис.3, где дана схема ледника Дзариу той же ледниковой группы. Как видно из этой схемы, ледник разделяется на две части – верхнюю и нижнюю. Верхняя получает питание из фирновых полей снеговых вершин и заканчивается внизу ледяной стеной, висящей над крутым скалистым обрывом (см. фото №1066; табл. III; фиг. 7). Нижняя часть ледника получает питание двумя путями. Второстепенное питание – за счет непрерывных, узких ледяных потоков, спускающихся непосредственно с вершины, главное же – за счет постоянных, мелких обвалов и лавин, отрываю-

щихся от нижней ледяной стены верхней части ледника.

Очень интересен механизм таких обвалов и лавин. Начало обвала сигнализируется сильным треском, грохотом или даже громоподобным раскатом, ясно доносящимся на расстояние до нескольких километров. В самый момент таких «громовых» раскатов отколовшиеся массы льда еще не движутся, не падают, а как бы висят неподвижно. Точнее рассуждая, они, конечно, движутся, но скорость их движения и пройденный ими путь, в связи с законом падения тел при ускорении равном $9,81$ м/сек, становятся заметными при реальных масштабах ледников только через 1-2 сек. В тот момент, когда вся масса обвала уже упадет к подножию обрыва, она в силу хаотического движения отдельных ее частей как бы останавливается, принимая состояние неустойчивого равновесия, но уже через 1-2 сек. лавина начинает двигаться вниз по наклонной поверхности, притом с нарастающей скоростью. Наиболее сильное сотрясение воздуха совпадает с моментом первых расколов льда, а не с последующим падением лавины.

Возвращаясь к нависающей ледяной стене верхней части ледников, укажу ее размеры. Высота ее, т. е. толщина льда около 50 м, или даже больше; длина стены поперек ледника измеряется сотнями метров, а для Девдоракского ледника она превышает 1000 м. Следовательно, если в силу какого-нибудь сильного сотрясения от такой стены оторвется полоса, имеющая ширину только 50 м, то следы этого будут практически почти незаметны, между тем объем такого обвала будет превышать 2500000 куб. м, т.е. будет того же порядка, как и Девдоракские завалы. Если исключить трение, то такой обвал, оторвавшийся от ледяной стены Девдоракского ледника, имеющей отметку около 4000 м, достигнет р.Терек, т. е. отметки 1400 м, при среднем уклоне пути обвала около 1:3 до 1:4, через 70-80 сек, разлив в конце пути скорость свыше 230 м/сек. В таких условиях понятна необычная быстрота развития событий при катастрофах подобного рода

Заканчивая обзор фактических материалов, отмечу еще одно обстоятельство. В 1902 г., по-видимому, перед самым обвалом Генал-донского ледника, бывшей Терской областной чертежной была произведена съемка бассейна

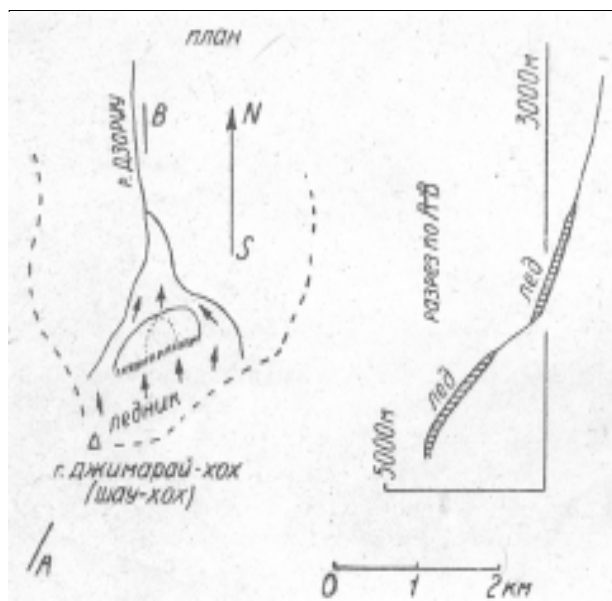


Рис. 3. Ледник Дзариу.



Рис. 4. Ледник Майли с NW. Налево гора Казбек; направо гора Майли-хох (фото № 1108, снимок автора).



Рис. 5. Висячие ледники NW отрогов горы Майли-хох. Вид с NW (фото № 1103; снимок автора).

р.Геналдон в масштабе 1:16800. По качеству эта съемка невысока, но топограф вполне правильно указал на карте, что Геналдонский ледник состоит из двух: западного и восточного. Из них восточный спускается с северо-западных склонов вершины горы Казбек, а западный – с вершин Колкай-хох и Джимарай-хох (на картах эти вершины обычно называ-

ются: первая – Гимарай-хох, а вторая – Шау-хох). По данным этой съемки, западный ледник имел длину на 1 км большую по сравнению с современным. Кроме того, поверхность западного ледника имела уровень более высокий, чем поверхность восточного. В настоящее же время такие соотношения не наблюдаются. Куда же исчез лед западного ледника?

Моя статья по существу закончена, так как выводы напрашиваются сами.

Для меня вполне ясно, что катастрофические обвалы ледников Казбекской группы связаны с сейсмическими явлениями и, анализируя факты применительно к Геналдонской катастрофе, я могу нарисовать следующую последовательность развития событий.

1. Непрерывное поднимание Дарьяльского горста вызывает появление в горных массах напряжений, постепенно усиливающихся и приуроченных преимущественно к поверхностям разрывов.

2. Эти напряжения достигают такой степени, что становятся, так сказать, «невыносимыми», в связи с чем начинаются первые фазы разрядки – первые подвижки, которые обуславливают падение камней в таких местах, где они до этого не падали.

3. Начавшаяся разрядка напряжений прогрессирует и заканчивается резким разрядом, сначала на глубине (изменение режима горячего источника), затем на поверхности. Такой резкий разряд сопровождается сильным сотрясением, преимущественно в пределах самого горста, в связи с чем происходят расколы наименее связанных масс, т. е. льда. То и другое вместе вызывает появление в воздухе колебательного движения, усиливающегося в глубоких ледниковых котловинах благодаря резонансу и достигающего степени вихря, который устремляется вперед раньше, нежели хаотически нагроможденные массы обвала успеют получить ориентированное поступательное движение.

4. Заключительный момент. Громадные массы обвалившегося льда и камней, уже «организовавшиеся», устремляются с нарастающей скоростью вниз по ущелью. Подобная лавина останавливается либо перед барьером, каковым является правый склон Дарьяльского ущелья для Девдоракских завалов, либо исчерпав живую силу движения, как это было при

Геналдонской катастрофе.

Заканчивая свою статью, я выражу сожаление, чтобы кто-либо другой, заинтересовавшись этим вопросом, обработал записи сейсмических станций, расположенных на Кавказе или вблизи него, по тем годам, в которые имели место крупные ледниковые обвалы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В прошлом столетии и в начале текущего имели место неоднократные катастрофические обвалы Девдоракского и Геналдонского ледников Казбекской группы. Многочисленные исследования, производившиеся здесь в продолжение десятков лет, не могли достаточно осветить причину таких обвалов, и большинство исследователей приходило к заключению, что такие обвалы происходят в связи с сильными ливнями, дающими громадное количество воды. Последняя, по мнению предыдущих исследователей, скопляясь первоначально в области питания ледников, затем устремляется вниз и захватывает при этом с собой громадные массы льда, снега и камней.

Между тем сделанный мною анализ прежних наблюдений вполне ясно показывает, что вода почти не принимала участие в генезисе завалов, которые были «сухими», т. е. состояли почти исключительно из камней, снега и льда.

Основываясь на своих геологических наблюдениях, сделанных в этом районе с 1926 по 1928 г., я связываю образование завалов с геотектоникой и сейсмикой Дарьяльского горста, который продолжает подниматься и в настоящее время. Последнее подтверждается также тем, что Дарьяльское ущелье еще и сейчас (1915 г.) бывает эпицентром довольно сильных землетрясений.

В отношении Геналдонской катастрофы большое значение может иметь следующий факт. Около конца Геналдонского (Майлийского) ледника имеется горячий минеральный источник, расположенный абсолютно точно на линии сброса, ограничивающего Дарьяльский горст с севера. За несколько часов до катастрофы этот источник резко изменил свой режим, именно — источник помутнел, его дебит увеличился и стал пульсирующим. Это должно указывать на то, что катастрофе безусловно предшествовали явления глубинного характера, т. е. сейсмические.

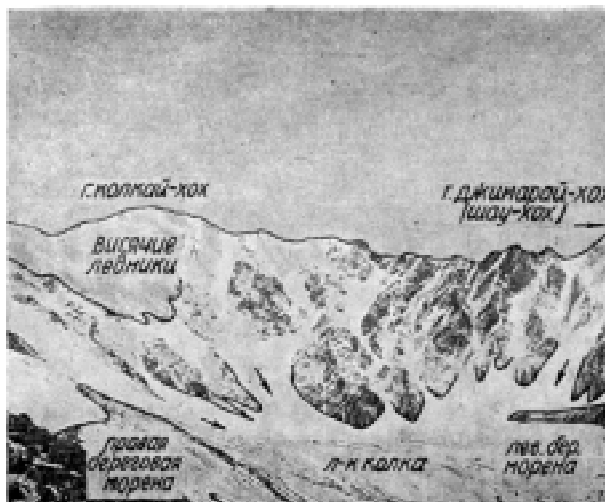


Рис. 6. Гора Колкай-хох и ледник Колка с Е. Направо южный склон горы Джимарай-хох (фото № 1099; снимок автора).

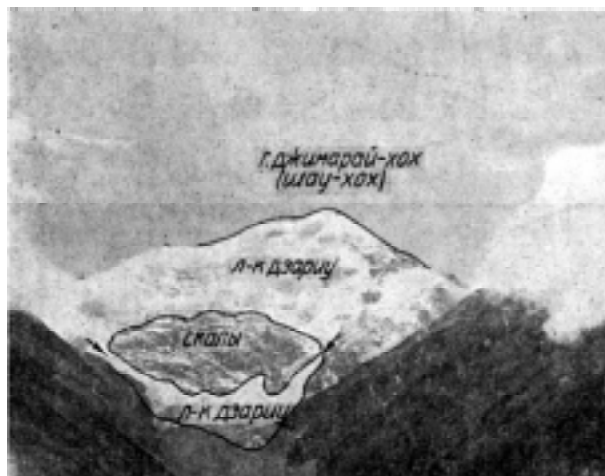


Рис. 7. Гора Джимарай-хох (Шау-хох) и ледник Дзариу с севера (фото № 1066; снимок автора).

Девдоракский и Геналдонский ледники, подобно другим ледникам Казбекской группы, полурегенерированные. В связи с этим нижняя часть данных ледников получает главное питание за счет систематических обвалов, отрывающихся от «висячей» ледяной стены верхней половины ледника. Сама же ледяная стена имеет длину иногда более 1 км, при толщине льда до 50 м.

При землетрясениях, обусловленных скачкообразным подниманием Дарьяльского горста, от ледяной стены висячей части ледников должны отрываться целые «ленты». При ширине, равной только 50 м, такая лента даст обвал объемом до 2500000 куб. м, т. е. того же порядка, как и при Девдоракских завалах, объем которых, по приблизительным опреде-

лениям, был равен 15000000 куб. м.

Только в условиях таких обвалов, вызванных сейсмическим сотрясением, могут получить объяснение также и те страшные воздушные вихри, которые, по имеющимся описаниям, всегда предшествуют завалам, опережая их на несколько минут или секунд.

Литература

1. **Abich Н.** Etudes sur les glaciers actuels et anciens du Caucase. Tiflis, 1870.
2. **Висковатов А.А.** О периодическом Казбекском завале. Зап. Кавк. Отд. Русск. Геогр. О-ва кн. VI, 1864 г.
3. **Городновская Е.В.** Химич. исслед. воды р. Терек в пределах г. Владикавказа в 1923—1924 гг. Изв. Горск. сел.-хоз. ин-та. Вып. III. Владикавказ, 1926.
4. **Динник Н.Я.** Современные и древние ледники Кавказа. Зап. Кавк. Отд. Русск. Геогр. О-ва, кн. XIV, 1890.
5. **Духовской А.И.** Наблюдения за Девдоракским ледником в 1909—1912 гг. в связи с данными о нем с 60-х годов XIX стол. Изв. Кавк. Отд. Русск. Геогр. О-ва, т. XXIII, 1915 г.
6. **Н.Е.** Ледниковые обвалы в истоках р. Геналдон на Кавказе. Реферат статьи Штебера, Изв. Кавк. Отд. Русск. Геогр. О-ва, т. XVI, № 5, 1903.
7. **Обвал** Геналдонского ледника. Ежег. Кавк. Горного О-ва в Пятигорске. 1902—3 гг. № 1, Пятигорск 1904.
8. **Пагирев Д.Д.** Падение ледников с Гимарайхоха. Изв. Кавк. Отд. Русск. Геогр. О-ва, т. XV, 1902.
9. **Поггенполь Н.В.** По северным долинам Казбекского массива и первое восхождение на Майлихох. Ежег. Русск. Горного О-ва, III, 1903.
10. **Райко Н.В.** Материалы для составления каталога землетрясений района Кав-Мин. Вод. Т-ды Бальнеолог. Ин-та на Кав. Мин. Водах, т. III, 1926 Пятигорск.
11. **Райко Н.В.** Дополнительные материалы о землетрясениях района Кав. Мин. Вод. Т-ды Бальнеол. Ин-та на Кав. Мин. Водах, т. IV, 1927, Пятигорск.
12. **Сборник** сведений о завалах, упавших с горы Казбек с 1776 по 1878 г. на В.-Груз. дорогу. Тифлис. 1884.
13. **Фавр Э.** О Кавказских глетчерах вообще и в особенности о глетчере Девдорак. Горный Журнал, № 2 1869.
14. **Хатисян Г.С.** Краткий очерк действия двух комиссий для исследов. Казбекских ледников в 1862 и 1863 гг. Зап. Кавк. Отд. Русск. Геогр. О-ва, кн. VI, 1864.
15. **Чернецкий Я.И.** Матер. к изучению коэфф. стока верховьев р. Терек. Водный комитет р.Терек, вып. МП, Владикавказ. 1930.
16. **Штебер Э.А.** Ледниковые обвалы в истоках р. Геналдон на Кавказе. Екатеринославское научн. о-во, т. II, № 7, 1803.
17. **Штебер Э.А.** Поездка на Геналдон в 1902 г. Санибанская катастрофа. Зап. Кавк. Горн. О-ва II, 1903.

Концепция Л.А. Варданянца остается актуальной

С.н.с. ИГЕМ РАН, к. г.-м. н. А.Г. ГУРБАНОВ

Выяснение причин периодических катастрофических обвалов Девдоракского и Геналдонского ледников начало интересовать ученых со второй половины XIX века (Абих, Фавр, Хатисян и др), а в начале XX века эта проблема возникла вновь (Штебер, Поггенполь, Пагирев и др.). Следовательно, проблема катастрофических обвалов ледников в этом регионе не нова. Однако выяснить основные причины этих катастрофических явлений не удалось, так как в то время изучалась только поверхность ледников и оценивалось влияние на нее ливневой воды, скопившейся в области питания ледников, а также движение ледников при их наступлении. К сожалению, при этом не учитывалась роль

эндогенных процессов в глубинах земной коры в произошедших катастрофических явлениях.

Левону Арсентьевичу Варданянцу, при проведении в 1926-1930 гг. геологических исследований в районе этих ледников, впервые удалось расшифровать роль неотектоники в образовании катастрофических обвалов на ряде ледников Казбекской группы. Он реально оценил роль всех возможных механизмов образования катастрофических обвалов ледников, предложенных предыдущими исследователями, и убедительно показал, что они не могут быть ответственными за эти катастрофические события. На основании детальных геологических исследований Л.А. Варданянц, еще 70 лет на-