

«Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа»
Труды II Международной научно-практической конференции, посвящённой 10-летию со дня создания Владикавказского научного центра РАН и Правительства РСО-А
Владикавказ, 2010, с.171-179.

Характерные геоморфологические признаки каменных лавин

Докукин М. Д.,
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
Савернюк Е. А.,
научный сотрудник
ГУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик

Каменные лавины (rock avalanche) – довольно редкие, но грандиозные разрушительные гравитационные экзогенные процессы в горах, которые возникают *вследствие обвалов* скальных массивов в результате нарушения их устойчивости под влиянием сейсмо-тектонических, вулканических, климатических, экзогенных, техногенных и других процессов. Основные отличительные особенности каменных лавин – высокая скорость движения (150-450 км/час); колоссальные объёмы перемещаемого обвального материала (от нескольких сотен тысяч кубометров до нескольких кубических километров); большая дальность перемещения (от первых километров до 20 км).

Каменные лавины отмечены в разных районах мира – от Аляски до Новой Зеландии. Северный Кавказ также не исключение – Шхельдинский обвал [1], описанный Н. Я. Динником, каменная лавина на леднике Бартуйцете 1959 г. [2], ранее считавшаяся поверхностной мореной на леднике [5], и ледово-каменная лавина в долине р. Харгабахк [3], обнаруженные и описанные по данным сравнительного дешифрирования разновременных аэрофото- и космических снимков, Р. А. Тавасиевым описан обвал в Мамисонском ущелье в 2008 г. [7]. Выделяют древние каменные лавины, в том числе вал Тюбеле в долине р. Баксан [11], который раньше принимали и за конечную морену [4], и за отложения селя.

Большое значение для понимания самого процесса и обнаружения мест возможного возникновения каменных лавин (rock avalanche) имеет изучение исторических свидетельств и обнаружение следов современных и древних каменных лавин. Предварительные выводы об идентификации отложений каменных лавин можно получить по данным дешифрирования ДЗЗ и аэрофотоматериалов. Подтвердить факт схода каменной лавины позволяют сравнение разновременных снимков и разнообразные методы полевых исследований. Известны случаи неоднократного схода каменных лавин на одних и тех же участках долин и склонов [3, 6, 9, 10], что даёт основание считать опасными участки, где обнаружены отложения каменных лавин.

В настоящей работе предпринята попытка выявить основные геоморфологические признаки каменных лавин, по которым можно обнаруживать следы их схода в различных районах Северного Кавказа с помощью ДЗЗ. Были использованы следующие материалы: аэрофотоснимки 1957, 1960 гг., космические снимки Quick Bird из программы Google Earth от 26.08.2006, 23.10.2004, космический снимок GeoEye от 19.09.2008.

Терминология

Под каменными лавинами авторы понимают гравитационные явления лавинного характера, в составе обвальных масс которых преобладает каменный материал, а лёд имеет подчинённое значение (т.е. случаи ледниковых лавин, подобных Колкинской катастрофе 2002 г. в Северной Осетии в данной работе не рассматриваются).

От места отрыва до участка конечного отложения обвальных масс каменная лавина проходит значительный путь, в пределах которого можно выделить зоны и участки.

Авторами принята следующая терминология: *зона отрыва* – ниша или стенка отрыва и

участок начального движения скального блока; *зона падения* – наиболее крутой участок склона, на котором обвальные массы набирают максимальную скорость; *участок наката* – синоним термина Run-Up в англоязычной литературе – участок на котором обвальные массы после зоны падения взбегают вверх на противоположный склон основной долины; *зона транзита* – зона, в которой проходит движение обвальных масс в виде высокоскоростного обломочного потока, сопровождающееся *заплесками* на поворотах и частичным отложением обломочного материала в виде продольных валов, обмазки склонов и массивов промежуточной аккумуляции на пологих участках тальвега; *зона отложения* – зона аккумуляции основных масс каменной лавины.

Зона отрыва

Зона отрыва каменных лавин представлена нишами или стенками отрыва. Спустя несколько лет после обвала скального блока ниша преобразуется экзогенными процессами и её довольно трудно установить по данным ДЗЗ. Сравнение разновременных аэрофото- и космических снимков может помочь при поиске ниш оторвавшихся скальных блоков [2, 3]. В зоне отрыва в начальный момент движения при скольжении скального блока, опирающегося на ледник, возможно срезание части ледника и вовлечение этой массы в каменную лавину [3]. Оторвавшийся скальный блок нередко бывает покрыт ледниковым льдом. В зоне отрыва может быть обнаружено несколько участков, с которых в разное время начинались каменные лавины.

Зона падения

В зоне падения происходит дезинтеграция скального блока. Ширина зоны поражения каменной лавиной в нижней части увеличивается в несколько раз, достигая 500-600 м на неограниченных береговыми моренами или склонами участках долин. На склоне остаются отдельные крупные глыбы и большей частью мелкодисперсная составляющая (отложения пылевого облака). В нижней части зоны падения перед участком наката при выходе на пологую поверхность днища основной долины крупные глыбы могут вообще не отлагаться, и даже дерновый покров сохраняется нетронутым (нет ям выбивания, борозд, срывов дёрна). Это отчётливо видно на космическом снимке Quick Bird от 26.08.2006 г. [3] и позволяет предположить о наличии эффекта воздушной подушки.

По данным [8] при наличии береговых морен, ускоряющих движение потока, ниже ледника откладывались блоки до 9 м в поперечнике. Обломки ориентированы параллельно движению потока, что также хорошо отмечается на аэрофотоснимках.

Участок наката (Run-Up)

В начале зоны транзита при выходе обвальных масс со склона в основную долину с углом атаки порядка 50-80° неизбежно происходит их накат (забегание) на противоположный склон. Высота наката может достигать 335 м [8].

На склоне участок наката распознаётся по заметной дуге с более пологой нисходящей частью кривой, ограничивающей участок, покрытый тонким, еле заметным плащом отложений с отдельными крупными глыбами. Наличие на склоне нескольких дуг наката на разных высотах и разной сохранности говорит о неоднократном сходе каменных лавин. По углу атаки можно восстановить расположение зоны отрыва.

Участок наката отсутствует, если нет резкой смены направления между зоной падения и зоной транзита.

Зона транзита

Анализ продольного профиля Харгабахской ледово-каменной лавины показал, что в зоне транзита на углах наклона тальвега менее 4-5° происходит частичное отложение обвальных масс [3]. При превышении этих углов следы каменной лавины можно обнаружить по наличию продольных валов с расстоянием между ними 120-160 м (рис.1) или линий (границ) обмазки склоновых отложений и выходов скал.

Можно говорить о различиях в рисунке зоны транзита скальных и полускальных обвальных масс. В случае Харгабахской ледово-каменной лавины обвальные массы представлены песчанико-аргиллитовой толщей почти чёрного цвета и линия обмазки хорошо

видна по всей зоне транзита на обоих склонах. Сквозь обмазку отчётливо просматриваются все неровности микрорельефа и скальные поверхности (рис. 1, б). Продольные валы характерны для отложений скальных пород (рис. 1, а). Нередко резкая граница бровок валов и границ обмазки подчёркивается особым развитием древесной растительности [3].

На пути следования каменных лавин практически не происходит подрезок склона и обрушений, в отличие от зон транзита селевых потоков с резкими фестончатыми бровками селевых врезов, что видно при сравнении снимков до и после каменной лавины.

Характерной чертой зон транзита каменных лавин являются *заплески* на участках поворотов русел. Бывает, что почти вся масса каменной лавины проносится по одному из бортов русла, оставляя другой борт незатронутым. Высота *заплесков* значительно меньше чем участков *наката*.

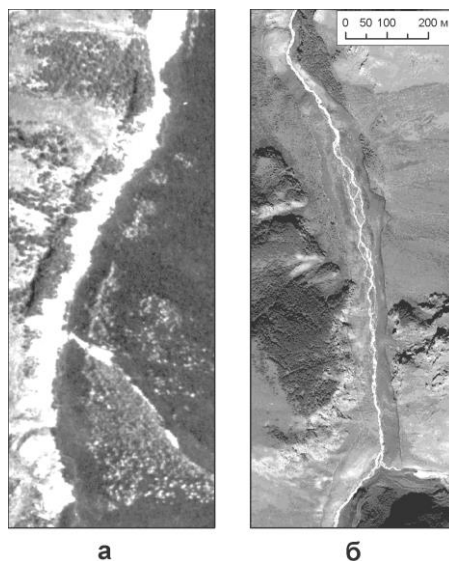


Рис. 1. Зоны транзита каменных лавин на аэрофотоснимках и космических снимках: а - долина р. Шхельды (аэрофотоснимок 1957 г.); б - долина р. Харгабах (космический снимок Quick Bird от 26.08.2006 из программы Google Earth).

Зона отложения

Отложения каменных лавин занимают довольно протяжённые (700-1000 м) участки днищ долин (рис. 2). Ширина зоны отложения составляет от 80-100 м до 300 м. Характерным признаком отложений каменных лавин является выдержанный по ширине заметный резкий выпуклый перегиб фронтальной границы. Эти признаки зоны отложения отличают её от форм конечных морен долинных ледников последних стадийальных подвижек «малого ледникового периода», для которых характерны размытые в осевой зоне невысокие поперечные дугообразные валы, продолжающиеся на склонах и переходящие в гипсометрически более высокие береговые морены.

Часто каменные лавины сопровождаются селевыми потоками, проходящими в результате блокирования речного стока отложившимися массами. Поэтому большая часть поверхности отложений каменных лавин впоследствии перерабатывается селевыми потоками, что на первый взгляд может служить причиной отнесения их к селевым отложениям. Массивы отложений лавин, незатронутых селями, с характерной поверхностью хорошо различаются на снимках и проблем с определением генезиса отложений не возникает (рис. 2).

На космических снимках высокого разрешения хорошо различаются участки концентрации крупных глыб размером до 10-15 м (рис. 3). Это может быть обусловлено волнообразным поступательным характером движения потока (рис. 3).

При наличии прямого угла атаки при выходе в основную долину дальнейшего

продвижения обвальных масс по её днищу может не происходить, и весь материал отложится у подножия склона, как в случае вала Тюбеле в долине р. Баксан.

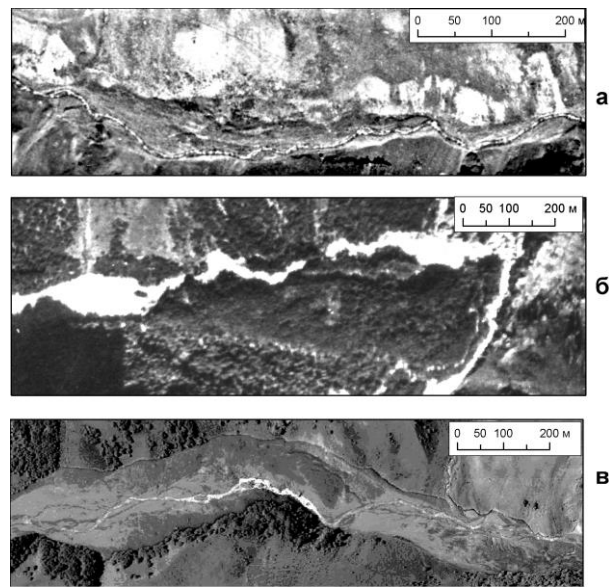


Рис. 2. Отложения каменных лавин на аэрофотоснимках и космических снимках:
а - долина р. Шароаргун (аэрофотоснимок 1960 г.); б - устье р. Шхельды
(аэрофотоснимок 1957 г.); в - долина р. Харгабахж
(космический снимок Quick Bird от 26.08.2006 из программы Google Earth).

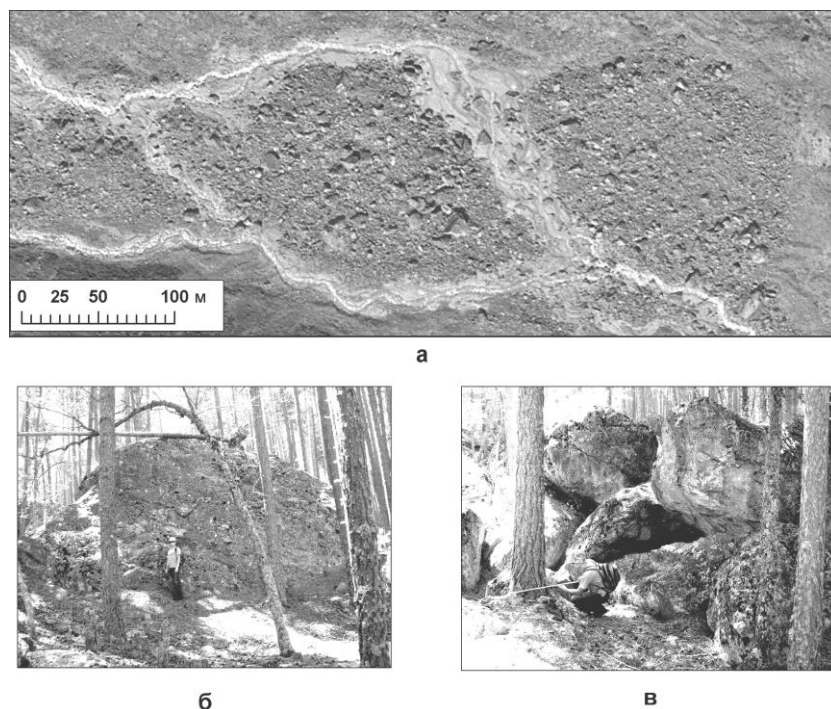


Рис. 3. Крупноглыбовые отложения каменных лавин:
а - в долине р. Юсеньги (снимок GeoEye от 19.09.2009. Данные компании GeoEye
находятся в собственности компании GeoEye, Inc. Все права защищены компанией GeoEye,
Inc.); б и в - в устье р. Шхельды (фото Савернюк Е.А. от 06.07.2008).

Каменные лавины на ледниках

Отложения каменных лавин на ледниках уверенно распознаются при сравнении с остальными участками ледника, или с соседними ледниками, а также при сравнении разновременных снимков (рис. 4).

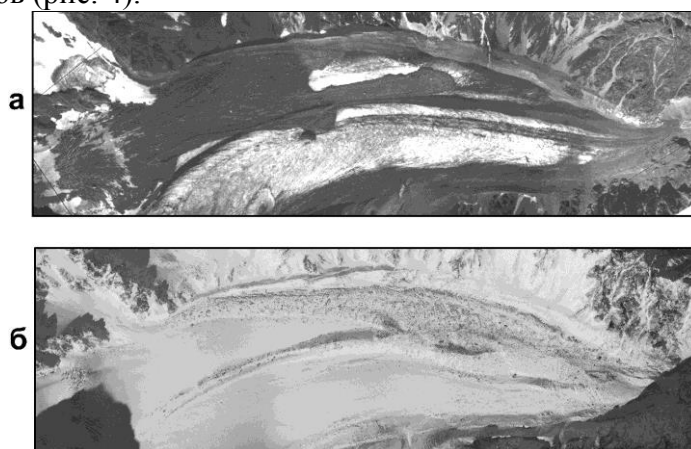


Рис. 4. Отложения каменной лавины на леднике Бартуйцете с разницей в 45 лет: а - аэрофотоснимок, 1959 г.; б - космический снимок Quick Bird от 23.10.2004 г. из программы Google Earth.

По прошествии десятков лет видимая ранее связь зоны отложения и зоны транзита в результате движения ледника пропадает. Но при этом появляется характерный морфологический элемент – «серповидная морена», отмеченный многими исследователями ледника Шхельда. Снимки ледника Бартуйцете в Северной Осетии наглядное тому подтверждение.

Выводы

Пример Харгабахской ледово-каменной лавины 2006 г. позволил выявить основные морфологические и дешифровочные признаки каменных лавин, по-новому интерпретировать аккумулятивные образования не только в этой, но и в других долинах, установить высокую активность обвальных процессов в горных районах Чеченской республики.

Современные каменные лавины довольно легко распознаются при анализе разновременных аэрофотоснимков и космических снимков. Однозначно определены факты сходов каменных лавин в долинах рр. Харгабахк, Шароаргун (Чеченская республика), на леднике Бартуйцете в долине р. Урух (Северная Осетия-Алания), а также в долине р. Юсенги на рубеже 1983-1988 гг. и долине р. Гижгит (Кабардино-Балкария).

Характерные признаки каменных лавин обнаружены в долине р. Данейламхи, в долине левого притока р. Хачаройахк (Чеченская республика). Было определено тело отложений каменной лавины в долине р. Шхельда бассейна Адыл-Су, описанной ещё Н. Я. Динником в 1884 г.[1]. По данным анализа ДЗЗ выявлены характерные продольные валы в долине р. Донгуз-Орун, что ещё необходимо подтвердить полевыми исследованиями.

В сложных случаях идентифицировать отложения каменных лавин можно на основе геоморфологического анализа долин с определением основных динамических зон каменных лавин и оценкой гляциальных, перигляциальных и аллювиально-пролювиальных форм аккумуляции.

Большая дальность переноса обломочных масс и отсутствие видимой связи отложений с зоной отрыва обвалов значительно маскируют реальную угрозу каменных лавин. Некоторые наиболее удобные участки днищ долин, безопасные в отношении селей и снежных лавин, и даже камнепадов и мелких обвалов, могут находиться в зоне поражения каменными лавинами. Процессы деградации ледников и высокие темпы освоения горных территорий повышают риск катастроф, что обуславливает актуальность поиска следов

прошлых каменных лавин во всех долинах Северного Кавказа.

Авторы выражают благодарность ИТЦ СканЭкс за любезно предоставленный космический снимок спутника GeoEye, а также С. С. Черноморцу за ценные замечания по терминологии к работе [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динник Н. Я. Горы и ущелья Терской области // Карачай и Балкария: страницы прошлого, вып. 11(16). Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых, 2009, с. 3-45.
2. Докукин М. Д. О каменной лавине в районе ледника Бартуйцете (Центральный Кавказ) // Известия ВГО, 1988, т. 120, вып. 4, с. 348-353.
3. Докукин М.Д., Савернюк Е.А. О возможности оценки угрозы каменных лавин (на примере долины р. Харгабахк, Чеченская республика) // В мире научных открытий. Красноярск, Изд-во ООО «Научно-инновационный центр», 2010. Вып. 3 (09), часть 4, с. 146-151. URL: <http://www.nkras.ru/articles/2010/94/index.html>.
4. Ковалев П. В. Геоморфологические исследования в Центральном Кавказе (бассейн р. Баксан). Харьков, Харьковский ун-т, 1957. - 162 с.
5. Ковалев П. В. Современное и древнее оледенение бассейна р. Урух // Материалы Кавказской экспедиции (по программе МГГ). Т.II. Харьков, Изд-во Харьковского ун-та, 1961, с. 107-144.
6. Хромовских В. С. Каменный дракон. М., Мысль, 1984. - 156 с.
7. Тавасиев Р. А. Природная катастрофа обошлась без жертв (Обвал скального массива около Козского озера, Мамисонское ущелье, Северная Осетия, Центральный Кавказ). URL: <http://www.travelvlad.com/tavasiev5>.
8. Evans S. G., Clague J. J., Woodsworth G. J., Hungr O. The Pandemonium Creek rock avalanche, British Columbia // Can. Geotech. J. 26, 427-446 (1989).
9. Schneider D., Huggel C., Caplan-Auerbach J., Bartelt P. Using seismic data to validate numeric simulation of large rock-ice avalanches. International Conference, Debris Flows: Disasters, Risks, Forecast, Protection. Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008.
10. Noetzli J., Huggel C., Hoelzle M., Haerberli W. GIS-based modelling of rock-ice avalanches from Alpine permafrost areas // Computational Geosciences (2006) 10, 161-178.
11. Rogozhin E. A., Gurbanov A. G., Marakhanov A. V. et. al. Ancient earthquake dislocations in area of Elbrus Volcano, North Caucasus // Russian Journal of Earth Sciences, 2004, vol. 6, No. 4, p. 293-309.