

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЛАВИН В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ

*Селиверстов Ю. Г., *Созаев С. Х., Харьковец Е. Г.,
Турчанинова А. С., Глазовская Т. Г¹, Клименко Е. С.*

**Географический ф-т МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва,
*ИП Созаев, Владикавказ**

На аэрофотоснимке верховьев долины р. Баксан, сделанном предположительно в конце 40-х—начале 50-х годов XX века, заметны безлесные участки на днище долины, лес на которых возможно был уничтожен в результате воздействия снежных лавин - Чегетская поляна, поляна Азау и место расположения п. Терскол (рис. 1). Другая возможная причина образования полейн - вырубка деревьев. В последующие годы эти участки частично заросли лесом, значительная их территория была застроена.

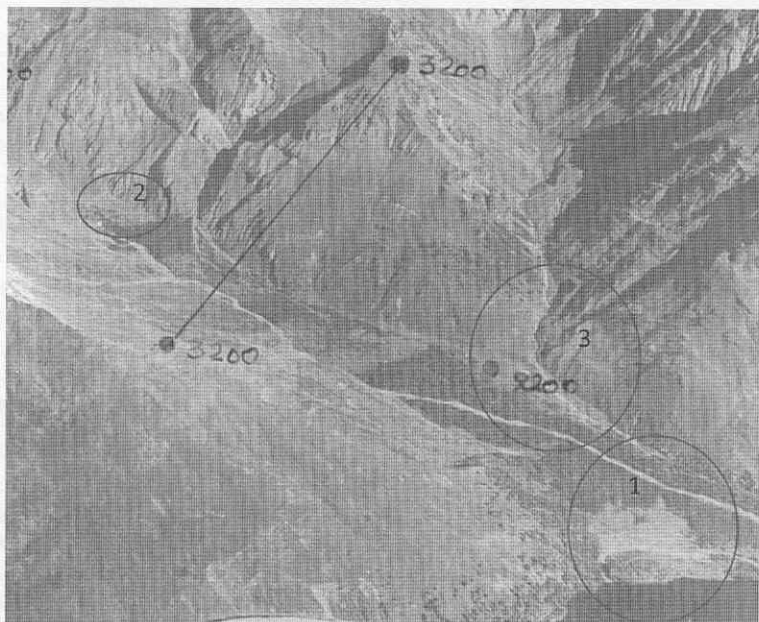


Рис. 1. Безлесные участки на территории Приэльбрусья в середине XX века.
1 - Чегетская поляна; 2 - поляна Азау; 3 - месторасположение п. Терскол.
Показаны также некоторые высотные отметки

В литературе [2, 10] содержатся сведения о сходявших в 30-е годы на поляны Чегет и Азау лавинах, собранные при опросах местных жителей. Однако, точные характеристики этих лавин, включая дальность выброса, не были определены. Таким образом, лавинный генезис полян является не полностью доказанным. Позднее данные участки подвергались воздействию лавин, имевшему катастрофические последствия. 9 января 1987 г. лавина с г. Когутай сошла на Чегетскую поляну, уничтожив строения на рынке и повредив фасад гостиницы «Чегет». 30 января 1993 г. лавиной был разрушен один из домов Учебно-научной базы МГУ на поляне Азау. Сход катастрофических лавин вызвал определенные дискуссии об их происхождении. Подвергалась сомнению возможность схода лавины естественного происхождения таких размеров на поляну Азау. Однако, и по настоящее время база находится в пределах видимого на снимке середины XX века безлесного участка.

Для установления возможного лавинного генезиса полян было выполнено моделирование снежных лавин с окружающих склонов. Определялись параметры лавин, которые могли достичь видимых на снимках границ. Моделирование выполнялось с использованием известных в отечественном лавиноведении методик [1, 3, 4, 5, 9, 11], а также созданной в швейцарском институте снеголавинных исследований двумерной динамической модели движения лавин RAMMS [12, 13]. В процессе работы использовались данные о имевших катастрофические последствия фактических лавинах и снежном покрове района исследования [3, 6, 7]. Для получения информации о рельефе местности при выполнении расчетов была создана цифровая модель рельефа (ЦМР) Приэльбрусья. С использованием аэрофотоснимка и космических снимков высокого разрешения были составлены ортофотопланы района исследования на разные моменты времени, позволившие сопоставить соответствующие им границы лесной растительности.

Процесс моделирования лавин включал следующие этапы:

1. Выявление зон зарождения лавин с использованием сгенерированных по ЦМР карт углов наклона, определение направлений стока со склонов, создание контуров зон зарождения.

2. Расчет толщины снежного покрова в зонах зарождения разной обеспеченности с учетом высотного градиента ее изменения и экспозиции склонов.

3. Статистическое моделирование методом Монте-Карло объемов лавин разной обеспеченности по методике, предложенной В. П. Благовещенским [1].

4. Расчет динамических параметров возможных лавин (скорости, силы удара, высоты фронта) и их дальности выброса с использованием различных методик.

Процесс моделирования был апробирован на примере особо крупной лавины, сошедшей 6 декабря 1973 г. из лавиносборов №№ 9 и 10 северного склона г. Чегет. Параметры этой лавины описаны в работе Е. А. Золотарева [3], а сама лавина стала импульсом для создания им оригинальной методики определения дальности выброса лавин.

Расчет максимальной дальности выброса лавин показал, что лавины могут значительно превосходить достигнутую в 1973 г. границу при расчетах по методикам С. М. Козика и СН 517-80 и не доходят до нее при расчете по методике, используемой в ВСН 02-73. Только при изменении значения коэффициента трения вместо рекомендуемого 0,25 на 0,23 в формуле расчета скорости в ВСН 02-73 лавина достигает зафиксированной дальности выброса.

При расчетах по модели RAMMS с использованием полученных эмпирическим путем для высот более 2000 м в Альпах коэффициентов сухого (Кулонова) и вязкого (турбулентного) трения лавина с небольшими отклонениями вписывается в фактические границы 1973 г. Скорость лавины по ходу движения достигает 84 м/с, максимальная высота фронта лавины составляет 51 м, а максимальное давление равняется 2826 кПа. Подобранные для лавины с измеренными в 1973 г. размерами коэффициенты трения соответствуют лавине с периодом повторяемости 1 раз в 300 лет.

Видимую границу безлесного пространства на Чегетской поляне достигают лавины при расчете по методике Е. А. Золотарева. Максимальная дальность выброса, полученная по методикам С. М. Козика и СН 517-80, превосходит границы 50-х годов, а по методике ВСН 02-73 не доходит до нее. Для достижения указанной границы, коэффициент трения в используемом при расчете дальности выброса лавины уравнении по ВСН 02-73 должен равняться 0,21. Расчеты показывают, что все размещенные в последние годы на Чегетской поляне строения, а также построенная ранее гостиница «Чегет» находятся в зоне воздействия лавин.

Моделирование лавин, сход которых возможен на поляну Азау, дало следующие результаты. При расчете по методикам, используемым в нормативных документах по расчету лавинных нагрузок [4, 11], а Учебно-научная база МГУ была построена до их выхода в свет, остановка так называемых «максимально возможных» лавин происходит за несколько метров до разрушенного в 1993 г. дома. Вычисление по ме-

тодикам, также претендующим на установление «максимально возможных» границ распространения лавин и учитывающим только морфометрию лавиносборов [3, 5], показало, что база располагается на лавиноопасной территории, а лавины из лавиносбора № 40 (по кадастру МГУ) могут выходить на правый борт р. Азау. Схожие результаты получены при расчетах по методикам, учитывающим параметры лавин [1, 12]. При этом в расчет закладывались параметры лавины 30 января 1991 г., приводимые в работе [6]. Для описания лавины, достигающей границы леса на аэрофотоснимке середины XX века, наиболее подходят коэффициенты трения, используемые в Альпах для лавин с периодом повторяемости 1 раз в 100 лет, с объемом от 25 до 60 тысяч куб. м. Рассчитанная по методике В. П. Благовещенского [1] дальность выброса лавины, достигающей границы леса на снимке, соответствует лавине с объемом 40000 куб. м обеспеченностью 20 %. Таким образом, сход лавин естественного происхождения на поляну Азау, достигающих видимой на снимке границы, вполне возможен.

Расчет дальности выброса «максимально возможных» лавин из лавиносбора так называемой «Шанхайской» лавины почти по всем использованным методикам показал, что они перекрывают безлесный участок, на котором в настоящее время располагается поселок Терскол. Только при расчете по ВСН 02-73 лавина не доходит до границы, видимой на снимке середины XX века. Для вычислений по RAMMS использовались смоделированные параметры лавины - толщина отрыва снега 4 м (соответствует определенной экспертной оценкой обеспеченности 1 %), площадь зоны зарождения 21,8 га, плотность снега 400 кг/куб. м. Моделируемая лавина наиболее хорошо вписалась в видимые на снимке границы при применении в расчете значений коэффициентов сухого и вязкого трения, соответствующих альпийским лавинам с повторяемостью 1 раз в 300 лет. При этом расхождение между видимыми и рассчитанными границами не превышает 70 м в ту или иную стороны (рис. 2).

Рассчитанные максимальные значения скорости превысили 80 м/с, а силы удара составили около 3000 кПа. Возможность перекрытия «Шанхайской» лавиной территории поселка Терскол была установлена А. В. Руничем. Настоящее исследование подтверждает правильность сделанной им оценки.

Моделирование лавин в Приэльбрусье позволило сделать следующие выводы:

- Видимые на снимке середины XX века безлесные поверхности могли быть образованы лавинами.

- Период повторяемости этих лавин составляет 1 раз в 100—300 лет.



Рис. 2. Современный космический снимок п. Терскол. Непрерывной линией обозначена граница леса на аэрофотоснимке середины XX века, пунктиром - граница лавины, смоделированная с использованием RAMMS.

- Действовавшие в нашей стране РД по инженерным изысканиям в лавиноопасных районах (ВСН 02-73, СН 517-80) часто не учитывают возможность образования лавин с такой дальностью выброса. К примеру, лавины описываются моделью, заложенной в ВСН 02-73, с использованием средних коэффициентов трения 0,19—0,23 при рекомендуемом 0,25—0,3.

- Все смоделированные лавины вписываются в границы, определяемые по методикам С. М. Козика и Е. А. Золотарева, а часто не достигают их. Предполагаем, что в рассматриваемых лавиносборах возможны лавины с еще большей дальностью выброса.

- Лавины, сходящие на исследуемые территории, могут иметь катастрофические последствия, поскольку на этих территориях в на-

стоящее время располагаются жилые дома, гостиницы, хозяйственные постройки. При отсутствии надежной инженерной защиты в соответствии с постановлением Правительства РФ от 28 января 2006 г. № 47 (8) эти помещения следует признать непригодными для проживания, как расположенные в опасных зонах схода снежных лавин.

Литература

1. *Благовецкий В. П.* Определение лавинных нагрузок. Алма-Ата, изд-во «Гылым». 1991. 116 с.
2. *Залиханов М. Ч.* «Снежно-лавинный режим и перспективы освоения гор Кабардино-Балкарии». Нальчик, изд-во «Эльбрус», 1971, 191 с.
3. *Золотарёв Е. А.* Крупномасштабное картирование лавин и лавинной опасности. М., ВИНТИ, 1981, с. 51—95.
4. Инструкция по проектированию и строительству противолавинных защитных сооружений. СН 517-80. г. Москва. Стройиздат. 1980. 15 с.
5. *Козик С. М.* Расчет движения снежных лавин. Л., Гидрометеиздат, 1962, 76 с.
6. *Олейников А. Д., Володичева Н. А., Горецкий А. С.* О редком случае схода лавин в Приэльбрусье. Материалы гляциологических исследований, вып. 82, 1997, с. 64—70.
7. *Погорелов А. В.* Снежный покров Большого Кавказа. М., ИКЦ Академкнига, 2002, 287 с.
8. Постановление Правительства РФ от 28 января 2006 г. N 47. «Об утверждении Положения о признании помещения жилым помещением, жилого помещения непригодным для проживания и многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу».
9. *Рунич А. В.* Обоснование метода расчёта движения лавин для инженерных целей. Труды ВГИ, вып. 18, 1972, с. 26—60.
10. *Турманина В. И.* Растения рассказывают. М., изд-во «Мысль», 1987, 156 с.
11. Указания по расчету снеголавинных нагрузок при проектировании сооружений. ВСН 02-73.
12. *Bartelt, P.; Bühler, Y.; Buser, O.; Christen, M. & Meier, L.* 2012: Modeling mass-dependent flow regime transitions to predict the stopping and depositional behavior of snow avalanches, J. Geophys. Res., 117, F01015, doi:10.1029/2010JF001957.
13. *Christen, M.; Gerber, W.; Graf, Ch.; Bühler Y.; Bartelt, P.; Glover, J.; McArdell, B.; Feistl, T.; Steinkogler, W.* 2012: Numerische Simulation von gravitativen Naturgefahren mit «RAMMS» (Rapid Mass Movements). Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. 169, 282—293.