

Расчетная и фактическая максимальная дальность выброса лавины

The calculated and actual maximal avalanche run-out distance

БОБРОВА Д.А.

Младший научный сотрудник лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института (ДВГИ) ДВО РАН, аспирант ДВГИ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, darya-kononova@yandex.ru

BOBROVA D.A.

A junior researcher of the Laboratory of avalanche and mudflow processes of the Sakhalin Branch of the Far Eastern Geological Institute of the FEB RAS, a postgraduate student of the Far Eastern Geological Institute of the FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, darya-kononova@yandex.ru

Ключевые слова: максимальная дальность выброса лавины; методы расчета; динамические характеристики лавины; степень лавинной опасности.

Аннотация: для установления степени лавинной опасности при изысканиях и строительстве в лавиноопасных районах необходимо определять максимальную дальность выброса лавин. В статье анализируются результаты расчетов данной характеристики по наиболее часто используемым методикам. Показано, что эти методики часто занижают ее реальные значения.

Key words: the maximal avalanche run-out distance; calculation methods; dynamic avalanche characteristics; avalanche hazard level.

Abstract: estimating the maximal avalanche run-out distance is necessary to determine the degree of avalanche hazard for surveys and construction in avalanche areas. The article analyzes the calculation results of this characteristic using the most frequently applied methods. The authors show that these techniques often underestimate its real values.

Введение

В связи с широким освоением горных районов и необходимостью оценки в них лавинной опасности выбор методов расчета движения лавин является актуальной проблемой.

Для установления степени лавинной опасности при изысканиях и строительстве в лавиноопасных районах необходимо определять наибольшую дальность выброса лавин. Для ее расчета на сегодняшний день существуют методы, для применения которых необходимо знать параметры, зависящие в основном от характера рельефа и массы снежного пласта на склоне. Также требуется определять коэффициенты, характеризующие сопротивление движению лавины.

В данной работе анализируются результаты расчета предельной дальности выброса лавин по наиболее часто используемым методикам. Расчетные значения сравниваются с фактическими данными о сошедших лавинах, которые достигли больших значений дальности выброса, и на основе этого подбирается методика, позволяющая наиболее точно оценить максимальную дальность выброса при проектировании сооружений в лавиноопасных районах.

Методика исследования

Для анализа расчетных методов предельной дальности выброса лавин автором были выбраны наиболее часто используемые в практике методики, соответствующие трем физическим моделям их движения.

К гравитационным моделям движения лавин относятся методы расчета В.П. Благовещенского и В.Н. Аккуратова, проводивших свои исследования в Хибинских горах.

В.Н. Аккуратов вывел зависимость дальности выброса лавины (L , м) от ее объема [5]:

$$L = \alpha h_{\max} (1g\omega + 1), \quad (1)$$

где $h_{\max}$ — высота, измеренная от подножия склона до точки отрыва, м; α — эмпирический коэффициент, равный 0,48–0,55 для лотковых лавин и 0,72–0,75 для осовных; ω — объем снега, м³.

Основным входящим параметром здесь является объем лавины.

В.П. Благовещенский разработал модель, основанную на морфометрических характеристиках лавиносбора [2]:

$$v_{\text{л}} = \sqrt{2g \left(h - \frac{Hl}{L} \right)}, \quad (2)$$

где $v_{\text{л}}$ — скорость лавины, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с²; h — превышение места отрыва лавины, м, над точкой продольного профиля пути ее движения, в которой определяется $v_{\text{л}}$; H — превышение места отрыва лавины над местом ее остановки, м; l — горизонтальная проекция расстояния, м, между местом отрыва лавины и точкой продольного профиля пути ее движения, в которой определяется $v_{\text{л}}$; L — дальность выброса лавины, м.

По таблицам, составленным В.П. Благовещенским, можно определить отношение H/L . Зная величину H ,

можно узнать дальность выброса лавины L .

С.М. Козик представил лавину как материальную точку с поправкой на коэффициент трения. Наиболее благоприятными условиями для достижения максимальной скорости движения лавины (и, следовательно, наибольшей дальности ее выброса) будут полное отсутствие сопротивления среды (в методике С.М. Козика соответствующий коэффициент принимается равным нулю) и минимальный коэффициент трения лавины о поверхность скольжения (установлено, что его минимальное значение равно 0,3). Критический угол определяется из значения коэффициента трения и равен 16,7°, то есть в точке пересечения прямой, проведенной от точки отрыва лавины под углом 16,7°, с продольным профилем лавиносбора скорость лавины равна нулю, что означает остановку лавины в этой точке [3].

Ученые из Канадской лавинной ассоциации по описанию лавин применили гидравлическую модель, рассматривая лавину как движущийся водный поток [7]:

$$D = \frac{V^2}{2g(\mu \cos \psi + \tan \psi + (V^2/2\zeta h_m))}, \quad (3)$$

где D — дальность выброса лавины, м; ψ — крутизна склона в зоне отложения, град.; h_m — средняя толщина лавины в зоне отложения, м; μ , ζ — коэффициенты трения, характеризующие особенности поверхности скольжения лавины в зоне выноса лавинных отложений (вследствие того, что средняя скорость лавины в зоне отложения мала, значения μ составляют 0,25–0,30).

Для использования данного уравнения при расчетах максимальной дальности выброса необходимо знать значения коэффициентов трения лавинного тела о поверхность скольжения лавины. Их определяют эмпирически, что требует длительных наблюдений за лавиносборами с каждым конкретным типом подстилающей поверхности. Существующая таблица этих коэффициентов не охватывает всего многообразия типов местности, поэтому их приме-

нение при расчетах дальности выброса часто оказывается невозможным.

Результаты исследования

Результаты полевых наблюдений за лавинными процессами, проводившихся лабораторией лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН в 1978–2010 годах в низкогорье и среднегорье Кольского полуострова, о. Сахалина, Западного Кавказа, Курильских островов и Забайкалья, и анализ сведений о лавинах, приведенных в литературе, показывают, что в ряде случаев предельные значения дальности выброса лавин превышают расчетные.

Расчеты максимальной дальности выброса лавин проводились для Восточно-Сахалинских гор, Сусунайского хребта в окрестностях г. Южно-Сахалинска, Хибинских гор вблизи г. Кировска и Западного Кавказа (рис. 1). Лавиносбор, в котором была зарегистрирована лавина с максимальной дальностью выброса, находится в Восточно-Сахалинских горах на Чамгинском перевале и на склонах г. Граничной высотой 1511 м (рис. 2). Дальность выброса лавины здесь составила 3800 м, объем — 1,4 млн м³, высота линии отрыва — 1300 м, перепад высот — 800 м. Эта лавина была уникальна по своим параметрам. Фактическая дальность ее выброса превысила все расчетные показатели (бытует мнение, что лавины в низкогорьях имеют небольшую дальность выброса, но лавины с ее величиной почти 4 км редки даже для высокогорий Кавказа).

Результаты расчетов максимальной дальности выброса лавин, приведенные в табл. 1, показывают, что суще-



Рис. 1. Долина реки Мзымта. Лавиносборы в районе горнолыжного комплекса «Роза Хутор». Черными стрелками показано направление движения лавины (2008 г., Западный Кавказ, фото Н.А. Казакова)

Таблица 1

Расчетная и фактическая максимальная дальность выброса лавин

Место схода лавины	Площадь лавиносбора, км ²	Объем лавины, тыс. м ³	Расчетная дальность выброса лавины, м, по методике				Фактическая дальность выброса лавины, м
			С.М. Козика [3]	В.Н. Аккуратова [5]	В.П. Благовещенского [2]	Канадской лавинной ассоциации [7]	
р. Уюновка (Сусунайский хр.)	2,7	200	1900	1832	2036	770	1949
р. Скальная (Сусунайский хр.)	2	180	1767	1691	1893	690	1684
Долина р. Куньёк, г. Куэльпор (Хибинские горы)	0,6	60	1467	1604	1571	1200	2074
Чамгинский перевал, г. Граничная (Восточно-Сахалинские горы)	1,3	1400	2700	2387	2893	1980	3800
ГЛК* «Роза Хутор», Красная Поляна (Западный Кавказ)	0,8	200	5000	3213	3857	2100	5000

* ГЛК — горнолыжный комплекс.



Рис. 2. Лавина на Чамгинском перевале (Набильский хребет в Восточно-Сахалинских горах). Абсолютная отметка линии отрыва составляет 1300 м, нижней границы конуса выноса лавины — 500 м. Красной стрелкой показано направление движения лавины (03.01.1991 г., фото из архива СФ ДВГИ ДВО РАН)

ствующие методики часто занижают реальные значения этой характеристики. В том числе очень сильно занижает фактические результаты методика Канадской лавинной ассоциации [7], построенная на гидравлической модели движения лавин. Это связано с тем, что эти методы не учитывают генетические классы лавин.

Большая погрешность в расчетах связана с применением эмпирических коэффициентов, которые зависят от морфометрических параметров лавиносбора, характера подстилающей поверхности и не зависят от генетического типа лавины.

Анализ показал, что при решении прикладных задач предпочтительнее пользоваться методикой С.М. Козика [3], поскольку в его модели на лавину практически не действуют никакие силы, препятствующие ее движению.

Выводы

Проблема оценки динамических характеристик снежных лавин некоторых типов не имеет удовлетворительного решения, что не позволяет адекватно оценивать степень лавинной опасности для объектов и соору-

жений. Существующие отечественные и зарубежные методики расчета энергии, скорости и дальности выброса лавины главным образом основаны на использовании в качестве расчетных параметров морфометрических характеристик лавиносбора и массы снежного пласта в нем и, как правило, не учитывают состояние снежной толщи, изменяющееся в результате ее метаморфизма.

Существующие методики позволяют проводить расчеты динамических характеристик лавин с точ-

ностью, достаточной для решения практических задач (при инженерно-строительных изысканиях и т.д.) в районах высокогорья с резко расчлененным рельефом и V-образными долинами, в которых дальность выброса лавин в большинстве случаев ограничена рельефом. То есть эти методики можно использовать именно для районов высокогорья, так как ограничения в рельефе препятствуют дальнейшему движению лавины, а следовательно, и достижению высоких значений дальности ее выброса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божинский А.Н., Лосев К.С. Основы лавиноведения. Л.: ГИМИЗ, 1987. 280 с.
2. Дюнни А.К., Бялобжеский Г.В., Чесноков А.Г. Защита автомобильных дорог от лавин. М.: Транспорт, 1987. 61 с.
3. Козик С.М. Расчет движения снежных лавин. Л.: Гидрометиздат, 1962. 74 с.
4. Лосев К.С., Божинский А.Н., Гракович В.Ф. Прикладное лавиноведение. М.: ВИНТИ, 1991. 172 с.
5. Москалев Ю.Д. Динамика снежных лавин и снеголавинные расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 231 с.
6. Руководство по снеголавинным работам (временное). Л.: Гидрометеиздат, 1965. 397 с.
7. Handbook of snow / Edited by D.M. Gray, D.H. Male. Toronto, Canada: Pergamon Press, 1981. 776 с.