

ЗАВИСИМОСТЬ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАВИН НА САХАЛИНЕ ОТ ИХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ

КАЗАКОВА Е.Н.

Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, лаборатория лавинных и селевых процессов

Ключевые слова: лавина, лавиносбор, генетический тип лавины, дальность выброса лавины, скорость лавины.

Аннотация: расчет динамических характеристик лавин является важнейшим звеном оценки лавинной опасности территории, поскольку именно от них зависит воздействие лавины на объекты и сооружения. В большинстве случаев при оценке лавинной опасности территории фактические данные о динамических характеристиках лавин отсутствуют, поэтому и возникает необходимость в их расчете. Различные методики расчета этих характеристик дают большой разброс значений, что связано с использованием эмпирических коэффициентов и несовершенством моделей движения лавин.

Авторами настоящей статьи были рассчитаны скорости движения и дальности выброса лавин разных генетических типов для некоторых лавиносборов Сахалина с использованием различных методик. Полученные расчетные значения сравнивались с фактическими для выбора наиболее подходящих методик расчета.

Key words: avalanche, avalanche catchment, avalanche genetic type, avalanche run-out distance, avalanche speed.

Abstract: calculation of avalanche dynamic characteristics is one of the most important steps in assessment of avalanche hazard of a territory because they determine avalanche impact on objects and constructions. In most cases the actual data on avalanche dynamic characteristics are not available, so they should be calculated. Different calculation methods give large dispersion of values that is connected with use of empirical coefficients and with imperfection of avalanche movement models. The authors of the article calculated speeds and run-out distances of avalanches of different genetic types for some Sakhalin avalanche catchments using different methods. The calculated values were compared with the actual ones in order to choose the most appropriate method.

Расчет динамических характеристик лавин является важнейшим звеном оценки лавинной опасности территории, поскольку именно от них зависит воздействие лавины на объекты и сооружения (например, дальность выброса лавины ограничивает нижнюю часть лавиноопасной зоны, давление лавины на препятствие определяет уязвимость объекта и т.п.).

В большинстве случаев при оценке лавинной опасности территории фактические данные о динамических характеристиках лавин отсутствуют, в связи с чем возникает необходимость в их расчете. Различные методики расчета этих характеристик (в том числе скорости лавины) дают большой разброс значений, что связано с использованием эмпирических коэффициентов и несовершенством моделей движения лавин [5].

Существующие отечественные и зарубежные методики расчета энергии, скорости и дальности выброса лавин

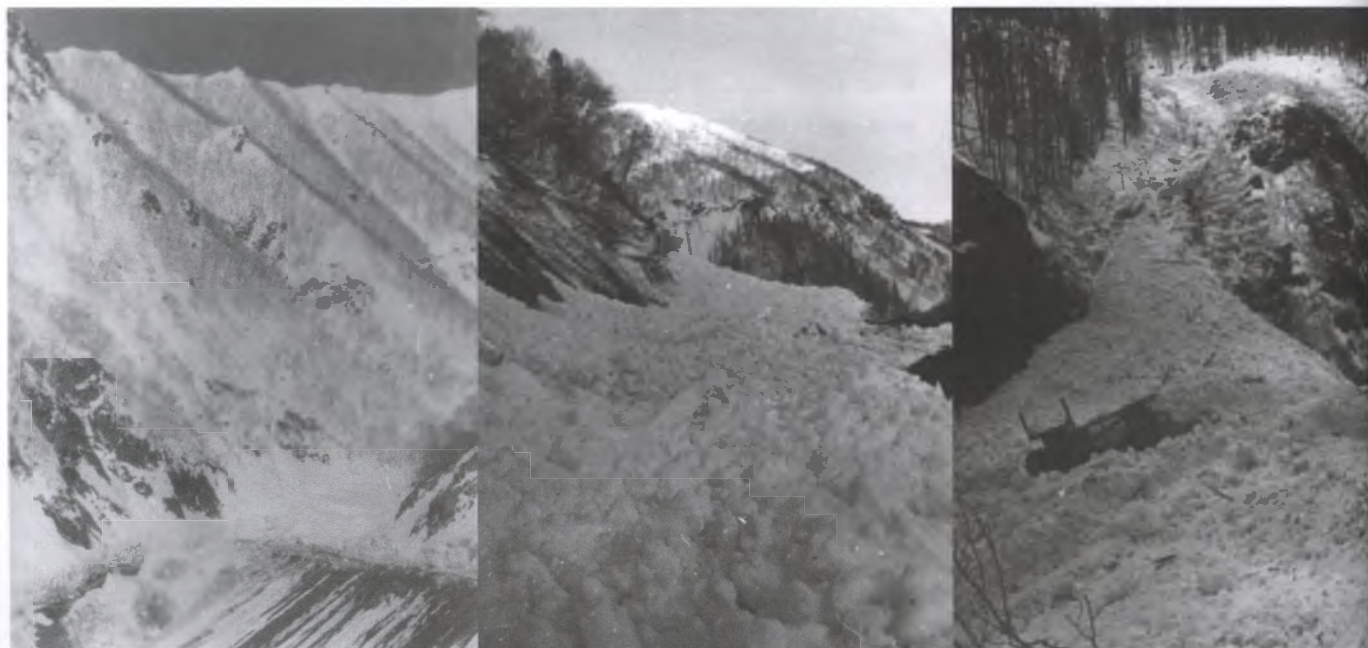


Рис. 1-3. Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал. Лавиносборы № 108-100, 112, 118

Таблица 1

Расчетная и фактическая средняя скорость движения лотковых лавин (Восточно-Сахалинские горы, бассейн ручья Хребтовый)

Местоположение лавиносбора (№)	Превышение лавиносбора, м	Средний уклон лавиносбора, °	Генетический тип лавины	Положение лавиносбора, м	Объем лавины, тыс. м³	Фактическая скорость лавины, м/с	Расчетная скорость лавины, м/с	
							По методике Канадской лавинной ассоциации [10], (1)	По методике, используемой при отсутствии экспериментальных данных [8], (2)
109	280	38	Мокрого снега	357	0,22	9	35	28
108	290	35	Смешанного снега (перекристаллизованного и мокрого)	417	0,30	22–25	33	29
109	320	38		410	0,35	22–25	35	30
112	130	42		155	0,12	17–19	37	20
118	100	31		165	1,90	12	30	17
125	210	38	Перекристаллизованного снега	308	1,20	21	34	24

Таблица 2

Дальность выброса и объем лавин разных генетических типов (Восточно-Сахалинские горы, бассейн ручья Хребтовый, лавиносбор № 109)

Генетический тип	Объем, тыс. м³	Дальность выброса, м
Мокрого снега	0,3	300
Смешанного снега (перекристаллизованного и мокрого)	0,3	406
Свежевыпавшего снега	0,1	300

базируются в основном на использовании в качестве расчетных параметров морфометрических характеристик лавиносборов и массы снежного пласта в них и, как правило, не учитывают состояние снежной толщи, изменяющееся в результате ее метаморфизма [1].

Существующие модели движения лавин не учитывают разницы в движении лавин разных генетических типов [6].

Лавины острова Сахалин разделяют по генезису на четыре типа [4]: (1) свежевыпавшего снега; (2) смешанного снега; (3) перекристаллизованного снега; (4) мокрого снега.

Динамические характеристики лавин разных генетических типов различаются. Например, скорость и дальность выброса у лавин перекристаллизованного снега достигают больших значений, чем у лавин мокрого снега.

Нами были рассчитаны скорости и дальности выброса лавин для некоторых лотковых лавиносборов в Восточно-Сахалинских горах [3, 5] для сравнения их с измеренными значениями (табл. 1) по представленным ниже методикам.

Методики расчета скорости лавин

1. Методика Канадской лавинной ассоциации [10].

По методике [10] используется следующая формула расчета скорости лавины:

$$U = \sqrt{\xi R(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}, \quad (1)$$

где ξ — коэффициент турбулентного трения; R — гидравлический радиус лавины, равный толщине снежной лавины, движущейся по открытым склонам, м; α — средний уклон зоны транзита лавины, ° (град); μ — коэффициент кинетического трения.

2. Методика, используемая при отсутствии экспериментальных данных [8].

По методике [8] используется следующая формула расчета скорости лавины:

$$U = K_L \sqrt{2g(\sin \alpha - f_L \cos \alpha) S_a}, \quad (2)$$

где K_L — коэффициент, принимающий значение 0,5 для канализованных (лотковых) лавин и 0,3 для неканализованных лавин (осовов); α — средний угол наклона склона от наивысшей точки отрыва по наибольшему уклону до точки, в которой уклон равен 23° (точки начала торможения лавины), или до любой точки выше нее, ° (град); f_L — коэффициент трения, равный 0,2 при движении лавины по снежной поверхности и 0,25 при ее движении по грунту; S_a — длина пути лавины до точки расчета скорости лавины, но не ниже точки с уклоном 23° , м.

Методики расчета дальности выброса лавин

1. Методика В.Н. Аккуратова [9].

По методике [9] используется следующая формула расчета дальности выброса лавины:

$$L = \alpha h_{\max} (1g \omega + 1), \quad (3)$$

где ω — объем снега, м³; h_{\max} — высота, измеренная от подножия склона до точки отрыва, м; α — эмпирический коэффициент.

2. Методика В.П. Благовещенского [2].

Дальность выброса по методике [2] можно определить из следующей формулы расчета скорости лавины:

$$U = \sqrt{2g \left(h - \frac{Hl}{L} \right)}, \quad (4)$$

где U — скорость лавины, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с²; h — превышение места отрыва над точкой продольного профиля пути движения лавины, где определяется U , м; H — превышение места отрыва лавины над местом ее остановки, м; L — горизонтальная проекция расстояния между этими же точками (дальность выброса



Фото 4. Восточно-Сахалинские горы, руч. Хребтовый

Расчетная и фактическая дальность выброса лотковых лавин									
Местоположение лавиносбора (№)	Пре-выше-ние, м	Уклон, °		Генетический тип лавины	Объем, тыс. м ³	Расчетная дальность выброса, м			Фактическая дальность выброса, м
		средний	в зоне отложений			По методике В.Н. Аккуратова [9], (3)	По методике В.П. Благовещенского [2], (4)	По методике С.М. Козика [7]	
Восточно-Сахалинские горы, бассейны ручьев Хребтовый и Скалистый									
08-1	250	33	6	Мокрого снега	0,10	390	568	800	390
109	220	36	5		0,30	398	440	700	300
213	104	40	-		0,15	172	-	347	110
109	320	38	5	Смешанного снега (перекристаллизованного и мокрого)	0,30	579	627	700	406
112	130	37	4		0,10	203	241	467	170
118	100	31	6		1,90	222	227	1367	165
204	490	35	-		1,70	1078	-	1633	290
207	430	40	-		6,00	1068	-	1433	505
96	215	36	5		3,50	508	467	700	500
59	400	25	16	Смешанного снега (перекристаллизованного и свежеевыпавшего)	61,00	1203	1250	1167	570
108	250	33	6		0,03	322	610	633	40
108	850	33	8		1400,00	3159	2656	2833	3800
174	536	25	14		205,00	1759	1914	1787	1150
55	230	34	1	Свежеевыпавшего снега	-	-	-	733	482
106	130	41	7		0,04	176	241	400	150
106-2	130	41	7		0,05	182	241	400	150
106-3	131	41	7		0,03	163	-	400	180
108-3	430	37	6		-	-	878	1400	570
109	220	36	5		0,10	343	440	700	300
111	210	38	7		0,60	413	389	633	270
128-1	200	37	3		0,40	375	455	667	270
182	150	31	-		0,20	257	-	500	270
Сусунайский хребет									
Бассейн ручья Скальный	460	16	10	Смешанного снега (перекристаллизованного и свежеевыпавшего)	160,00	1484	-	1533	1330
Бассейн реки Уюновка	670	15	6		500,00	2334	-	2233	2500
Бассейн реки Перевальная	440	23	13		75,00	1370	1571	1467	1050
Мицунский хребет, гора Джамбул									
2	205	33	8	Смешанного снега (перекристаллизованного и свежеевыпавшего)	1,50	445	-	683	320

лавины), м; l — горизонтальная проекция расстояния между местом отрыва лавины и точкой продольного профиля пути движения лавины, где определяется U , м.

3. Графоаналитический метод С.М. Козика [7].

По методике [7] на продольном профиле лавиносбора из точки, соответствующей верхней границе зоны зарождения лавины (линии отрыва), проводят горизонтальную и вертикальную

координатные оси и наклонную линию под углом $\alpha = 16,7^\circ$. Ее пересечение с продольным профилем определяет расчетную границу выброса лавин заданной повторяемости и заданных характеристик лавиносбора.

Результаты

Скорости лавин были рассчитаны для некоторых лотковых лавиносборов Восточно-Сахалинских гор (рис.

1–3). Как видно из табл. 1, скорости лавин, рассчитанные по формуле (2) для лавин смешанного типа (перекристаллизованного и мокрого снега), близки к фактическим значениям. Однако для мокрых лавин использовать эту методику нельзя, так как расчетные значения получаются очень завышенными.

Фактические дальности выброса лавин разных генетических типов различаются. Например, зарегистриро-



Рис. 5. Сусунайский хребет, р. Перевальная. Лавинный снежник



Рис. 6. Бассейн р. Уюновка, р. Скальная, Сусунайский хребет. Красной линией выделены границы лавиносбора



Рис. 7. Мицульский хребет, гора Джамбул

ванная дальность выброса лавины смешанного снега (перекристаллизованного и мокрого) на 1/3 больше дальности выброса лавины мокрого снега такого же объема, сошедшей в том же лавиносборе (Восточно-Сахалинские горы, бассейн ручья Хребтовый, лавиносбор № 109). Дальность выброса лавины свежеснеговой, сошедшей в том же лавиносборе, составляет 300 м, как и у лавины мокрого снега, но при объеме в три раза меньше (табл. 2).

Наибольшие дальности выброса наблюдаются у лавин перекристаллизованного снега и у лавин смешанного снега. Так, дальность выброса самой большой из зарегистрированных на Сахалине лавин составила 3800 м, причем более 3100 м она прошла по руслу ручья с уклоном менее 16° (Чамгинский перевал, ручей Хребтовый). Это была лавина смешанного снега объемом 1,4 млн м³.

Дальности выброса были рассчитаны для некоторых лавиносборов Восточно-Сахалинских гор, Сусунайского и Мицульского хребтов (рис. 4–7). При расчете дальностей выброса лавин различные методики дали большой разброс значений (табл. 3).

При сравнении расчетных значений дальности выброса лавины с фактическими нельзя сделать однозначного вывода о точности тех или иных методик расчета. При объемах лавин менее 500 тыс. м³ расчетные значения выше фактических (что, однако, может быть связано с тем, что рассчитываются максимальные значения). При объемах лавин более 500 тыс. м³, наоборот, фактические значения сильно превышают расчетные.

Выводы

По результатам сравнения расчетных (с использованием различных методик) и фактических значений скорости движения и дальности выброса ря-

да лавин на Сахалине можно сделать следующие выводы.

1. Наибольших скоростей достигают лавины смешанного снега и лавины перекристаллизованного снега.

2. Методики расчета скорости для лавин смешанного снега и перекристаллизованного снега дают значения, близкие к фактическим. Однако они не могут использоваться для лавин мокрого снега, так как расчетные значения для последних получаются очень завышенными.

3. Для лавин смешанного и перекристаллизованного снега значения скоро-

стей, наиболее близкие к фактическим, дает методика расчета по формуле (2), используемая при отсутствии экспериментальных данных [8].

4. Наибольших дальностей выброса достигают лавины смешанного снега и лавины перекристаллизованного снега.

5. Наименьших дальностей выброса достигают лавины мокрого снега.

6. Используемые методики расчета дальностей выброса для лавин смешанного снега большого объема (более 500 тыс. м³) дают значения, являющиеся сильно заниженными по сравнению с фактическими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боброва Д.А., Казакова Е.Н., Рыбальченко С.В. Расчетная и фактическая максимальная дальность выброса лавин // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: Материалы Международной конференции «Геориск-2009». М.: РУДН, 2009. С. 106–110.
2. Дюнин А.К., Бялобжеский Г.В., Чесноков А.Г. Защита автодорог от лавин. М.: Транспорт, 1987. 61 с.
3. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкогорье о. Сахалина как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахалин-2» // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2008. № 6. М.: МАИК, 2008. С. 483–496.
4. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В., Казакова Е.Н. Лавины на низких склонах. Гляциология от Международного геофизического года до Международного полярного года // Тезисы докладов XIV Гляциологического симпозиума. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2008. С. 48.
5. Казаков Н.А., Окопный В.И., Жируев С.П., Генсиоровский Ю.В., Аникин В.А. Лавинный режим Восточно-Сахалинских гор: Материалы гляциологических исследований. 1999. Вып. 87. С. 211–215.
6. Казакова Е.Н., Боброва Д.А., Рыбальченко С.В. Давление лавины на препятствие в низкогорье и высокогорье на примере Сахалина и Западного Кавказа // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: Материалы Международной конференции «Геориск-2009». М.: РУДН, 2009. С. 310–314.
7. Козик С.М. Расчет движения снежных лавин. Л.: Гидрометиздат, 1962. 74 с.
8. Лосев К.С., Божинский А.Н., Гракович В.Ф. Прикладное лавиноведение. ВИНТИ: Сер. «Гляциология». М.: ВИНТИ, 1991. 172 с.
9. Москалев Ю.Д. Динамика снежных лавин и снеголавинные расчеты. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 231 с.
10. Снег: Справочник / под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мэйла; пер. с англ. под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 751 с.