

# ЗАВИСИМОСТЬ ДАЛЬНОСТИ ВЫБРОСА ЛАВИН ОТ МОРФОЛОГИИ И МОРФОМЕТРИИ ЛАВИНОСБОРА В УСЛОВИЯХ САХАЛИНА

**БОБРОВА Д.А.**

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

**Ключевые слова:** лавина, лавиносбор, дальность выброса, морфологический тип лавиносбора.

**Аннотация:** основная часть населенных пунктов на острове Сахалин подвержена воздействию лавин малых объемов. Однако, несмотря на небольшие объемы, эти лавины достигают высоких показателей дальности выброса и наносят значительный ущерб хозяйству и населению области. Дальность выброса лавин — это одна из их важнейших динамических характеристик. Определение ее зависимости от средней ширины зоны транзита и от таких параметров лавиносбора, как его морфологический тип, превышение и средний уклон, является главной целью настоящей работы. Для анализа мы выбрали 16 лавиносборов разных морфологических типов (лотковых и осовных), расположенных в разных районах Сахалина.

**Key words:** avalanche, avalanche catchment, avalanche run-out distance, morphological type of avalanche catchment.

**Abstract:** most settlements on the Sakhalin Island are exposed to impact of avalanches of small volumes. Nevertheless those avalanches have long run-out distances and cause considerable damage to the economics and population of the area.

Avalanche run-out distance is one of the most important dynamic characteristics of avalanches. Determination of its dependence on the average width of the transit zone and such parameters as morphological type, elevation and average incline of the avalanche catchment is the main purpose of this work. For this analysis we have selected 16 avalanche catchments of different morphological types located in different parts of Sakhalin.

На сегодняшний день разработаны и существуют модели движения лавин, на основе которых определяются их динамические характеристики. Для использования этих моделей необходимо знать параметры, зависящие от характера рельефа и массы снежного пласта на склоне. Также требуется определять коэффициенты, характеризующие сопротивление движению лавины (коэффициент турбулентного трения и др.), которые зависят в основном от подстилающей поверхности склона, скорости лавины и формы объектов, расположенных в зоне ее действия [1]. Знание этих эмпирических коэффициентов позволит наиболее достоверно охарактеризовать движение лавины и определить границу зоны ее воздействия (в том числе рассчитать та-

кую важнейшую динамическую характеристику, как дальность выброса) и рассчитать ее скорость и давление на препятствие в любой точке зоны транзита. Данные характеристики позволяют определить степень лавинной опасности при изысканиях и строительстве в лавиноопасных районах.

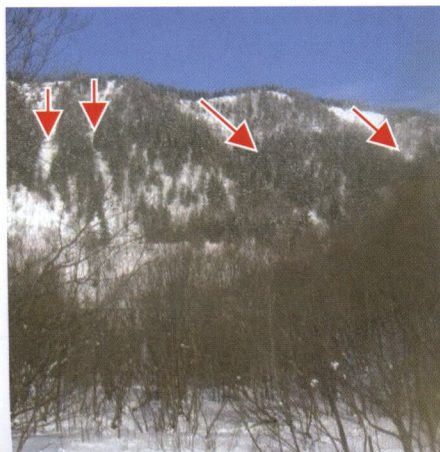
Факторами, определяющими значения динамических параметров лавин, являются в том числе характеристики рельефа (средние уклоны, морфологические типы и площади лавиносбора и зоны отрыва лавин и т.п.) [2]. Знание зависимости динамических характеристик лавин от морфометрии и морфологии склона позволит определить эмпирические коэффициенты, характеризующие динамику лавины в разных геоморфологических условиях.

Определение зависимости дальности выброса лавин (как одной из важнейших динамических характеристик) от таких параметров, как средняя ширина зоны транзита, морфологический тип, превышение и средний уклон лавиносбора, является главной целью данной работы.

## Существующие методики расчета дальности выброса лавин

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

Аккуратов вывел зависимость дальности выброса лавин ( $L$ ) от их объемов [9]:



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

где  $h_{\max}$  — высота, измеренная от подножия склона до точки отрыва, м;  $\alpha$  — эмпирический коэффициент, равный 0,48–0,55 для лотковых лавин и 0,72–0,75 для осовых;  $\omega$  — объем снега, м<sup>3</sup>.

Таким образом, основным входящим параметром является объем лавины.

Благовещенский разработал модель, основанную на морфометрических характеристиках лавиносбора [3]:

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

где  $v_L$  — скорость лавины, м/с;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $h$  — превышение места отрыва над точкой продольного профиля пути движения лавины, где определяется  $v_L$ ;  $H$  — превышение места отрыва лавины над местом ее остановки;  $l$  — горизонтальная проекция расстояния между местом отрыва лавины и точкой продольного профиля пути движения лавины, где определяется  $v_L$ ;  $L$  — горизонтальная проекция расстояния между этими же точками (дальность выброса лавины).

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 [7]. Сопротивление среды он не учитывал. Для построения графоаналитического метода определения максимальной дальности выброса он определил минимальный угол трения, равный 16,7°. Считается, что в точке пересечения прямой, проведенной от точки отрыва лавины под углом 16,7°, с продольным профилем лавиносбора скорость лавины равна нулю.

Ученые из Канадской ассоциации по описанию лавин применили гидравлическую модель, приняв лавину как движущийся водный поток [10]:

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

где  $D$  — дальность выброса лавины, м;  $\psi$  — крутизна склона в зоне отложения;  $h_m$  — средняя толщина лавины в зоне отложения;  $\mu, \zeta$  — коэффициенты трения, характеризующие особенности поверхности в зоне выноса (вследствие того, что средняя скорость лавины в зоне отложения мала, значения  $\mu$  составляют 0,25–0,3).

Сложность здесь возникает при нахождении коэффициентов трения, для которых есть рекомендуемые значения для различных типов местности [10].

Но анализ сведений о лавинах, приведенных в литературных источниках, и результатов полевых наблюдений за лавинными процессами, которые проводились сотрудниками лаборатории

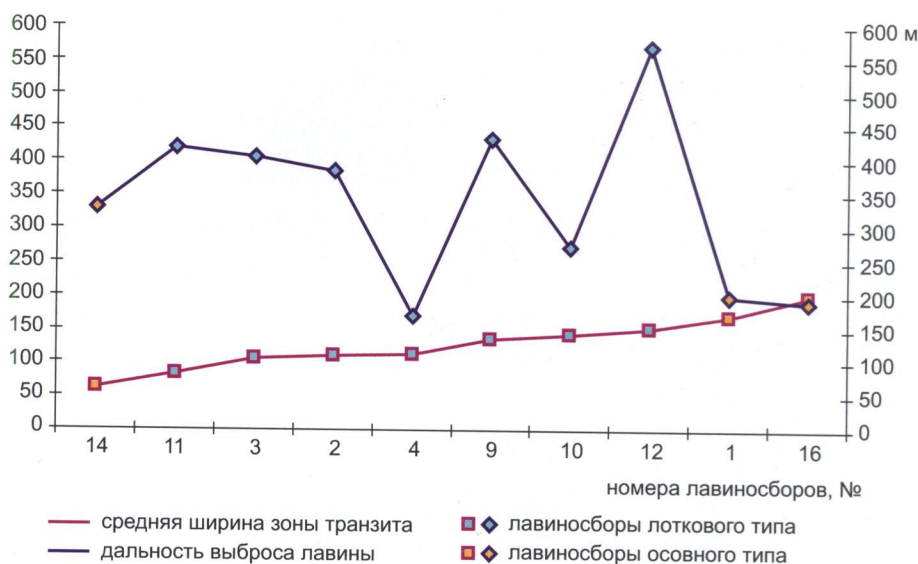


Рис. 1. Зависимость дальности выброса лавин от средней ширины зоны транзита

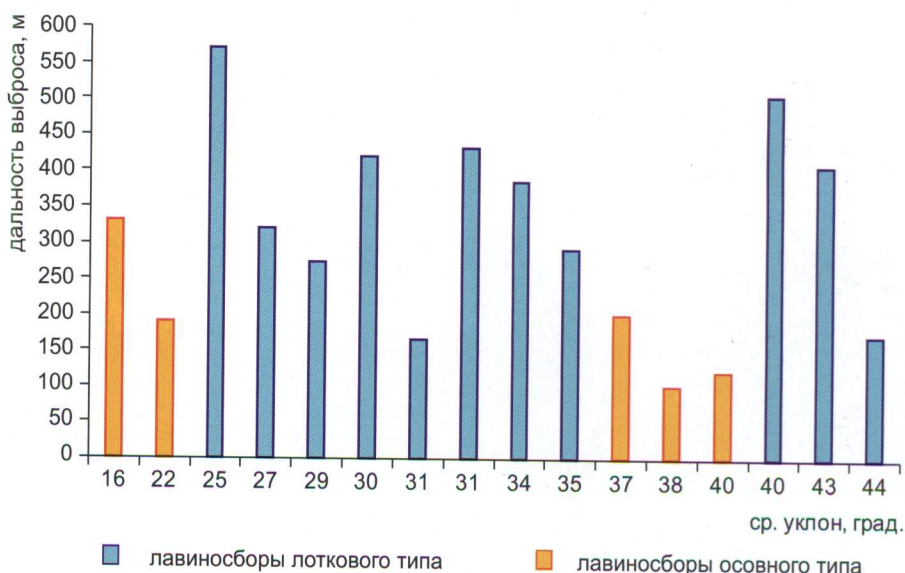


Рис. 2. Зависимость дальности выброса лавин от среднего уклона лавиносбора

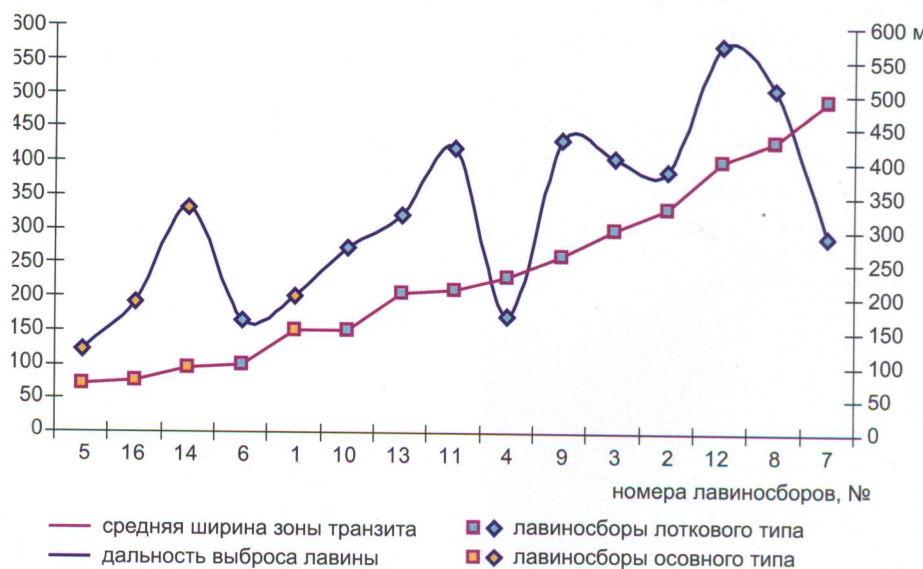


Рис. 3. Зависимость дальности выброса лавин от превышения лавиносбора

## Характеристики лавиносборов и лавин на острове Сахалин

| №                                                                                    | Морфологический тип лавиносбора | Экспозиция лавиносбора | Превышение лавиносбора (от линии отрыва до зоны остановки лавины), м | Средняя ширина зоны транзита, м | Средний уклон лавиносбора, ° (град) | Объем лавины, тыс. м³ | Дальность выброса лавины, м |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал, бассейны ручьев Хребтовый и Скалистый |                                 |                        |                                                                      |                                 |                                     |                       |                             |
| 1                                                                                    | осовный                         | З                      | 150                                                                  | 170                             | 37                                  | 0,72                  | 200                         |
| 2                                                                                    | лотковый                        | З                      | 330                                                                  | 110                             | 34                                  | 1,85                  | 385                         |
| 3                                                                                    | лотковый                        | ЮВ                     | 300                                                                  | 105                             | 43                                  | 0,3                   | 406                         |
| 4                                                                                    | лотковый                        | ЮЗ                     | 230                                                                  | 113                             | 44                                  | 0,1                   | 170                         |
| 5                                                                                    | осовный                         | ЮЗ                     | 70                                                                   | -                               | 40                                  | 0,92                  | 120                         |
| 6                                                                                    | лотковый                        | ЮЗ                     | 100                                                                  | -                               | 31                                  | 1,9                   | 165                         |
| 7                                                                                    | лотковый                        | ЮВ                     | 490                                                                  | -                               | 35                                  | 1,7                   | 290                         |
| 8                                                                                    | лотковый                        | ЮВ                     | 430                                                                  | -                               | 40                                  | 6                     | 505                         |
| 9                                                                                    | лотковый                        | ЮВ                     | 260                                                                  | 134                             | 31                                  | 1,0                   | 432                         |
| 10                                                                                   | лотковый                        | СЗ                     | 150                                                                  | 141                             | 29                                  | 1,0                   | 273                         |
| 11                                                                                   | лотковый                        | В                      | 210                                                                  | 82                              | 30                                  | 2,0                   | 419                         |
| 12                                                                                   | лотковый                        | В                      | 400                                                                  | 151                             | 25                                  | -                     | 570                         |
| Южный Сахалин, пос. Санаторный, гора Джамбул                                         |                                 |                        |                                                                      |                                 |                                     |                       |                             |
| 13                                                                                   | лотковый                        | ЮВ                     | 205                                                                  | -                               | 27                                  | 1,5                   | 320                         |
| 14                                                                                   | осовный                         | ЮВ                     | 95                                                                   | 62                              | 16                                  | -                     | 330                         |
| Тонино-Анивский полуостров, озеро Птичье                                             |                                 |                        |                                                                      |                                 |                                     |                       |                             |
| 15                                                                                   | осовный                         | ЮЗ                     | -                                                                    | -                               | 38                                  | 1,5                   | 100                         |
| Центральный Сахалин, пос. Шахтерск                                                   |                                 |                        |                                                                      |                                 |                                     |                       |                             |
| 16                                                                                   | осовный                         | ЮВ                     | 75                                                                   | 200                             | 22                                  | 8,5                   | 190                         |



лавинных и селевых процессов ДВГИ ДВО РАН (Н.А. Казаков, Ю.В. Генсировский, В.И. Окопный) в 1978–2008 гг. в низкогорье и среднегорье Кольского полуострова, острова Сахалин, Западного Кавказа, Курильских островов и Забайкалья, показал, что значения дальности выброса лавин в ряде случаев превышают расчетные.

### Характеристика лавиносборов

По результатам полевых наблюдений, проводившихся в 1983–2008 гг. в низкогорье и среднегорье острова Сахалин [4, 6], нами были выбраны фактические данные о сошедших лавинах для определения зависимости их динамических характеристик от особенностей рельефа (см. таблицу).

### Выводы

Основная часть населенных пунктов на острове Сахалин подвержена воздействию лавин малых объемов. Однако, несмотря на небольшие объемы, эти лавины достигают высоких показателей дальности выброса и наносят значительный ущерб хозяйству и населению области. Объемы большинства катастрофических лавин не превышали 5 тыс. м³ (максимальный объем составил 170 тыс. м³, минимальный — 0,05 тыс. м³) [6].

Для анализа было выбрано 16 лавиносборов, расположенных в разных районах Сахалина и принадлежащих к двум разным морфологическим типам

(лотковому или осовному) (см. таблицу). Проводился анализ, позволяющий судить о степени и характере зависимости дальности выброса лавины, как одной из важнейшей динамической характеристики лавины, от средней ширины зоны транзита лавины, от среднего уклона лавиносбора, от превышения лавиносбора (рис. 1–3).

Все сошедшие лавины относились к одному генетическому типу — комбинированному (смешанного снега). Они в основном имели малые объемы, не превышающие 2 тыс. м³. Чтобы показать влияние объема лавины на зависимость дальности выброса лавины от средней ширины зоны транзита лавины, от среднего уклона лавиносбора и от превышения лавиносбора, были выбраны две лавины больших объемов — 6 и 8,5 тыс. м³.

По результатам проведенного анализа были сделаны следующие выводы.

- Зависимость дальности выброса лавин от средней ширины зоны транзита не прослеживалась.
- Дальность выброса лавины не зависела от среднего уклона лавиносбора. Поэтому, на наш взгляд, для расчета дальности выброса лавины неверно использовать показатели среднего уклона лавиносбора, т.е. рассматривать путь лавины как прямую линию (используя простую механическую модель движения лавины по [7]). И только знание зависимости динамических характеристик лавин от морфометрии и морфологии склона позволит определить эм-

пирические коэффициенты, характеризующие динамику лавины в разных геоморфологических условиях.

- Дальность выброса лавин была в основном тем больше, чем больше было превышение лавиносбора, однако в четырех проанализированных случаях такая зависимость не наблюдалась. В данном случае объемом лавин не влияет на зависимость дальности выброса лавины от превышения лавиносбора. Однако однозначных выводов сделать нельзя, поскольку недостаточно фактических данных о сошедших лавинах на о. Сахалин.

Для определения степени лавинной опасности при изысканиях и строительстве в лавиноопасных районах необходимо определять наибольшую дальность выброса лавин. Проблема оценки дальности выброса снежных лавин не имеет удовлетворительного решения, поскольку существующие методики расчета максимальной дальности выброса лавин часто занижают реальные значения, что не позволяет адекватно оценивать степень лавинной опасности для объектов и сооружений. Результаты полевых наблюдений за лавинными процессами, проводившихся сотрудниками лаборатории лавинных и селевых процессов ДВГИ ДВО РАН (Н.А. Казаков, Ю.В. Генсиоровский, В.И. Окопный) в 1978–2008 гг. в низкогорье и

среднегорье Кольского полуострова, о. Сахалин, Западного Кавказа, Курильских островов и Забайкалья и анализ сведений о лавинах показывают, что в ряде случаев значения дальности выброса лавин превышают расчетные

значения. Большая погрешность в расчетах связана с применением эмпирических коэффициентов, которые зависят от морфометрических параметров лавиносбора, характера подстилающей поверхности [1].

## 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. Божинский А.Н., Лосев К.С. Основы лавиноведения. Л.: ГИМИЗ, 1987. 280 с.
3. Дюнин А.К., Бялобжецкий Г.В., Чесноков А.Г. Защита автомобильных дорог от лавин. М.: Транспорт, 1987. 61 с.
4. 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.
5. 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.
6. Казакова Е.Н., Лобкина В.А. Лавинные катастрофы Сахалинской области: Материалы гляциологических исследований. 2007. № 103. С. 185–190.
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: Серия «Гляциология». М.: ВИНТИ, 1991. 172 с.
9. Москалев Ю.Д. Динамика снежных лавин и снеголавинные расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 231 с.
10. Handbook of snow / Edited by D.M. Gray, D.H. Male. Canada: Pergamon PRESS Canada Ltd, 1981.

