

УДК 551.578.4

DOI: 10.34753/HS.2021.3.1.19

ЛАВИНЫ БОЛЬШИХ ОБЪЁМОВ В НИЗКОГОРЬЕ ОСТРОВА САХАЛИН

Н.А. Казаков

*ФГБУН Специальное конструкторское бюро
средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской
академии наук, г. Южно-Сахалинск, Россия
НИЦ «Геодинамика», г. Южно-Сахалинск,
Россия*

cdsmd@yandex.ru

Аннотация. Считалось, что объёмы лавин в низкогорье (например, на острове Сахалин) не превышают 200 тыс. м³. В результате полевых исследований установлено, что на Сахалине формируются лавины объёмом более 1 000 000 м³. 03.01.1991 на Чамгинском перевале (Восточно-Сахалинские горы, гора Граничная) сошла лавина объёмом 1,4 млн. м³ с дальностью выброса 3 800 м и высотой фронта 100 м. Зимой 2005–2006 годов несколько лавин объёмом до 1 млн. м³ сошли со склонов горы Лопатина (Восточно-Сахалинские горы). На Среднем Сахалине лавины объёмом 150–300 тыс. м³ сходят 1 раз в 3–5 лет, объёмом 1 млн. м³ и более – не реже 1 раза в 5–7 лет. На Южном Сахалине лавины объёмом более 200 тыс. м³ сходят 1 раз в 5–7 лет. Определение объёмов и дальности выброса лавин проводилось путём прямых измерений лавинных отложений и оторвавшегося снежного пласта после схода лавины, измерением лавинных снежников в весенне-летний период и по геоботаническим следам схода лавин. Высота фронта лавин определялась по следам лавин на склонах долин. Лавинные снежники, формирующиеся после схода больших лавин, могут существовать несколько лет. Формирование в низкогорье лавин больших объёмов обусловлено большой глубиной расчленения рельефа (300–1 000 м), большим количеством осадков (зарегистрированные максимумы осадков на Чамгинском перевале, Восточно-Сахалинские горы – 333 мм за снегопад, 127 мм за сутки, 43 мм

LARGE-VOLUME AVALANCHES IN THE LOWLANDS OF SAKHALIN ISLAND

Nikolay A. Kazakov

*Special Research Bureau for Automation of Marine
Researches FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
Research Center for the Study of Geodynamic
Processes "Geodynamics"; Yuzhno-Sakhalinsk,
Russia*

cdsmd@yandex.ru

Abstract. On Sakhalin Island on Sakhalin Island the area affected of avalanche processes 50%, taking into account the formation of avalanches on the slopes, covered with dense forest are 70%. The number of avalanche paths per 1 km of the valley – 7–9, per 1 km of the coastline – 56. The average volumes of avalanches are 100–10,000 m³. It is believed that the volumes of avalanches in the low mountains are relatively small. However, the field research found that, in low mountains of Sakhalin Island are formed avalanches of a volume over 1,000,000 m³ are formed. On 03.01.1991, an avalanche with a volume of 1.4 million m³ with runout distance of 3,800 m and a front height of 100 m descended on the Chamginsky Pass (the East-Sakhalin Mountains, Granichnaya Mountaine). Methods of registration of extreme volumes avalanches were: a visual checking; description the tracks of avalanches and circumstantial evidence (geobotanical, etc.). The formation of avalanches of large volume in low mountains can be explained the great depth dissection of the relief (300–1,000 m); a large amount of solid precipitation (recorded high precipitation on Chamginsky Pass, East-Sakhalin Mountains were 333 mm per snowfall; 127 mm per day, and 43 mm per hour) and strong recrystallization of the snow pack (values of coefficients of: recrystallization of the snowpack – 0.80–0.95, secondary delamination of the snowpack – 0.50–1.0 texture of the snowpack – 0.50–0.80). The frequency of occurrence of avalanches with of a volume more than 200,000 m³: in the middle of Sakhalin – 1 per 3 years, on the southern Sakhalin –

за час) и сильной перекристаллизацией снежной толщи (значения коэффициентов перекристаллизации – 0,80–0,95, вторичного расслоения – 0,50–1,0, текстуры – 0,50–0,80). В образовании лавин больших объёмов перекристаллизация снежной толщи играет ведущую роль: в декабре – мае обрушение снежного пласта происходит по снежным слоям с волокнистой или столбчатой текстурой, сложенным кристаллами скелетного и полускелетного классов форм. Дальности выброса лавин в низкогорье острова Сахалин превышают их значения, рассчитанные на основе практически всех существующих моделей лавин. Занижение максимальной дальности выброса и объёма лавин приводит к занижению лавинных рисков для проектируемых объектов при подготовке технико-экономических обоснований инвестиционных проектов и государственных программ освоения территории.

Ключевые слова: полигенетическая лавина; сингенетическая лавина; дальность выброса лавины; объём лавины; низкогорье; остров Сахалин

Введение

При оценке воздействия лавин на объекты, сооружения и освоенные территории очень важно знать, лавины какого объёма и дальности выброса формируются в исследуемых районах. Считается, что объёмы лавин в низкогорье (в частности, на острове Сахалин) сравнительно невелики: от 0,3–10 тыс. м³ до 100–200 тыс. м³. Поскольку абсолютные отметки рельефа на острове Сахалин не превышают 1 609 м (в среднем, 200–1 000 м), территория отнесена к низкогорью. Однако глубина расчленения рельефа на острове Сахалин достигает 500–1 000 м как в высокогорье, так и в среднегорье. Поэтому лавинные процессы на острове Сахалин широко распространены и причиняют большой ущерб населению [Казакова, Лобкина, 2007], объёмы лавин (как показывают исследования) могут превышать 1 млн. м³, а дальность выброса – 3,0 км.

1 per 5–7 years. In low mountains, the same large avalanches form as in high mountains. Avalanche runout distance in the low mountains of Sakhalin Island exceed their values calculated on the basis of almost all existing avalanche models. Underestimation of the maximum runout distance and the volume of avalanches leads to underestimation of avalanche risks for the projected objects in the preparation of feasibility studies of investments and state programs for the development of the territory.

Keywords: polyigenetic avalanche; syngenetic avalanche; avalanche runout distance; avalanches volume; low mountains; Sakhalin Island

Постановка проблемы

Сведения о лавинах на острове Сахалин, об их объёмах и дальности выброса с начала XX века содержатся в многочисленных публикациях [Атлас Сахалинской области, 1967; Иванов, 1971; Иванов, Васильев, 1975; Карта литологических комплексов..., 1984; Кадастр лавин СССР, 1986; Кадастр лавин СССР, 1988; Каталог лавин, 1990; География лавин, 1992; Казаков, 1997; Атлас снежно-ледовых ресурсов мира, 1998; Казаков, 1998; Казаков и др., 1999; Казаков, 2000; Казакова, Лобкина, 2007; Казакова, 2009; Боброва, 2009; Казакова, 2010; Рыбальченко, 2010; Казакова, 2013; Казакова, 2014; Боброва, 2013; Боброва, 2014; Podolskiy et al., 2014; Казаков, Жируев, Древило, 2019] и отчётах организаций, занимавшихся исследованием лавинных процессов [Отчёт Чамгинской снеголавинной экспедиции, 1992].

Большая часть данных о лавинах получена в результате регулярных наблюдений за

лавинными процессами, которые проводятся с 1965 года снеголавинными подразделениями Сахалинского УГМС (8 снеголавинных станций, Речная гидрографическая партия, Чамгинская снеголавинная экспедиция, 3 снеголавинных поста, Региональный противолавинный центр), лавино-обвальной группой Сахалинского отделения ДВЖД, Сахалинским отделением МАНПО, НИЦ «Геодинамика», лабораторией лавинных и селевых процессов СФ ДВГИ ДВО РАН, лавинной станцией РЖД, лабораторией экзогенных геодинамических процессов и снежного покрова СКБ САМИ ДВО РАН.

Первые сведения о том, что на Среднем Сахалине (Восточно-Сахалинские горы) формируются лавины объёмом более 1,0 млн. м³, были получены в середине 70-х годов XX века Г.В. Полуниным и В.В. Генсиоровским при аэровизуальных наблюдениях.

В 1970 году в Сусунайском хребте (Южный Сахалин) была описана лавина объёмом 500 тыс. м³.

С 1979 года начались систематические исследования лавинных процессов в Восточно-Сахалинских горах (Чамгинский перевал) и были описаны лавины объёмом более 1,0 млн м³ [Казаков и др., 1999].

Тем не менее, во многих публикациях, посвящённых исследованию лавин на острове

Сахалин, повторяются ошибочные данные и устаревшие представления о лавинных процессах на острове Сахалин [География лавин, 1992; Атлас снежно-ледовых ресурсов мира, 1998]: в частности, о том, что объёмы лавин на острове Сахалин невелики и не превышают 100–200 тыс. м³.

Соответствующим образом оценивается и максимальная дальность выброса лавин, которая сильно занижается. Максимальные дальности выброса лавин, описанных на острове Сахалин, могут на 30–50% превышать значения дальности выброса лавин, рассчитанных по разным методикам (таблица 1).

Вследствие недооценки максимальных дальности выброса и объёмов лавин в низкогорье, при подготовке технико-экономических обоснований инвестиционных проектов и государственных программ освоения территории очень сильно занижаются лавинные риски для проектируемых объектов.

Целью настоящей работы является обобщение сведений о реальной дальности выброса лавин и их максимальных объёмах в низкогорье острова Сахалин на основе анализа материалов многолетних полевых наблюдений автора и архивных материалов.

Таблица 1. Расчётная и фактическая дальность выброса лавины. Восточно-Сахалинские горы.

Table 1. Estimated and actual of the avalanche runout distance. East-Sakhalin Mountains.

| Место и дата схода <i>Area and date of the avalanche</i> | Объём лавины, тыс. м ³ <i>Avalanche volume, thousands m³</i> | Расчётная дальность выброса лавины, м <i>Estimated avalanche runout distance, m</i> | | | | Фактическая дальность выброса лавины, м <i>Actual avalanche runout distance, m</i> |
|--|---|--|---|--|--------------------------|---|
| | | [Козик, 1962] <i>[Kozik, 1962]</i> | [Аккуратов, Красносельский, Иткин, 1967] <i>[Akkuratov, Krasnosel'skii, Itkin, 1967]</i> | [Благоवेशенский, 1974] <i>[Blagoveshchenskii, 1974]</i> | [Handbook of Snow, 1981] | |
| Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал, гора Граничная. 03.01.1991 <i>East-Sakhalin Mountains, Chamginsky Pass, Granichnaya Mountain. 03.01.1991</i> | 1 400 | 2 700 | 2 390 | 2 890 | 1 980 | 3 800 |

Лавинные процессы на острове Сахалин

Зона развития лавинных процессов на острове Сахалин захватывает весь высотный диапазон: от 0 до 1 500 м абс. высоты. Лавины сходят и в морскую акваторию: в 1970 году лавина, сошедшая со склона берегового уступа, повредила рыболовный сейнер, пришвартованный к причальной стенке в порту-пункте «Заречье» (Южный Сахалин, берег Татарского пролива, Невельский район).

Площадная поражённость территории лавинными процессами достигает 50%, а с учётом формирования лавин на склонах, покрытых густым лесом, – 70% [Казаков, 2007; Казаков, Жируев, Древило, 2019]. Число лавиносборов на 1 км долины – до 7–9 [Казаков, Жируев, Древило, 2019], на 1 км побережья – до 56 [Казакова, 2014; Казакова, 2016]. Продолжительность периода лавинной опасности составляет от 120 суток на побережьях до 250 суток в горах.

Средние объёмы лавин составляют 100–10 000 м³, однако максимальные объёмы лавин превышают 1,0 млн м³ [Казаков, Жируев, Древило, 2019]. Как показывают полевые наблюдения, проводившиеся в 1945–2020 годах, лавины объёмом более 200 000 м³ сходят на Среднем Сахалине 1 раз в 3–5 лет, на Южном Сахалине – 1 раз в 5–7 лет.

Методы исследования

В основу настоящей статьи положены результаты полевых исследований лавинных процессов на острове Сахалин, проводившихся автором в 1978–2020 годах, и анализ результатов наблюдений за лавинами, проводившихся разными исследователями в 1917–2016 годах.

Определение объёма и дальности выброса лавин проводилось путём прямых измерений лавинных отложений, оторвавшегося снежного пласта после схода лавины и лавинных снежников в весенне-летний период, а также по геоботаническим следам схода лавин (рисунок 1).

Высота фронта лавин больших объёмов определялась по следам, оставленным лавинами на бортах лавиносборов (рисунок 1).

Измерения лавинных отложений, оторвавшегося снежного пласта, лавинных снежников и геоботанических границ зон воздействия лавин производились непосредственно в поле. До 2000 года для измерения использовались снегомерные рейки, мерные ленты; выполнялась тригонометрическая съёмка. После 2000 года измерения производились при помощи лазерных дальномеров.

Погрешность измерений, проводившихся до 2000 года, не превышает 5%, после 2000 года – не превышает 2%. Этого вполне достаточно для того, чтобы с допустимой точностью рассчитать объём лавины.

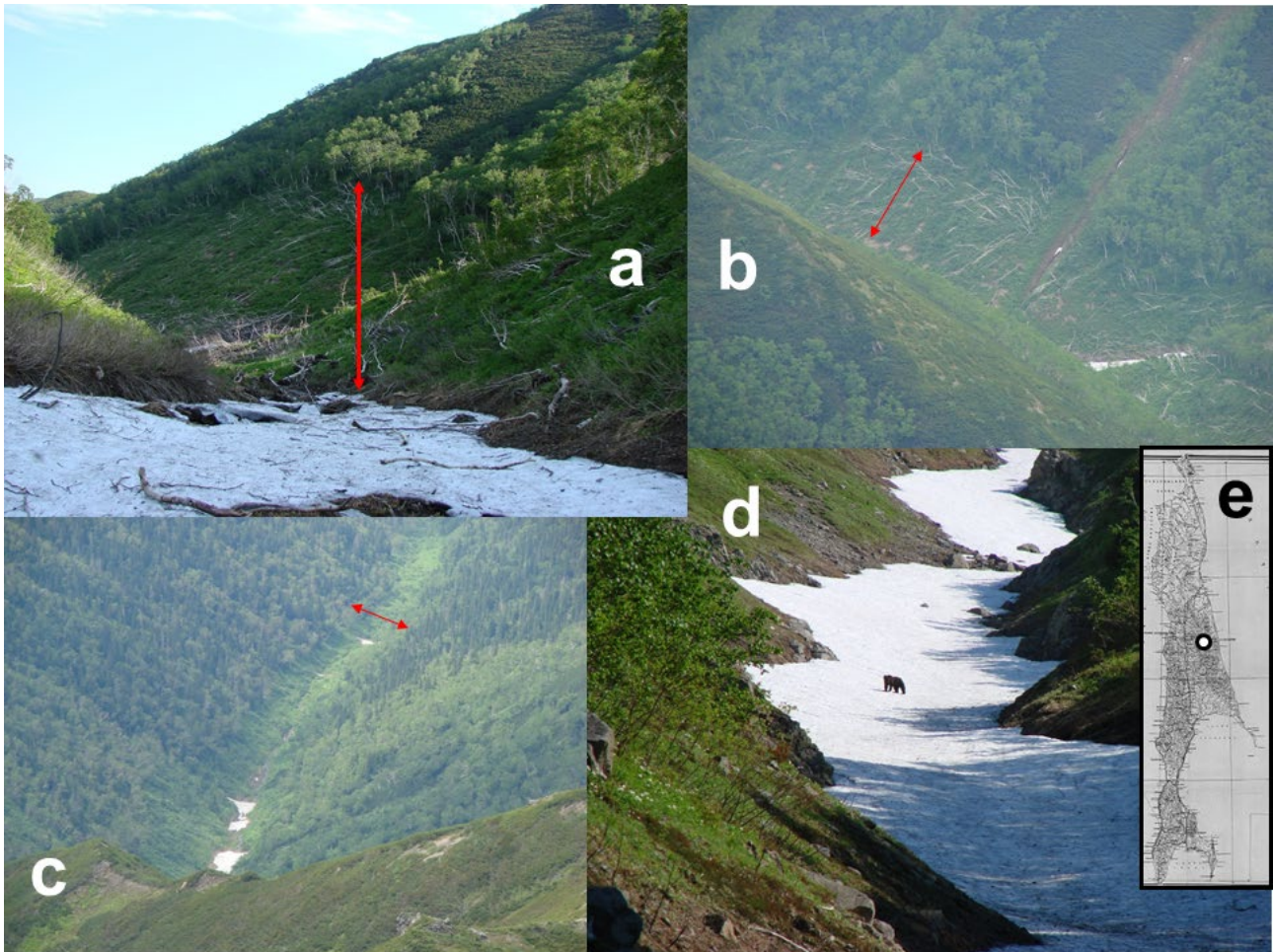


Рисунок 1. Восточно-Сахалинские горы, гора Лопатина (1 609 м). Снежник лавины, сошедшей зимой 2007 года, объём лавины более 1 000 000 м³. а, б – высота фронта лавины по границе леса, выбитого лавиной; с – ширина фронта лавины по границе леса, выбитого лавиной; д – лавинный снежник; е – район регистрации лавин. Фото Г.А. Белякова. Дата снимка: 06.07.2007.

Figure 1. East Sakhalin Mountains, Lopatina Mountain (1,609 м). The avalanche deposits, formed in winter 2007. Avalanche volume more them 1,000,000 м³. а, б – height of the avalanche front along the border of the forest destroyed by the avalanche; с – width of the avalanche front along the border of the forest destroyed by the avalanche; д – avalanche snow-patch; е – avalanche registration area.

Photo by G. Belyakov (06.07.2007).



Рисунок 2. Районы регистрации лавин больших объемов на острове Сахалин, 1970–2020 годы.

- 1 – Крутой хребет, гора Маяк, абсолютная отметка 524 м, объем лавины 170 000 м³;
- 2,3 – Восточно-Сахалинские горы: Чамгинский перевал, гора Граничная, абсолютная отметка 1 511 м, объем лавины 1 400 000 м³; гора Лопатина, абсолютная отметка 1 609 м, объем лавины 1 000 000 м³;
- 4 – Западно-Сахалинские горы, Славянский хребет, гора Ледяная, абсолютная отметка 1 245 м, объем лавины 400 000 м³;
- 5 – горы Ламанон, абсолютная отметка 1 100 м, объем лавины 300 000 м³;
- 6 – гора Макарова, абсолютная отметка 760 м, объем лавины 300 000 м³;
- 7 – хребет Жданко, абсолютная отметка 682 м, объем лавины 200 000 м³;
- 8 – Сусунайский хребет, абсолютная отметка 1 045 м, объем лавины 500 000 м³;
- 9 – Мицульский хребет, гора Московская, абсолютная отметка 683 м, объем лавины 150 000 м³;
- 10 – Юго-Западное побережье, береговой уступ, абсолютная отметка 200 м, объем лавины 18 000 м³.

Figure 2. Areas of registration avalanches of large volume on Sakhalin Island, 1970–2020.

- 1 – Krutoy Ridge, Mayak Mountain, altitude 524 m, avalanche volume 170,000 m³;
- 2,3 – East-Sakhalin Mountains: Chamginsky Pass, Granichnaya Mountain, altitude 1,511 m, avalanche volume 1,400,000 m³; Lopatina Mountain, altitude 1,609 m, avalanche volume 1,000,000 m³;
- 4 – West-Sakhalin Mountains, Slavyansky ridge, Ledyanaya Mountain, altitude 1,245 m, avalanche volume 400,000 m³;
- 5 – Lamanon Mountain, altitude 1,100 m, avalanche volume 300,000 m³;
- 6 – Makarova Mountain, altitude 760 m, avalanche volume 300,000 m³;
- 7 – Jdanko Ridge, altitude 682 m, avalanche volume 200,000 m³;
- 8 – Susunayskiy Ridge, altitude 1,045 m, avalanche volume 500,000 m³;
- 9 – Mitsulsky Ridge, Moscovskaya Mountain, altitude 683 m, avalanche volume 150,000 m³;
- 10 – South West Coast, coastal ledge, altitude 200 m, avalanche volume 18,000 m³.

Результаты

Лавины больших объёмов регистрировались как при непосредственных наблюдениях, так и по их следам во всех горных районах Среднего и Южного Сахалина (таблица 2, рисунки 1,2).

По результатам исследований, проводившихся на Среднем Сахалине в Западно-Сахалинских и Восточно-Сахалинских горах в 1979–2019 годах, было установлено, что максимальные объёмы лавин в этом районе превышают 1,0 млн м³, дальность выброса лавин превышает 3 км, а высота фронта лавин достигает 100 м (таблица 2, рисунки 1, 3, 4).

Толщина линий отрыва лавин может достигать 4,0 м, толщина лавинных отложений – 24 м (в глубоких распадках толщина лавинных отложений достигает 40 м).

Максимальный объём лавины, описанной на острове Сахалин, составил 1,4 млн м³ при дальности выброса 3 800 м и высоте фронта 100 м (рисунок 3).

Лавина полигенетического типа (таблица 3) сошла 03.01.1991 на Чамгинском перевале (Восточно-Сахалинские горы) со склонов горы Граничная во время сильнейшего снегопада (суточная сумма осадков составила 127 мм, максимальная интенсивность – 43 мм/час) [Казаков и др., 1999].

В этот же снегопад в соседнем лавиносборе (лавинобор №121) сошла лавина объёмом 1,0 млн. м³.

Зимой 2006–2007 годов несколько лавин объёмом более 1 млн. м³ при высоте фронта до 100 м сошли со склонов горы Лопатина (Восточно-Сахалинские горы, абсолютная отметка 1 609 м; рисунок 1).

По данным полевых исследований на Южном Сахалине (1970–2020 годы) было установлено, что максимальные объёмы лавин в Сусунайском хребте превышают 0,5 млн. м³, дальность выброса лавин достигает 2,5 км, а высота фронта лавин – 100 м (таблица 2, рисунки 5-6).

Таблица 2. Лавины больших объёмов, зарегистрированные на острове Сахалин
 Table 2. Large-volume avalanches described on Sakhalin Island

| № № | Дата схода лавины Data of avalanche | Место Area | Объём, тыс. м ³ Avalanche volume, thousands m ³ | Дальность выброса, м Avalanche runout distance, m | Абс. отметка, м Altitude, m | | Высота фронта лавины, м Height of avalanche front, m | Линия отрыва Avalanches fracture lines | |
|--------|---|---|--|--|---|---|---|---|----------------------------|
| | | | | | Линии отрыва Avalanches fracture lines | Нижней границы лавинных отложений Boundary of avalanche deposits | | Длина, м Length, m | Толщина, м Thickness, m |
| 1 | 09.02.1945 | Крутой хребет, гора Маяк <i>Krutoy Ridge, Mayak Mountain</i> | 170,0 | 1 400 | 500 | 170 | — | — | — |
| 2 | 17–18.03.1970 | Мицуский хребет, гора Московская <i>Mitsul'sky Ridge, Moskovskaya Mountain</i> | 150,0 | 1 500 | 620 | 300 | — | — | — |
| 3 | 17–18.03.1970 | Сусунайский хребет, пик Чехова, река Уюновка <i>Susuнайskiy Ridge, Uyunovka River</i> | 500,0 | 2 500 | 900 | 300 | — | 400 | 4,0 |
| 4 | 28–29.02.1972 | Сусунайский хребет, пик Чехова, река Перевальная <i>Susuнайskiy Ridge, Perevalnaya River</i> | 120,0 | 2 000 | 900 | 300 | — | — | — |
| 5 | Декабрь 1980 | Чамгинский перевал, гора Верблюд <i>Chamginsky Pass, Verbyud Mountain</i> | 800,0 | 2 400 | 1 100 | 480 | — | — | — |
| 6 | 17.03.1981 | Сусунайский хребет, пик Чехова, река Скальная <i>Susuнай ridge, Skalnaya River</i> | 230,0 | 1 900 | 850 | 300 | 50 | 330 | 4,0 |
| 7 | 03.01.1991 | Чамгинский перевал, гора Граничная <i>Chamginsky Pass, Granichnaya Mountain</i> | 1 400,0 | 3 800 | 1 300 | 500 | 100 | 500 | 4,0 |
| 8 | 03.01.1991 | Чамгинский перевал, ручей Хребтовый <i>Chamginsky Pass, Khrebtovyy Stream</i> | 1 000,0 | 2 200 | 1 300 | 500 | 80 | — | — |
| 9 | Зима 2005/2006 <i>Winter 2005/2006</i> | Славянский хребет, гора Ледяная <i>Slavyanskiy ridge, Ledyanaya Mountain</i> | 400,0 | 1 600 | 1 200 | 490 | — | — | — |
| 10 | Зима 2006/2007 <i>Winter 2006/2007</i> | Восточно-Сахалинские горы, гора Лопатина <i>East-Sakhalin Mountains, Lopatina Mountain</i> | 1 100,0 | 2 800 | 1 500 | 800 | 100 | — | — |

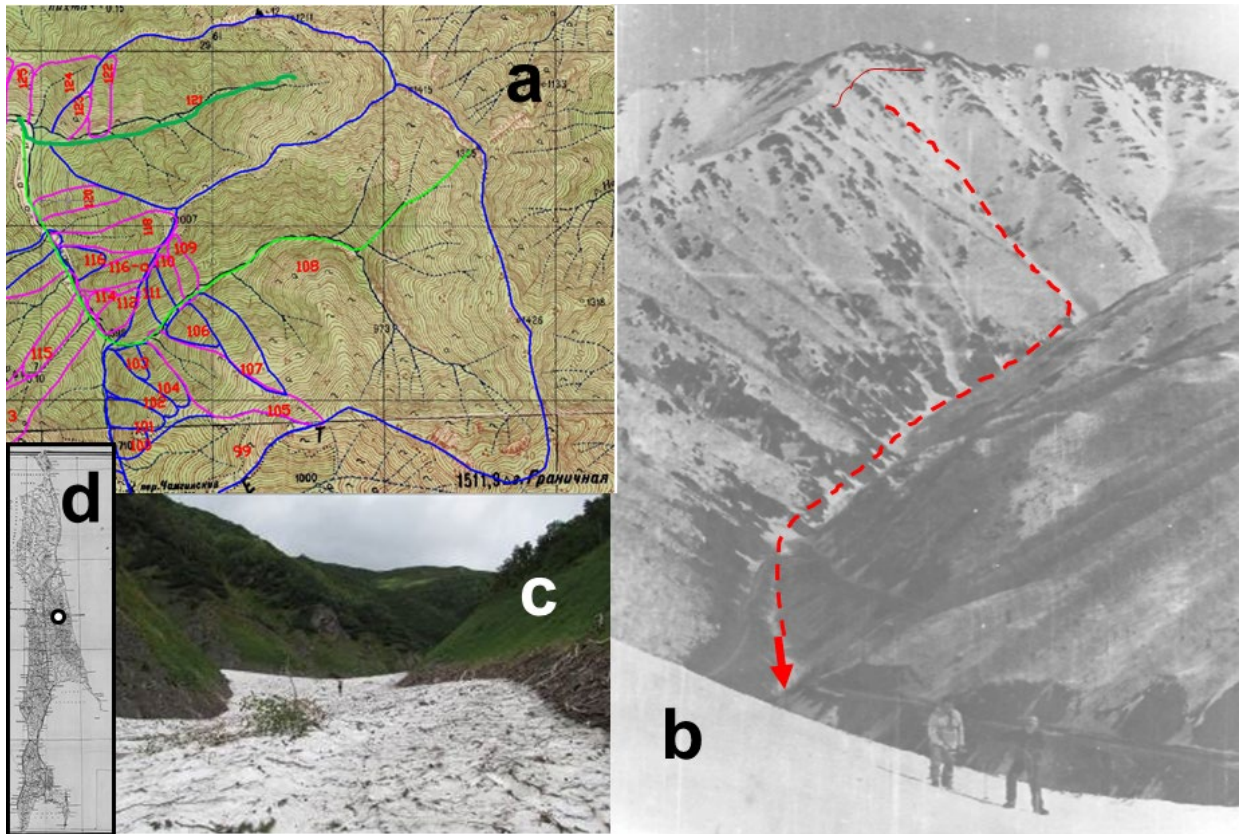


Рисунок 3. Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал, гора Граничная. Лавиносбор №108.

Дата схода лавины: 03.01.1991, объём 1 400 000 м³. а – путь лавины (зелёная линия);

б – путь лавины (красная линия); с – лавинный снежник, 2000 год; d – район регистрации лавины.

Figure 3. East Sakhalin Mountains, Chamginskiy Pass, Granichnaya Mountain. Avalanche catchment №108.

Date of the avalanche 03.01.1991, volume 1,400,000 m³. а – avalanche way (green line);

б – avalanche way (red line); с – avalanche snow-patch, 2000; d – avalanche registration area.

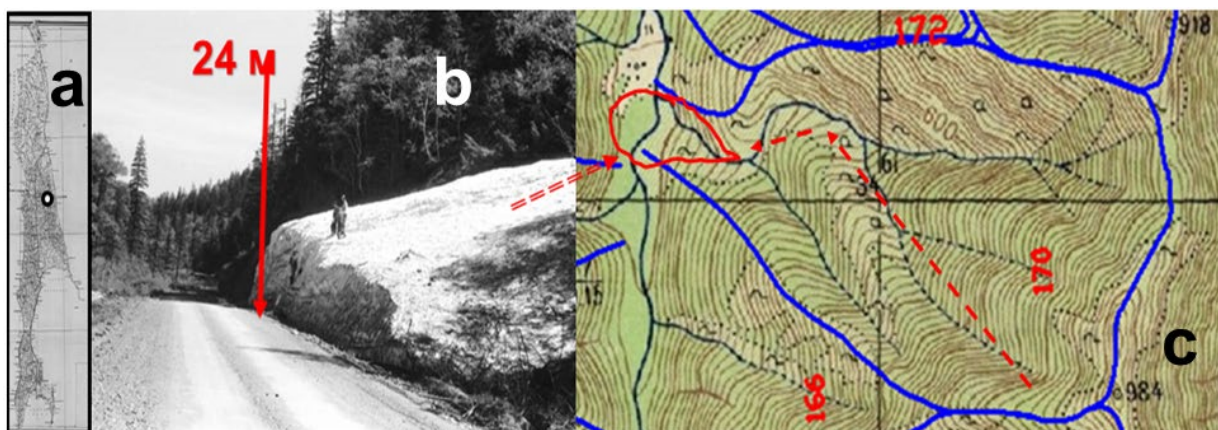


Рисунок 4. Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал, ручей Хребтовый, лавиносбор №170.

Дата схода лавины: 02.04.1992, объём 200 000 м³. Толщина лавинных отложений – 24 м.

а – район регистрации лавины; б – конус выноса лавины (фото В.И. Окопного, июль 1992);

с – лавиносбор и путь лавины (красная линия).

Figure 4. East Sakhalin Mountains, Chamginskiy Pass, Khrebtovy Stream. Avalanche catchment №170.

Date of the avalanche 02.04.1992, volume 200,000 m³, thickness of the avalanche deposits – 24 m.

а – avalanche registration area; б – avalanche snow-patch (photo by V.I. Okopny, July 1992);

с – avalanche paths and avalanche way (red line).

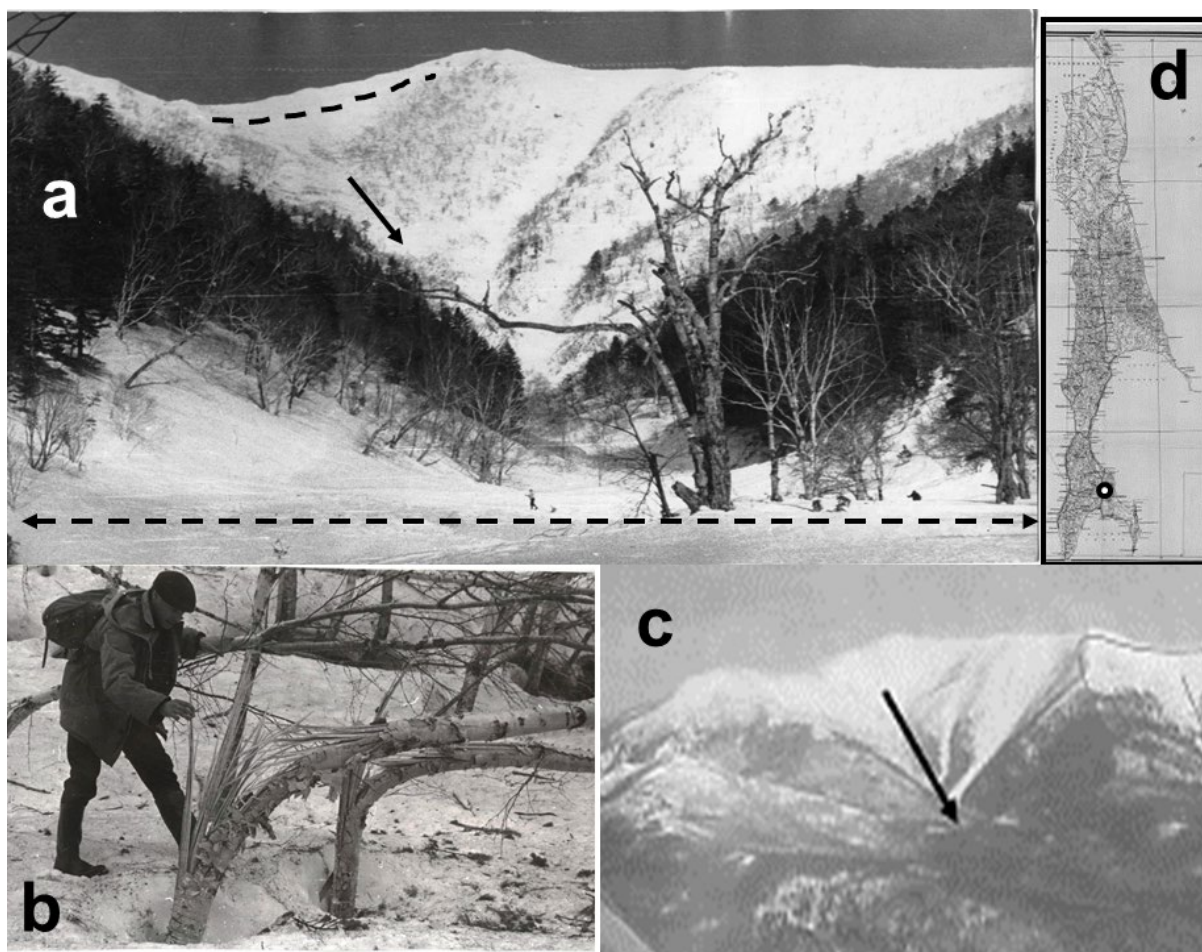


Рисунок 5. Сусунайский хребет, р. Уюновка. Дата схода лавины 17–18.03.1970, объём 500 000 м³.
а, с – лавинсбор, линия отрыва и путь лавины;

б – каменноберёзовый лес, выбитый лавиной (фото А.В. Иванова); д – район регистрации лавин.

Figure 5. Susunaisky ridge, Uyunovka River. Date of the avalanche 17–18.03.1970, volume 500,000 м³.

а, с – avalanche paths, avalanches fracture lines and avalanche way;

б – stone-birch forest, destroyed by the avalanche (photo by A.V. Ivanov); д – avalanche registration area.

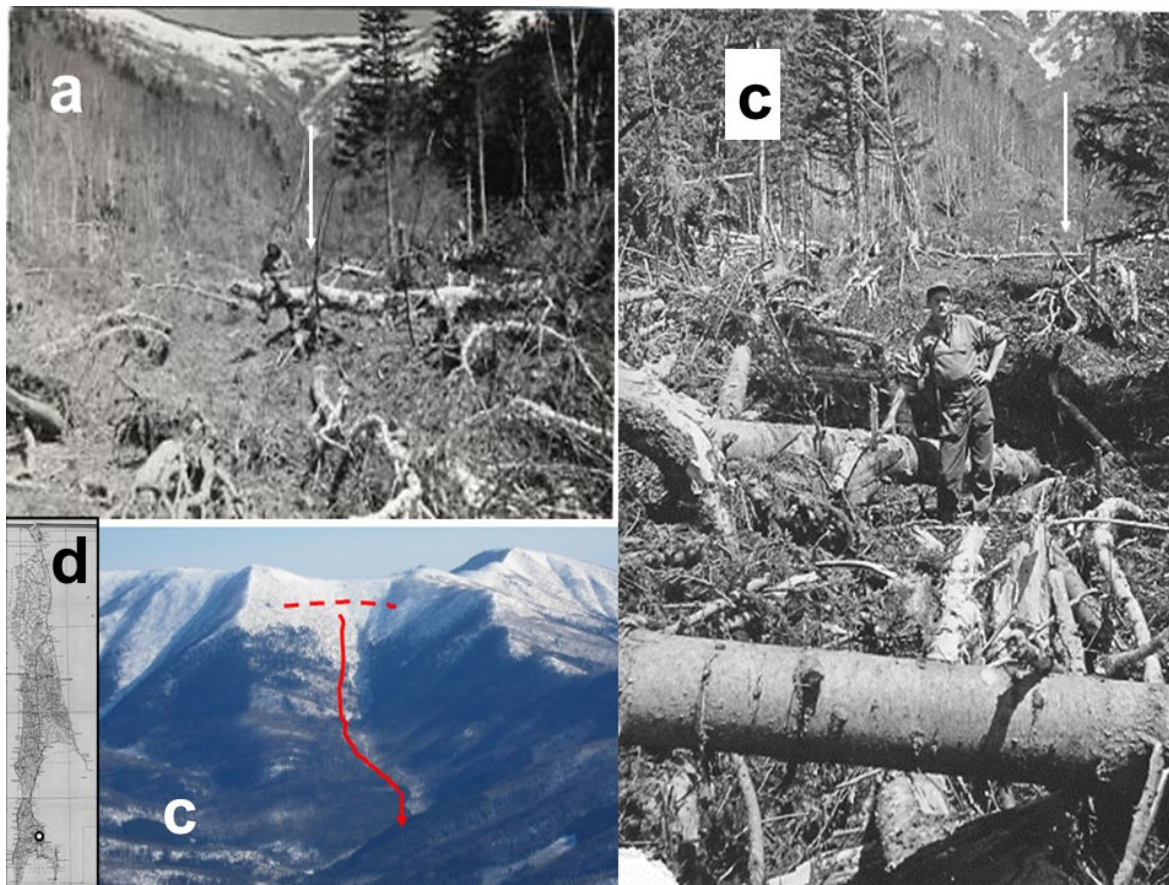


Рисунок 6. Сусунайский хребет. р. Скальная. Дата схода лавины 17.03.1981, объём 230 000 м³. Каменноберёзовый (а) и еловый (б) лес, выбитый лавиной (фото В.Я. Любаева, май 1981 года); с – лавинсбор, линия отрыва и путь лавины; d – район регистрации лавин.

Figure 6. Susunai ridge. Skalnaya River. Date of the avalanche 17.03.1981, volume 230,000 m³. Stone-birch forest (a) and spruce forest (b), destroyed by the avalanche (photo by V.Ya. Lyubaev, May 1981); с – avalanche paths, avalanches fracture lines and avalanche way; d – avalanche registration area.

Повторяемость лавин

На Среднем Сахалине лавины объёмом от 150 до 300 тыс. м³ сходят в среднем 1 раз в 3–5 лет, лавины объёмом 1 млн. м³ и более – не реже 1 раза в 5–7 лет. На Южном Сахалине лавины объёмом более 200 тыс. м³ сходят 1 раз в 5–7 лет.

Например, в Сусунайском хребте на реке Скальная 17.03.1981 сошла лавина объёмом 230 тыс. м³ с дальностью выброса 1 900 м (таблица 2, рисунок 6). Лавиной был уничтожен каменноберёзовый и еловый лес возрастом 70 лет на площади около 30 га.

Это говорит о том, что предыдущий случай формирования в этом лавиносборе больших лавин произошёл не ранее 1910 года. Однако после 1981 года лавины объёмом более 50 тыс. м³

с дальностью выброса не менее 1 500 м сходили в этом лавиносборе неоднократно.

После схода больших лавин формируются лавинные снежники, которые могут существовать несколько лет. Так, снежник лавины, сошедшей на Чамгинском перевале с горы Граничная 03.01.1991, существовал в высотной зоне выше 600 м более 10 лет (рисунок 2).

По данным полевых исследований на острове Сахалин (1980–2020 годы) установлено, что более 90% лавин сухого и мокрого снега, объёмом более 10 тыс. м³ составляют лавины полигенетического класса, образование которых обусловлено сильной перекристаллизацией снежной толщи в сочетании с сильными снегопадами, общими метелями или повышением температуры воздуха до положительных значений (таблицы 3, 4).

Таблица 3. Генетическая классификация лавин (по Н.А. Казакову)
Table 3. Genetic classification of avalanches (by N. A. Kazakov)

| Генетический тип лавины <i>Genetic type of avalanche</i> | Плотность лавинообразующего снега, г/см ³ <i>Avalanche-forming snow density, g/sm³</i> | Характер движения лавины <i>Avalanche movement pattern</i> | Макс. объём лавины, тыс. м ³ <i>Max. avalanche volume, thousands m³</i> | Макс. дальность выброса лавины, м <i>Max. avalanche run out distance, m</i> | Макс. скорость лавины, м/с <i>Max. avalanche velocity, m/s</i> | Преобладающие процессы, определяющие генезис лавин <i>Predominant processes determining of the avalanche genesis</i> |
|---|---|---|--|--|---|---|
| I. Генетический класс лавин: сингенетические лавины <i>I. Genetic class of the avalanches: syngenetic avalanche</i> | | | | | | |
| Метелевого снега (снежная доска) <i>Snow blizzard (snow slab)</i> | 0,20–0,50 | Ламинарный; Скольжение <i>Laminar; Slide</i> | 5,0 | 400 | 30 | Метеорологические процессы <i>Meteorological processes</i> |
| Мокрого снега <i>Wet snow</i> | 0,15–0,50 | Ламинарный; Вязкое течение <i>Laminar; Viscous flow</i> | 5,0 | 300 | 15 | |
| Свежевыпавшего снега <i>New snow</i> | 0,05–0,15 | Турбулентный <i>Turbulent</i> | 10,0 | 500 | 40 | |
| II. Генетический класс лавин: эпигенетические лавины <i>II. Genetic class of the avalanches: epigenetic avalanches</i> | | | | | | |
| Перекристаллизованного снега <i>Recrystallized snow</i> | 0,22–0,38 | Турбулентный; Волновой процесс <i>Turbulent; Wave process</i> | >50,0 | >1 000 | >80 | Геофизические процессы в снежной толще <i>Geophysical processes in the snow pack</i> |
| III. Генетический класс лавин: полигенетические лавины <i>III. Genetic class of the avalanches: polygenetic avalanches</i> | | | | | | |
| Смешанного перекристаллизованного и сухого свежевыпавшего снега <i>Mixed dry snow: recrystallized and new</i> | 0,25–0,35 | Турбулентный; Волновой процесс <i>Turbulent; Wave process</i> | >1 400,0 | >3 000 | >80 | Геофизические процессы в снежной толще в сочетании с гидрометеорологическими процессами <i>Combination the geophysical processes in the snow pack with hydrometeorological processes</i> |
| Смешанного перекристаллизованного и сухого метелевого снега <i>Mixed dry snow: recrystallized and snowstorm</i> | 0,25–0,45 | | >1 000,0 | >2 000 | >80 | |
| Смешанного перекристаллизованного и мокрого снега <i>Mixed snow: dry recrystallized and wet</i> | 0,35–0,50 | | 100,0 | 1 200 | 50 | |

Таблица 4. Распределение лавин по генетическим типам (остров Сахалин, 1980–2020 годы).**Table 4.** Distribution of avalanches by genetic type (Sakhalin Island, 1980–2020).

| Генетический тип лавины <i>Genetic type of avalanche</i> | Доля лавин, %% <i>Number of avalanches, %%</i> | Объём лавины, тыс. м ³ <i>Avalanche volume, thousands m³</i> | | Толщина лавинных отложений, м <i>Thickness of the avalanche deposits, m</i> | | Макс. дальность выброса лавины, м <i>Max. avalanche run out distance, m</i> | Плотность лавинных отложений, кг/м ³ <i>Density of avalanche deposits, kg/m³</i> |
|--|--|--|----------------------|---|----------------------|---|--|
| | | Сред. <i>Aver.</i> | Макс. <i>Max.</i> | Сред. <i>Aver.</i> | Макс. <i>Max.</i> | | |
| Генетический класс лавин: сингенетические лавины <i>Genetic class of the avalanches: syngenetic avalanche</i> | | | | | | | |
| Свежевыпавшего и метелевого снега <i>Snow blizzard and New snow</i> | 50 | 1,0 | 5,20 | 2,0 | 6,0 | 400 | 170–280 |
| Мокрого снега <i>Wet snow</i> | 19 | 1,7 | 5,0 | 2,9 | 3,0 | 250 | 350–550 |
| Генетический класс лавин: полигенетические лавины <i>Genetic class of the avalanches: polygenetic avalanches</i> | | | | | | | |
| Смешанного перекристаллизованного и сухого свежевыпавшего или метелевого снега <i>Mixed dry snow: recrystallized and Snow blizzard ore New snow</i> | 31 | 15,0 | 1 400,0 | 2,8 | 40,0 | 980 | 270–450 |

Обсуждение результатов

Лавины больших объёмов, зарегистрированные на острове Сахалин, были лавинами сухого снега, смешанного снега: сухого перекристаллизованного снега, залегающего в средней и нижней части снежной толщи, и сухого свежевыпавшего снега, залегающего в верхней части снежной толщи. Эти лавины сходили во время общих метелей с сильными осадками. Зарегистрированные полигенетические лавины других типов (сухого перекристаллизованного снега, залегающего в средней и нижней части снежной толщи, и мокрого снега, залегающего в верхней части снежной толщи) имели меньшие объёмы (менее 100 тыс. м³). Возможно, что сходили такие лавины и больших объёмов, но регистрировать такие лавины не приходилось.

Дальность выброса лавин также зависит от их генетического типа: дальность выброса полигенетических лавин значительно

превосходит дальность выброса сингенетических лавин (таблица 4) даже при равных объёмах.

Максимальные дальности выброса лавин большого объёма в низкогорье острова Сахалин превышают значения дальности выброса лавин, рассчитанной на основе разных моделей лавин (таблица 1).

Формирование в низкогорье острова Сахалин лавин больших объёмов обусловлено:

- большой глубиной расчленения рельефа (300–1 000 м);
- большим количеством твёрдых осадков [Материалы наблюдений, 1994]: например, зарегистрированные максимумы осадков на Чамгинском перевале (Восточно-Сахалинские горы) 03–16.01.1991 составили 333 мм за снегопад; 127 мм за сутки и 43 мм за час [Казаков и др., 1999];
- сильной перекристаллизацией снежной толщи (в январе – апреле значения коэффициентов перекристаллизации – 0,80–0,95, вторичного расслоения – 0,50–1,0 текстуры – 0,50–0,80)

[Казаков, 2000; Казаков, 2009; Казаков, Жируев, Древило, 2019].

В образовании лавин больших объёмов перекристаллизация снежной толщи играет ведущую роль: в декабре – мае обрушение снежного пласта происходит по снежным слоям с волокнистой или столбчатой текстурой, сложенным кристаллами скелетного и полускелетного классов форм.

Все лавины больших объёмов, зарегистрированные на острове Сахалин, относятся к лавинам полигенетического класса (таблица 3) [Казаков, 2015], доминирующими процессами в образовании которых являются процессы перекристаллизации снежной толщи (триггерный механизм лавинообразования) [Казаков, 2000; Казаков, 2003; Казаков, 2009].

Объёмы лавин также связаны с их генетическим типом: лавины сингенетического класса лишь в редчайших случаях могут достигать объёмов 10–15 тыс. м³ (таблица 5). При этом толщина лавиноопасного слоя (слоёв) со столбчатой или волокнистой текстурой, выполненного кристаллами полускелетного или

скелетного снега может не превышать 10 процентов от толщины оторвавшегося снежного пласта. Этого однако достаточно для увеличения скорости и дальности выброса лавины.

В других районах низкогорья также формируются лавины больших объёмов.

Так, максимальный объём лавины, описанной в Хибинах, достигал 1,125 млн. м³ [Аккуратов, 1973].

Выводы

1. На острове Сахалин формируются лавины объёмом более 1 млн. м³ с дальностью выброса более 3 км.

2. Лавины больших объёмов являются полигенетическими лавинами смешанного сухого снега или сухого перекристаллизованного снега и мокрого снега.

3. Дальность выброса лавин зависит от их генетического типа: дальность выброса полигенетических лавин значительно превосходит дальность выброса сингенетических лавин даже при равных объёмах.

Таблица 5. Зависимость объёмов лавин от их генетических типов (остров Сахалин, 1980–2020 годы).
Table 5. Dependence of avalanche volumes on their genetic types (Sakhalin Island, 1980–2020).

| Генетический тип лавины <i>Genetic type of avalanche</i> | Объём лавины, тыс. м ³ <i>Avalanche volume, thousand m³</i> | | | | | | |
|---|--|---------|-----|------|-------|-------|-----|
| | < 0,5 | 0,5–1,0 | 1–5 | 5–10 | 10–15 | 15–20 | >20 |
| | Доля лавин, %% <i>Number of avalanches, %%</i> | | | | | | |
| Генетический класс лавин: сингенетические лавины <i>Genetic class of the avalanches: syngenetic avalanche</i> | | | | | | | |
| Свежевыпавшего и метелевого снега <i>Snow blizzard and New snow</i> | 61 | 55 | 42 | 17 | 0 | 0 | 0 |
| Мокрого снега <i>Wet snow</i> | 35 | 24 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Генетический класс лавин: полигенетические лавины <i>Genetic class of the avalanches: polygenetic avalanches</i> | | | | | | | |
| Смешанного перекристаллизованного и сухого свежевыпавшего или метелевого снега <i>Mixed dry snow: recrystallized and Snow blizzard or New snow</i> | 4 | 21 | 44 | 83 | 100 | 100 | 100 |

4. Максимальные дальности выброса лавин большого объёма в низкогорье острова Сахалин превышают значения дальности выброса лавин, рассчитанной на основе практически всех моделей лавин, существующих на сегодняшний день в России и за рубежом.

5. В образовании лавин больших объёмов ведущую роль играют процессы перекристаллизация снежной толщи.

Литература

Аккуратов В.Н. Снежные лавины в Хибинах: Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. М., 1973. 26 с.

Аккуратов В.Н., Красносельский Э.Б., Иткин В.А. О расчёте максимальной дальности выброса снежных лавин // Снег и лавины Хибин / Отв. ред. Г.К. Тушинский. М.: МГУ, 1967. С. 349-356.

Атлас Сахалинской области / Гл. ред. Г.В. Комсомольский, И.М. Сирьк. М.: ГУГК, 1967. 135 с.

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира в 2-х т. Том 2: в 2-х кн. Книга 1 / Гл. ред. В.М. Котляков. М.: ГУГК, 1998. 264 с.

Благовецкий В.П. Определение дальностей выброса лавин методом статистического анализа видимых границ // Материалы гляциологических исследований. 1974. Вып. 23. С. 222–227.

Боброва Д.А. Зависимость дальности выброса лавин на о. Сахалин от морфологии и морфометрии лавиносбора в условиях Сахалина // Геориск. 2009. №4. С. 14–17.

Боброва Д.А. Лавинная опасность равнинных территорий о. Сахалин // Лёд и снег. 2013. Том 53. №4. С. 60–66. DOI: [10.15356/2076-6734-2013-4-60-66](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-4-60-66).

Боброва Д.А. Оценка лавинной опасности на равнинных территориях о. Сахалин: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Хабаровск, 2014. 24 с.

География лавин / Под ред. С.М. Мягкова, Л.А. Канаева. М.: МГУ, 1992. 330 с.

Иванов А.В. Общий обзор лавинного режима острова Сахалин // Лавины Сахалина и

6. Объём и дальность выброса лавин в низкогорье могут достигать таких же значений как и в высокогорье и превышать 1 млн. м³.

7. При оценке лавинной опасности и расчёте лавинных рисков для объектов и территорий в низкогорье необходимо учитывать возможность формирования лавин больших объёмов, обладающих большой дальностью выброса.

References

Akkuratov V.N., Krasnosel'skii E.B., Itkin V.A. O raschete maksimal'noi dal'nosti vybroza snezhnykh lavin [About of the calculation of the maximum avalanches runout distance]. In Tushinskii G.K. (ed.), *Sneg i laviny Khibin [Snow and avalanches of Khibiny]*. Moscow, Publ. of MSU, 1967, pp. 349–356. (In Russian).

Akkuratov V.N. *Snezhnye laviny v Khibinakh* Avtoref. diss. kand. geol.-min. nauk [Snow avalanches of Khibiny. Ph. D. (Geological and mineralogical sciences) Thesis]. Moscow, 1973. 26 p. (In Russian).

Atlas Sakhalinskoi oblasti [Atlas of the Sakhalin Region]. Komsomol'skii G.V., Siryk I.M. (eds.). Moscow, Publ. of General Directorate of Geodesy and Cartography, 1967. 135 p. (In Russian).

Atlas snezhno-ledovykh resursov mira v 2 t. Tom 2: v 2 kn. Kniga 1, kniga 2 [World Atlas of Snow and Ice Resources in 2 vol. Volume 2: in 2 b. Book 1, book 2]. Kotlyakov V.M. (ed.). Moscow, Publ. of General Directorate of Geodesy and Cartography, 1998. 264 p., 270 p. (In Russian).

Blagoveshchenskii V.P. Opredelenie dal'nostei vybroza lavin metodom statisticheskogo analiza vidimykh granits [The calculate of the avalanches runout distance by the method of statistical analysis of the visible boundaries]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy [Data of Glaciological Studies]*, 1974, no. 23, pp. 222–227. (In Russian).

Bobrova D.A. Zavisimost' dal'nosti vybroza lavin na o. Sakhalin ot morfologii i morfometrii lavinosbora v usloviyakh Sakhalina [Dependence of the range of avalanches on Sakhalin Island from the morphology and morphometry of avalanche collection in

Курильских островов / Под ред. К.Ф. Войтковского, В.Е. Барабаша. Л.: Гидрометеиздат, 1971. С. 4–25.

Иванов А.В., Васильев А.Б. Некоторые результаты натурных исследований лавинного режима в условиях муссонного климата // Снег и лавины Сахалина / Под ред. В.Е. Барабаша, А.К. Дюнина. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 34–55.

Кадастр лавин СССР. Том 18. Дальний Восток / Под ред. Л.А. Канаева. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 179 с.

Кадастр лавин СССР. Том 18. Дальний Восток / Под ред. Л.А. Канаева. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 122 с.

Казаков Н.А. Электродинамика снежной толщи: образование и движение лавин // Материалы гляциологических исследований. 1997. Вып. 82. С. 161–164.

Казаков Н.А. Лавинный процесс как процесс самоорганизации упорядоченных структур // Материалы гляциологических исследований. 1998. Вып. 84. С. 155–158.

Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин). Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Южно-Сахалинск, 2000. 216 с.

Казаков Н.А. Природный лавинный комплекс как триггерная геосистема: предпосылки управления лавинным процессом // Материалы Всероссийской конференции «Риск-2003» (г. Москва, 26-28 марта 2003 г.). М.: АНКИЛ, 2003. Т. 2. С. 344–348.

Казаков Н.А. О формировании лавин в лесу // Материалы гляциологических исследований. 2007. Вып. 102. С. 192–196.

Казаков Н.А. Перекристаллизация снега и особенности лавинообразования на Сахалине и Курильских островах // Материалы Международной научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора географического факультета МГУ Георгия Казимировича Тушинского «Гляциология в начале XXI века» (г. Москва,

Sakhalin]. *Georisk [Georisk]*, 2009, no. 4, pp. 14–17. (In Russian; abstract in English).

Bobrova D.A. Lavinnaya opasnost' ravninnykh territorii o. Sakhalin [Avalanche hazard in plain area of Sakhalin Island]. *Led i sneg [Ice and snow (Russia)]*, 2013, vol. 53, no. 4, pp. 60–66. (In Russian; abstract in English). DOI: [10.15356/2076-6734-2013-4-60-66](https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-4-60-66).

Bobrova D.A. *Otsenka lavinnoi opasnosti na ravninnykh territoriyakh o. Sakhalin*. Avtoref. diss. kand. geogr. nauk [Avalanche hazard assessment in the lowlands of Sakhalin Island. Ph. D. (Geography) Thesis]. Khabarovsk, 2014. 24 p. (In Russian).

Geografiya lavin [Geography of Avalanches]. Myagkov S.M., Kanaev L.A. (eds.). Moscow, Publ. of MSU, 1992. 330 p. (In Russian).

Handbook of Snow: principles, processes, management and use. Eds. Gray D.M. Male D.H. Toronto, Pergamon Press, 1981. 776 p.

Ivanov A.V. Obschii obzor lavinnogo rezhima ostrova Sakhalin [A general overview of the avalanche regime of Sakhalin Island]. In Voitkovskiy K.F., Barabasha V.E. (eds.) *Laviny Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov [Avalanches of Sakhalin-on and the Kuril Islands]*. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1971, pp. 4–25. (In Russian).

Ivanov A.V., Vasil'ev A.B. Nekotorye rezul'taty naturnykh issledovaniy lavinnogo rezhima v usloviyakh mussonnogo klimata [Some results of field studies of the avalanche regime in monsoon climate]. In Barabasha V.E., Dyunina A.K. (eds.) *Sneg i laviny Sakhalina [Snow and Avalanches of Sakhalin Island]*. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1975, pp. 34–55. (In Russian).

Kadastr lavin SSSR. Tom 18. Dal'nii Vostok [Cadastre of avalanches of the USSR. Volume 18. The Far East] Kanaev L.A. (ed.). Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1986. 179 p. (In Russian).

Kadastr lavin SSSR. Tom 18. Dal'nii Vostok [Cadastre of avalanches of the USSR. Volume 18. The Far East] Kanaev L.A. (ed.). Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1988. 122 p. (In Russian).

Kazakov N.A. Elektrodinamika snezhnoi tolshchi: obrazovanie i dvizhenie lavin [Snow

15-16 октября 2009 г.). М.: Изд-во Университетская книга, 2009. С. 70–77.

Казаков Н.А. Генетическая классификация лавин и селей // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска» (г. Южно-Сахалинск, 27-30 мая 2015 г.). Владивосток: Дальнаука, 2015. Том 2. С. 316–321.

Казаков Н.А., Жируев С.П., Древило М.С. Лавинные геосистемы острова Сахалин и Курильских островов // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2019. Т. 1. Вып. 3. С. 328–380. DOI: [10.34753/HS.2019.1.3.006](https://doi.org/10.34753/HS.2019.1.3.006).

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.

Казакова Е.Н. Зависимость динамических характеристик лавин на Сахалине от их генетических типов // Геориск. 2009. №4. С. 10–13.

Казакова Е.Н. Лавинная опасность населённых пунктов Сахалинской области // Геориск. 2010. №4. С. 58–60.

Казакова Е.Н. Снежные карнизы на морских террасах Южного Сахалина // Криосфера Земли. 2013. Т. 17. №3. С. 94–99.

Казакова Е.Н. Природные и антропогенные лавинные комплексы морских берегов (на примере о. Сахалин): Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Хабаровск, 2014. 24 с.

Казакова Е.Н. Классификация береговых лавинных комплексов острова Сахалин // География и природные ресурсы. 2016. №3. С. 152–159. DOI: [10.21782/GiPR0206-1619-2016-3\(152-159\)](https://doi.org/10.21782/GiPR0206-1619-2016-3(152-159)).

Казакова Е.Н., Лобкина В.А. Лавинные катастрофы в Сахалинской области // Материалы гляциологических исследований. 2007. №103. С. 185–190.

Карта литологических комплексов и проявлений экзогенных процессов о. Сахалин: масштаб

electrodynamics: formation and movement of avalanches]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy [Data of Glaciological Studies]*, 1997, no. 82, pp. 161–164. (In Russian; abstract in English).

Kazakov N.A. Lavinni protsess kak protsess samoorganizatsii uporyadochennykh struktur [Avalanche process as a process of self-organization of ordered structures]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy [Data of Glaciological Studies]*, 1998, no. 84, pp. 155–158. (In Russian; abstract in English).

Kazakov N.A. *Geologicheskie i landshaftnye kriterii ochenki lavinnoj i selevoj opasnosti pri stroitel'stve linejnyh sooruzhenij (na primere o. Sahalin)*. Diss. kand. geol.-min. nauk. [Geological and landscape criteria for assessing avalanche and debris flow hazard during the construction of linear structures (on the example of Sakhalin Island). Ph. D. (Geological and mineralogical sciences) Thesis]. Moscow, 2000. 216 p. (In Russian).

Kazakov N.A. Prirodnyi lavinni kompleks kak triggernaya geosistema: predposylki upravleniya lavinnym protsessom [Natural avalanche complex as a trigger geosystem: prerequisites for controlling the avalanche process]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii «Risk-2003» (g. Moskva, 26-28 marta 2003 g.) [The proceedings of the All-Russian Conference “Risk-2003” (Moscow, March 26-28, 2003)]*. Moscow, Publ. ANKIL, 2003, vol. 2, pp. 344–348. (In Russian).

Kazakov N.A. O formirovanii lavin v lesu [On the formation of avalanches in the forest]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy [Data of glaciological studies]*, 2007, publ. 102, pp. 192–196. (In Russian; abstract in English).

Kazakov N.A. Perekristallizatsiya snega i osobennosti lavinoobrazovaniya na Sakhaline i Kuril'skikh ostrovakh [Recrystallization of snow and features of avalanche formation on Sakhalin and the Kuril Islands]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora geograficheskogo fakul'teta MGU Georgiya Kazimirovicha Tushinskogo «Glyatsiologiya v nachale dvadtsat' pervogo veka» (g. Moskva, 15-16 oktyabrya 2009*

1:500 000 / Под ред. И.И. Тютрина, К.Ф. Сергеева. М.: ГУГК, 1984.

Каталог лавин о. Сахалин и Курильских островов за период 1935-1989 гг. Южно-Сахалинск: Сахалинское УГМС, 1990.

Козик С.М. Расчёт движения снежных лавин. Л.: Гидрометиздат, 1962. 74 с.

Материалы наблюдений за осадками и снежным покровом в горах 1959-1993 гг. Южно-Сахалинск: Сахалинское УГМС, 1994.

Отчёт Чамгинской снеголавинной экспедиции Сахалинского УГМС за 1982–1992 гг. Гидрометфонд Сахалинского УГМС, 1992.

Рыбальченко С.В. Лавинные комплексы территорий населённых пунктов Сахалинской области // Геориск. 2010. №4. С. 42–49.

Handbook of Snow: principles, processes, management and use. Eds. Gray D.M., Male D.H. Toronto, Pergamon Press, 1981. 776 p.

Podolskiy E.A., Izumi K., Suchkov V.E., Eckert N. Physical and societal statistics for a century of snow-avalanche hazards on Sakhalin and the Kuril Islands (1910–2010) // *Journal of Glaciology*. 2014. Vol. 60. Iss. 221. P. 409–430. DOI: [10.3189/2014JoG13J143](https://doi.org/10.3189/2014JoG13J143).

goda) [The proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 100th birthday of Georgy Kazimirovich Tushinsky, professor of the Faculty of Geography of Moscow State University, "Glaciology at the beginning of the twenty first century" (Moscow, October 15-16, 2009)]. Moscow, University Book Publishing House, 2009, pp. 70–77. (In Russian).

Kazakov N.A. Geneticheskaya klassifikatsiya lavin i selei [Genetic classification of avalanches and mudflows]. *Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Geodinamicheskie protsessy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorska» (g. Yuzhno-Sakhalinsk, 27-30 maya 2015 g.)* [Proceedings of the International scientific conference "Geodynamical Processes and Natural Hazards. Lessons of Neftegorsk" (Yuzhno-Sakhalinsk, May 26-30, 2015)]. Vladivostok: Publ. Dal'nauka, 2015. Vol. 2. Pp. 316–321. (In Russian).

Kazakov N.A., Zhiruev S.P., Drevilo M.S. Lavinnye geosistemy ostrova Sakhalin i Kuril'skikh ostrovov [Avalanche geosystems of Sakhalin Island and Kuril Islands]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Hydrosphere. Hazard processes and phenomena], 2019, vol. 1, iss. 3, pp. 328–380 (In Russian; abstract in English) DOI: [10.34753/HS.2019.1.3.006](https://doi.org/10.34753/HS.2019.1.3.006)

Kazakov N.A., Okopnyi V.I., Zhiruev S.P., Gensiorovskii Yu.V., Anikin V.A. Lavinniy rezhim Vostochno-Sakhalinskikh gor [Avalanche regime of the East Sakhalin Mountains]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy* [Data of glaciological studies], 1999, publ. 87, pp. 211–215. (In Russian; abstract in English).

Kazakova E.N. Zavisimost' dinamicheskikh kharakteristik lavin na Sakhaline ot ikh geneticheskikh tipov [The dependence of the dynamic characteristics of avalanches on Sakhalin on their genetic types]. *Georisk* [Georisk], 2009, no. 4, pp. 10–13. (In Russian; abstract in English).

Kazakova E.N. Lavinnaya opasnost' naseleennykh punktov Sakhalinskoi oblasti [Avalanche hazard for the Sakhalin region settlements]. *Georisk* [Georisk], 2010, no. 4, pp. 58–60. (In Russian; abstract in English).

Kazakova E.N. Snezhnye karnizy na morskikh terrasakh Yuzhnogo Sakhalina [Snow cornices on the marine terraces of South Sakhalin]. *Kriosfera Zemli [Kriosfera Zemli]*, 2013, vol. 17, no. 3, pp. 94–99. (In Russian; abstract in English).

Kazakova E.N. Prirodnye i antropogennye lavinnye komplekсы morskikh beregov (na primere o. Sakhalin). *Avtoref. diss. kand. geogr. nauk [Natural and anthropogenic avalanche complexes of sea coasts (on the example of Sakhalin Island). Ph. D. (Geography) Thesis]*. Khabarovsk, 2014. 24 p. (In Russian).

Kazakova E.N. Klassifikatsiya beregovykh lavinnykh kompleksov ostrova Sakhalin [Classification of coastal avalanche complexes of Sakhalin Island]. *Geografiya i prirodnye resursy [Geography and natural resources]*, 2016, no. 3, pp. 152–159. (In Russian; abstract in English). DOI: [10.21782/GiPR0206-1619-2016-3\(152-159\)](https://doi.org/10.21782/GiPR0206-1619-2016-3(152-159)).

Kazakova E.N., Lobkina V.A. Lavinnye katastrofy v Sakhalinskoj oblasti [Avalanche disasters in the Sakhalin region]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovanii [Data of glaciological studies]*, 2007, no. 103, pp. 185–190. (In Russian; abstract in English).

Karta litologicheskikh kompleksov i proyavlenii ekzogennykh protsessov o. Sakhalin: masshtab 1:500 000 [Map of lithological complexes and manifestations of exogenous processes about Sakhalin: scale 1: 500 000]. Tyutrina I.I., Sergeeva K.F. (eds.). Moscow, Publ. of General Directorate of Geodesy and Cartography, 1984. (In Russian).

Katalog lavin o. Sakhalin i Kuril'skikh ostrovov za period 1935-1989 [Catalog of avalanches of Sakhalin Island and the Kuril Islands for the period 1935-1989]. Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalinskoe UGMS, 1990. (In Russian).

Kozik S.M. *Raschet dvizheniya snezhnykh lavin [Calculation of the movement of snow avalanches]*. Leningrad, Publ. Gidrometizdat, 1962. 74 p. (In Russian).

Materialy nablyudenii za osadkami i snezhnym pokrovom v gorakh 1959-1993 gg. [Materials of observations of precipitation and snow cover in the

mountains of 1959-1993]. Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalinskoe UGKS, 1994. (In Russian).

Otchet Chamginskoi snegolavinnoi ekspeditsii Sakhalinskogo UGMS za 1982–1992 godov [Report of the Chamginsky avalanche expedition of the Sakhalin UGMS for 1982–1992]. Hydrometeofond Sakhalinskogo UGMS, 1992. (In Russian).

Podolskiy E.A., Izumi K., Suchkov V.E., Eckert N. Physical and societal statistics for a century of snow-avalanche hazards on Sakhalin and the Kuril Islands (1910–2010). *Journal of Glaciology*, 2014, vol. 60, no. 221, pp. 409-430. DOI: [10.3189/2014JoG13J143](https://doi.org/10.3189/2014JoG13J143).

Rybal'chenko S.V. Lavinnye komplekсы territorii naselennykh punktov Sakhalinskoi oblasti [Avalanche complexes of the territories of the Sakhalin region settlements]. *Georisk [Georisk]*, 2010, no. 4, pp. 42–49. (In Russian; abstract in English).