

Е. Н. КАЗАКОВА

Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН,  
г. Южно-Сахалинск

## КЛАССИФИКАЦИЯ БЕРЕГОВЫХ ЛАВИННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОСТРОВА САХАЛИН

*Рассмотрены береговые природные и антропогенные лавинные комплексы Южного Сахалина, которые по ряду характерных особенностей выделяются в специфическую группу. Разработана их классификация, основанная на типизации лавиносборов в зависимости от формирующих их экзогенных геологических процессов. Выделено пять подклассов в классе лавинных комплексов морских террас, каждый из которых представляет собой участок, где лавиносборы сформированы эрозионными и оползневыми процессами, абразией, антропогенной деятельностью либо без выраженного воздействия этих процессов. Внутри каждого подкласса выделены типы лавинных комплексов, представляющие собой ряд соседних лавиносборов, занимающих участок берегового уступа, ограниченный водотоками. Определены параметры лавинных процессов (объем, повторяемость и генетические классы лавин), рассчитаны пиковое давление лавины на препятствие и максимальная дальность выброса лавины для каждого из выделенных видов лавинных комплексов. Составлена карта-схема береговых природных и антропогенных лавинных комплексов Южного Сахалина в м-бе 1: 1 000 000 с врезкой для наиболее лавиноопасного участка западного побережья в м-бе 1:100 000.*

Ключевые слова: лавина, природный лавинный комплекс, лавинная опасность, морская терраса.

*This paper is concerned with coastal and anthropogenic avalanche complexes of Southern Sakhalin which, according to a number of characteristic features, are identified into a specific group. Their classification is developed, based on a typization of avalanche catchments, depending on the exogenous geological processes forming them. Five subclasses are identified in the class of avalanche complexes of marine terraces, each of which constitutes the area where the avalanche catchments were formed by erosion and landslide processes, abrasion and anthropogenic activity or without any clearly pronounced effect from these processes. Within each subclass, the types of avalanche complexes are identified, which represent a number of neighboring avalanche catchments occupying the portion of the cliff bounded by streams. Parameters of avalanche processes (the volume, recurrence frequency and genetic classes of avalanches) are determined, and the avalanche's peak pressure to an obstacle and the maximum distance of avalanche release is calculated for each of the identified avalanche complexes of Southern Sakhalin at a scale of 1:1 000 000 with the map inset for the most avalanche-hazardous portion of the western coast at a scale of 1:100 000.*

Keywords: avalanche, natural avalanche complex, avalanche hazard, marine terrace.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Лавинные процессы на морских берегах имеют широкое распространение на Дальнем Востоке (о. Сахалин, п-ов Камчатка, Чукотский полуостров, Курильские острова). На Сахалине протяженность лавиноопасных берегов составляет около 1500 км (60 % береговой линии) [1].

Опасность формирующихся на террасах лавин часто недооценивается в связи с низкими относительными высотами лавиносборов (в большинстве случаев не более 100 м), а также с незначительными объемами лавин частой повторяемости (50–500 м<sup>3</sup>). Однако вследствие широкого распространения и высокой частоты схода эти лавины оказывают ощутимое влияние на жизнь населения и хозяйство приморских территорий.

Образующиеся на морских берегах лавины представляют опасность для территорий 33 населенных пунктов о. Сахалин, а также для важнейших транспортных магистралей острова на протяжении более 500 км. Помимо экономического ущерба, причиненного повреждением и разрушением зданий и сооружений, а также завалами транспортных магистралей, они наносят урон местному населению. За последние 85 лет в сошедшие с уступов морских террас лавины попали 82 человека, 48 из них погибли.

Поскольку значительная часть населения проживает в пунктах, приуроченных к побережью, а основные транспортные магистрали также проходят вдоль береговой линии, при оценке лавинной опасности о. Сахалин необходимо уделять особое внимание лавинным процессам на морских берегах.

Природный лавинный комплекс включает в себя следующие компоненты: лавиносбор (участок земной поверхности, на котором зарождается, движется и останавливается лавина); снежный покров в лавиносборе, из которого формируются лавины; саму лавину [2].

Под береговыми лавинными комплексами в настоящей работе понимаются совокупности, расположенные на уступах аккумулятивных, цокольных и абразионных морских террас, а также приморских пологонаклонных равнин уклоном 30–45°; на скальных абразионных уступах уклоном 50–80°, для которых характерны карнизные и прыгающие лавины; на обращенных к морю склонах приморских горных хребтов, таких, например, как хр. Жданко (практически не отличаются от хорошо изученных лавиносборов горных территорий, поэтому нами не рассмотрены).

Наиболее важны с точки зрения лавинной опасности морские террасы. На о. Сахалин они широко распространены и занимают более 45 % протяженности берегов [1]. Террасированное побережье окаймляет обращенные к морю склоны Западно- и Восточно-Сахалинских гор, Сусунайского, Тонино-Анивского, Западного хребтов, Корсаковского плато на юге Сахалина. Террасы расположены на значительных площадях Муравьевской низменности и п-ова Терпения, на участках перехода от горных хребтов к прибрежным низменностям в северной части Сахалина; на берегах залива Терпения [3–5].

Природные лавинные комплексы берегов Сахалина мало изучены. Существует ряд работ, в которых встречаются сведения о лавинных процессах на морских берегах острова [6–12], однако в них не приводятся конкретные данные о характеристиках лавин. Есть отдельные упоминания о береговых лавинных комплексах на о. Хоккайдо, аналогичных комплексам Южного Сахалина [13].

В то же время за период наблюдений за лавинными процессами на Сахалине (эпизодически выполнялись с 1920-х гг., регулярно — с 1965 г.) накоплен значительный фактический материал о лавинах, формировавшихся в лавинных комплексах острова (морфологические типы и объемы лавин, их генезис, влажность снега, форма зоны отрыва и т. п.), а также о лавинных катастрофах [14–16]. Однако этот материал не был обобщен.

В связи с активной хозяйственной деятельностью, осуществляемой на береговых лавиноопасных зонах, в настоящее время возникла необходимость в получении более подробных и полных данных о лавинных процессах. Наиболее важными характеристиками, определяемыми при решении прикладных задач оценки лавинной опасности территории, являются объемы лавин, их повторяемость и такие динамические характеристики, как дальность выброса, фиксирующая границы лавиноопасных зон, и давление лавины на препятствие, характеризующее уязвимость объектов и сооружений при воздействии на них лавинного тела.

Для определения характеристик лавинных процессов на морских берегах в малоизученных районах по аналогии с изученными может быть использована классификация береговых природных и антропогенных лавинных комплексов, основанная на типизации лавиносборов в зависимости от формирующих их экзогенных геологических процессов.

### ОСОБЕННОСТИ БЕРЕГОВЫХ ПРИРОДНЫХ ЛАВИННЫХ КОМПЛЕКСОВ САХАЛИНА

Береговые природные и антропогенные лавинные комплексы Южного Сахалина имеют ряд характерных особенностей, позволяющих рассматривать их как специфический класс:

- абсолютная высота склонов не превышает 200 м (что позволяет не учитывать вертикальный градиент осадков при расчете их лавинообразующих сумм);
- высокая степень перекристаллизации снежной толщи (коэффициенты достигают значений 0,85–1), обусловленная относительно небольшой высотой снежного покрова и повышенной влажностью воздуха;
- активный метелевый перенос снега на морских берегах и наличие в большинстве лавинных комплексов зоны сноса снега ветром, роль которой исполняет поверхность морской террасы (что создает благоприятные условия для приноса большого объема снега в лавиносбор);
- подстилающая поверхность обычно представлена травянистой растительностью (это обеспечивает благоприятные условия для перекристаллизации снежного покрова и формирует поверхность скольжения лавины с низкими значениями коэффициентов трения — 0,15–0,17);
- характерный продольный профиль лавиносбора с постоянным большим уклоном в зонах отрыва и транзита лавин, резким выполаживанием в зоне аккумуляции и отсутствием поворотов (что влияет на динамику и форму тела лавины, размеры его головной части, дальность и направление выброса).

Высокая опасность береговых природных и антропогенных лавинных комплексов на Сахалине обеспечивается следующими факторами:

- расположение территорий жилой застройки и транспортных магистралей у подножия берегового уступа;
- высокая частота формирования лавин в береговых природных лавинных комплексах;

- большие уклоны зон зарождения и транзита лавин, обуславливающие высокие значения их динамических характеристик даже при небольших относительных высотах лавиносборов;
- наличие в верхней части лавинного комплекса значительной по площади зоны сноса снега ветром, обеспечивающей дополнительное поступление снега в лавиносбор и, соответственно, увеличение объемов и повторяемости лавин.

### КЛАССИФИКАЦИЯ БЕРЕГОВЫХ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАВИННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Морфологическое строение лавиносбора, от которого зависят особенности снегонакопления и метаморфизма снежного покрова, а также параметры лавин (объем, значения динамических характеристик, ширина лавиноопасной зоны), обуславливаются преобладающим типом экзогенного геологического процесса, воздействующего на уступы морских террас и формирующего лавиносборы. Очевидно, что характер доминирующего процесса зависит от геологического строения территории. Однако в малоизученных районах проще выявить тип этого экзогенного процесса, чем определить геологическое строение.

Классификация береговых лавинных комплексов выполнена на основе геоморфологических факторов, влияющих на лавинный режим, объем и динамические характеристики лавин, наиболее значимыми из которых являются дальность выброса и давление лавины на препятствие. Определение этих параметров приоритетно при решении прикладных задач по разработке мероприятий противолавинной защиты, поскольку первый указывает на нижнюю границу лавиноопасной зоны, а второй характеризует уязвимость сооружения.

В зависимости от типа экзогенных геологических процессов в классе лавинных комплексов морских террас выделено пять подклассов, каждый из которых представляет собой участок, где лавиносборы сформированы: 1) эрозионными процессами; 2) оползневыми процессами; 3) абразией; 4) антропогенной деятельностью; 5) без выраженного воздействия этих процессов. Последний подкласс включает лавиносборы, не выраженные в рельефе [2].

В связи с активной хозяйственной деятельностью на морских берегах Сахалина лавинные комплексы подвержены сильной антропогенной нагрузке, увеличивающей степень опасности для населения и хозяйства острова. Необходимость выделения в отдельный подкласс комплексов, сформированных при антропогенной деятельности, обусловлена тем, что они имеют ряд отличий. Обычно это образующиеся при подрезке склонов уступы, создающие условия для формирования прыгающих лавин, или ровные крутые осовы.

Внутри подклассов выделены типы лавинных комплексов, которые представляют собой ряд соседних лавиносборов (а не отдельный лавиносбор), поскольку они имеют одинаковую экспозицию; на многих лавиноопасных участках морских террас чередуются лавиносборы разных типов (например, узкие эрозионные врезы и осовы); в некоторых типах террасовых лавинных комплексов при значительной высоте снежного покрова возможен сход лавины с линией отрыва, охватывающей несколько смежных лавиносборов; зона сноса снега ветром, как правило, общая для ряда соседних лавиносборов.

Типы лавинных комплексов разделены на подтипы в зависимости от морфологического строения отдельного лавиносбора [2]: лавиносборы, четко выраженные в рельефе, с надежно выделяемыми зонами зарождения, транзита и отложения (воронки); выраженные в рельефе, но не имеющие хорошо определяемых зон зарождения и транзита (врезы и мульды); не выраженные в рельефе (осовы).

Лавинные комплексы дифференцируются на виды в соответствии с морфометрическими характеристиками лавиносбора — относительной высотой и уклоном зон зарождения и транзита лавин. Относительная высота лавиносбора может быть очень низкой (<20 м), низкой (20–50 м), средней (50–100 м), высокой (100–200 м). Уклоны зон зарождения и транзита лавин делятся на крутые (30–45°) и пологие (25–30°). Так, лавиносбор с относительной высотой 30 м и уклоном 35° будет отнесен к виду лавинных комплексов «низкие крутые».

Классификация разработана на основе данных по Южному Сахалину, вся территория которого относится к Южно-Сахалинской климатической области (см. таблицу). Метеорологические факторы лавинообразования здесь относительно близки, поэтому не учитывались. Для каждого вида лавинных комплексов установлены морфометрические параметры лавиносборов (ширина, площадь, средний уклон), средние и максимальные объемы лавин, их повторяемость и преобладающие генетические классы. Эти характеристики определялись на основе полевых наблюдений, проводившихся сотрудниками Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, а также по картографическим данным и архивным материалам.

Природные и антропогенные лавинные комплексы морских террас (класс I) Южного Сахалина

Подкласс	Таксономический уровень			Морфометрические параметры лавиносбора				Преобладающий генетический класс лавин	Повторяемость лавин, раз в год	Расчетное давление лавины на препятствие, МПа	Расчетная максимальная дальность выброса лавин, м
	Тип	Подтип	Вид	Отн. высота, м	Уклон зона зарождения и транзита лавин, град.	Ширина, м	Площадь, га				
IA — лавиносборы сформированы эрозийными процессами	IA1 — узкие эрозийные врез	Врез	Низкие крутые	<50	30–45	15–30	0,1–0,2	0,05–0,1	0,5	0,042–0,148	35–170
				50–100	30–45	15–30	0,1–0,4	0,05–0,3	2	0,095–0,210	170–335
				100–150	30–45	15–30	0,1–0,6	0,05–0,3	10	0,134–0,258	335–500
IB — лавиносборы сформированы оползевыми процессами	Мульда	Низкие крутые	30–50	30–45	30–50	0,2–0,5	0,05–0,5	5	0,073–0,148	100–170	
			50–100	30–45	30–100	0,5–1,0	0,05–1,0	15	0,095–0,210	170–335	
			100–150	30–45	50–130	0,7–1,5	0,05–1,5	20	0,134–0,258	335–500	
IC — лавиносборы сформированы оползевыми процессами	Воронка	Высокие крутые	100–150	30–35	80–120	0,7–1,5	0,05–0,1	25	0,134–0,197	335–500	
			30–50	35–40	40–80	0,2–0,5	0,05–0,5	6	0,053–0,079	100–170	
			150–200	30–45	—	2,0–5,0	0,10–1,0	30	0,164–0,297	500–700	
ID — лавиносборы сформированы абразией	Воронка	Высокие крутые	100–150	30–45	30–70	0,8–1,5	0,05–1,0	15	0,134–0,285	335–500	
			100–150	30–45	20–40	0,5–1,0	0,05–0,5	10	0,134–0,285	335–500	
			50–100	50–80	—	—	0,05–0,1	0,3	—	—	
IE — лавиносборы сформированы антропогенной деятельностью	Осов	Низкие крутые	20–50	30–45	50–200	0,5–3,0	0,05–0,3	8	0,036–0,089	70–170	
			50–100	30–45	50–200	1,0–6,0	0,1–1,0	15	0,057–0,126	170–335	
			<20	25–30	50–200	0,1–1,5	1,0	2	0,020–0,036	35–70	
IF — лавиносборы сформированы антропогенной деятельностью	Осов	Очень низкие пологие	<20	30–45	80–300	0,2–1,2	0,1–0,5	3	0,025–0,056	35–70	
			20–50	25–30	50–200	0,3–2,5	0,5–1,0	10	0,029–0,057	70–170	
			20–50	30–45	80–300	0,5–3,0	0,1–0,8	8	0,036–0,089	70–170	
IG — лавиносборы сформированы антропогенной деятельностью	Осов	Средние крутые	50–100	30–45	80–300	1,0–6,0	0,1–1,0	15	0,057–0,126	170–335	
			50–80	30–45	200	0,4–0,6	0,1–1,0	10	0,057–0,113	170–270	
			50–80	30–45	—	—	—	—	—	—	

Примечание. Н — лавины нового снега (свежевыпавшего и метелевого), С — лавины смешанного снега (перекристаллизованного и метелевого) и свежевыпавшего, перекристаллизованного и метелевого либо перекристаллизованного и мокрого снега). Прочерк — параметр не определяется.

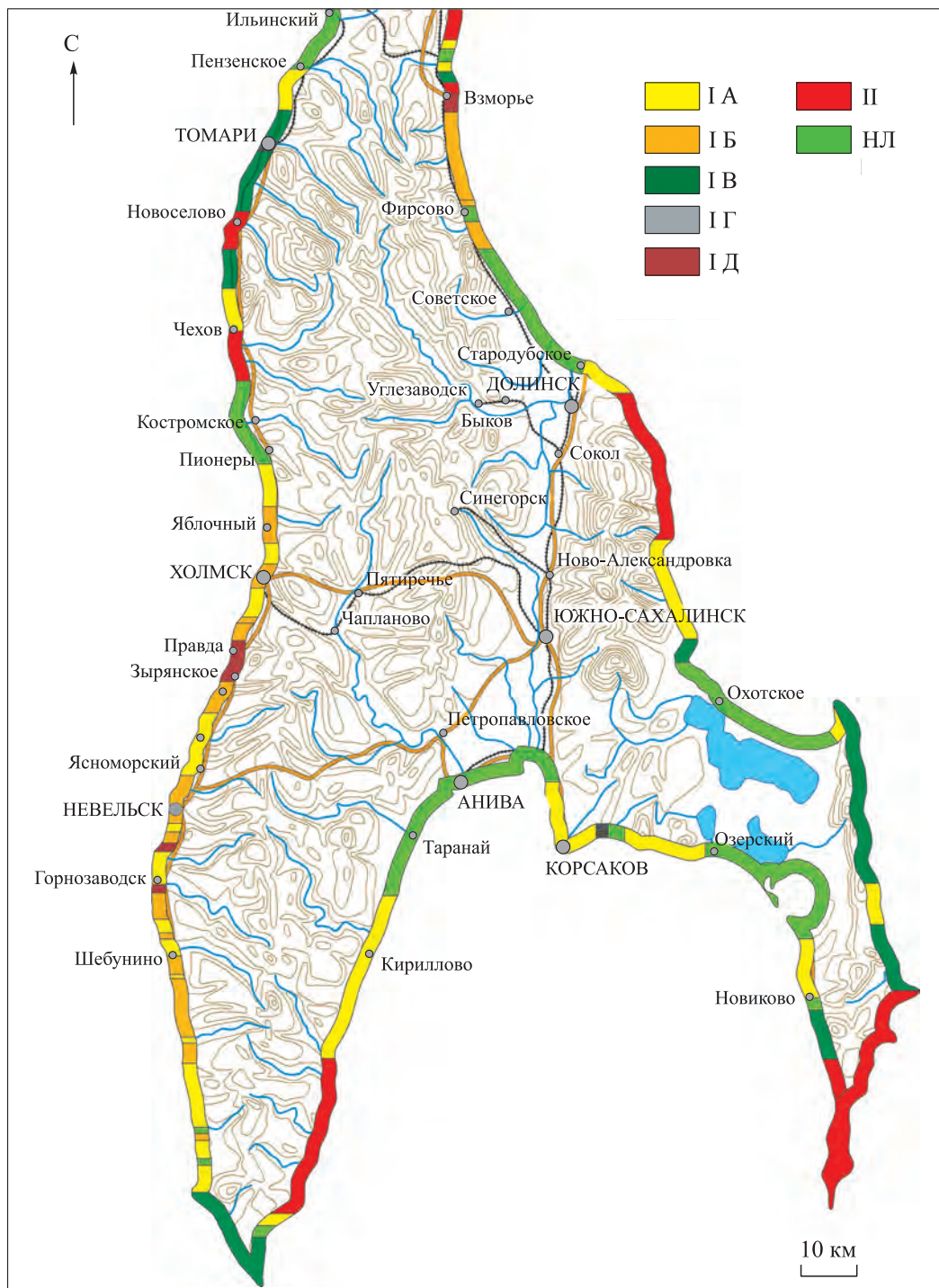


Рис. 1. Карта-схема береговых лавинных комплексов Южного Сахалина, м-б 1:1 000 000.

I — класс лавинных комплексов морских террас. Подклассы: I А — лавиносоры сформированы эрозионными процессами, I Б — оползневыми процессами, I В — абразией, I Г — антропогенной деятельностью, I Д — без выраженного воздействия этих процессов. II — класс лавинных комплексов гористых берегов. НЛ — нелавиноопасные берега.

На морских берегах Сахалина формируются лавины следующих генетических классов: лавины нового снега (свежевыпавшего и метелевого), смешанного снега (перекристаллизованного и свежевыпавшего, перекристаллизованного и метелевого либо перекристаллизованного и мокрого), весеннего снеготаяния (инсоляционные и адвекционные) [17]. В большинстве видов лавинных комплексов преобладают лавины второго класса.

Для каждого вида комплексов были рассчитаны значения пикового давления лавины на препятствие по методике К. С. Лосева, А. Н. Божинского и В. Ф. Граковича [18]. Для береговых лавиносборов Сахалина эти значения колеблются в пределах 0,020–0,297 МПа. Такие большие величины обусловлены главным образом значительными уклонами береговых лавиносборов (30–45°). Давление приводит к разрушению каменных и шлакоблочных построек, линейных сооружений наземной и надземной прокладки, повреждению железобетонных конструкций. По этой причине лавины из береговых лавинных комплексов представляют высокую опасность для населения и хозяйства, несмотря на небольшие относительные высоты лавиносборов.

Помимо давления лавины на препятствие приведены расчетные значения максимальной дальности выброса лавины по методике С. М. Козика [19] (см. таблицу). Они не превышают 500 м, что обусловлено небольшими относительными высотами лавиносборов. Однако, в связи с расположением территорий жилой застройки населенных пунктов, промышленных объектов и объектов инфраструктуры на Сахалине непосредственно у подножия уступов морских террас, даже лавины с маленькой дальностью выброса причиняют ущерб населению и хозяйству.

На основе разработанной классификации создана карта-схема береговых природных и антропогенных лавинных комплексов Южного Сахалина (рис. 1). В дополнение составлена карта-врезка одного из наиболее лавиноопасных участков на морских берегах южной части острова, расположенного между с. Шебунино и г. Невельском (рис. 2). Протяженность лавиноопасной зоны здесь составляет 83 % линии берега.

Карта позволяет оценить степень угрозы для населения и хозяйства на ранних стадиях проектирования и при работах по территориальному

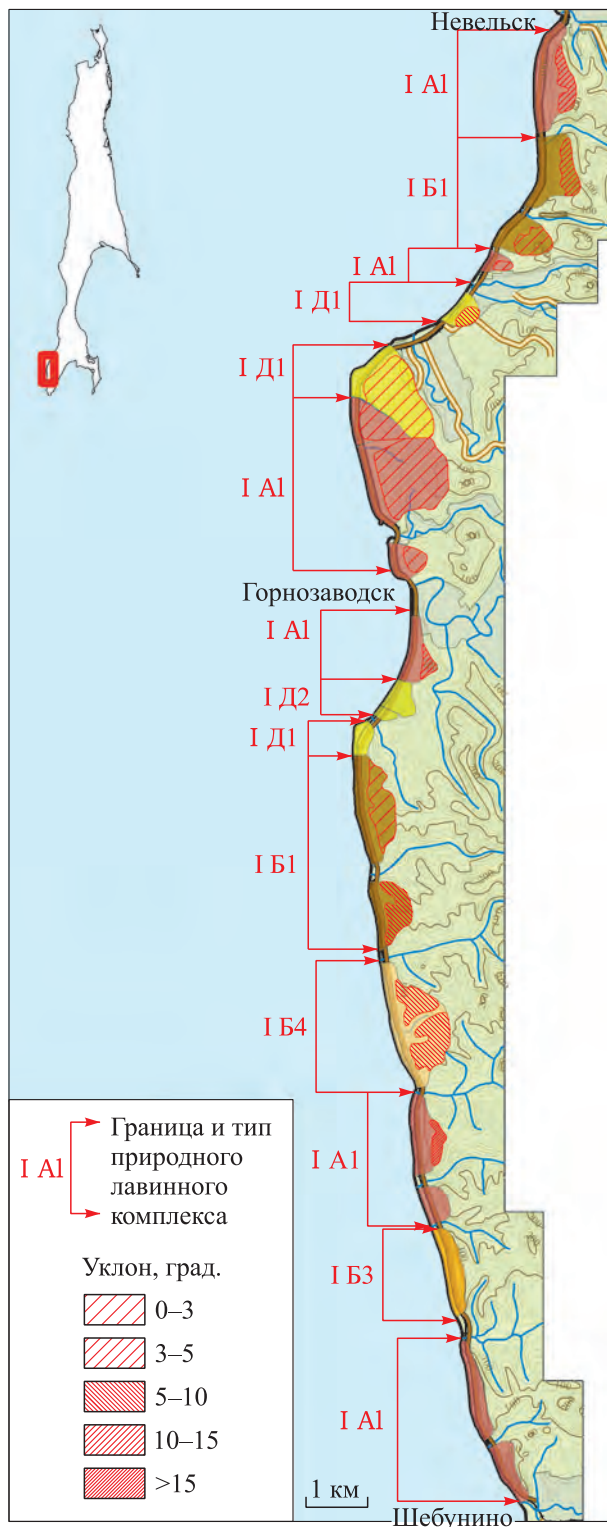


Рис. 2. Врезка к карте-схеме береговых лавинных комплексов юго-западного побережья Южного Сахалина, м-б 1:100 000.

Тип лавинных комплексов: I A1 — узкие эрозионные врезы, I B1 — глубокие широкие оползневые ложбины (мульды), I B3 — оползневые воронки, I B4 — воронки в центральной части лавиноопасного склона и мульды по боковым частям, I D1 — отдельные прямоугольные осовы, I D2 — отдельные треугольные осовы.

планированию селитебных зон без проведения полевых исследований, поскольку от типа лавинного комплекса зависит характер воздействия на объекты и сооружения. Параметры лавин для каждого вида лавинных комплексов приведены в таблице.

На карте-схеме отмечены зоны сноса снега ветром, входящие в лавинный комплекс, что позволяет установить участки с повышенной опасностью обрушения снежных карнизов и увеличенной частотой схода лавин. Масштаб карты-схемы достаточен для того, чтобы оценить наличие и протяженность лавиноопасных участков для линейных объектов, населенных пунктов, крупных промышленных объектов, а также рекреационных зон.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На морских берегах морфологический тип лавиносбора и его морфометрические характеристики определяются преобладающим типом экзогенного геологического процесса, формирующего мезо- и микрорельеф склона. Основными типами экзогенных геологических процессов на морских берегах Сахалина являются: эрозионные процессы, формирующие врезы; оползневые процессы (воронки и мульды); абразия (скальные обрывы); антропогенная деятельность (осовы и скальные обрывы). Отдельно выделены лавиносборы, сформированные без выраженного воздействия этих процессов (осовы).

Предложенная классификация включает два класса береговых лавинных комплексов: 1) морских террас (5 подклассов, 10 типов, 12 подтипов, 21 вид); 2) гористых побережий.

Для каждого из выделенных видов лавинных комплексов определены параметры лавинных процессов. Так, средние объемы лавин на морских террасах составляют 0,05–1,5 тыс. м<sup>3</sup>, максимальные — до 30 тыс. м<sup>3</sup>. Наибольшая повторяемость характерна для лавин в подклассе лавиносборов, сформированных эрозионными процессами (до 10 раз в год). Значения пикового давления лавины на препятствие достаточно высоки и колеблются в пределах 0,020–0,297 МПа, что обуславливает высокую степень лавинной опасности для населения и хозяйства приморских районов острова.

Данная классификация позволяет определить характеристики лавинных процессов на морских берегах в малоизученных районах и может быть использована на ранних стадиях проектно-исследовательских исследований и при работах по территориальному планированию селитебных зон.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казакова Е. Н. Природные лавинные комплексы берегов Сахалина // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 4. — С. 184–187.
2. Божинский А. Н., Лосев К. С. Основы лавиноведения. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 280 с.
3. Александров С. М. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Остров Сахалин. — М.: Наука, 1973. — 183 с.
4. Атлас береговой зоны Сахалина / Гл. ред. Ю. В. Попов. — Владивосток: ИПК «Дальпресс», 2002. — 51 с.
5. Микишин Ю. А. Геоморфология берегов залива Терпения // Береговая зона дальневосточных морей. — Л.: Изд-во ГО СССР, 1991. — С. 98–104.
6. Иванов А. В. Общий обзор лавинного режима острова Сахалин // Лавины Сахалина и Курильских островов. — Л.: Гидрометеиздат, 1971. — С. 4–25.
7. Исаенко Э. П., Марин Ю. А. О снежных лавинах на участках железных дорог Южного Сахалина // Лавины Сахалина и Курильских островов. — Л.: Гидрометеиздат, 1971. — С. 102–107.
8. Володичева Н. А. Характеристика лавинной опасности Курильских островов // Лавины Сахалина и Курильских островов. — Л.: Гидрометеиздат, 1971. — С. 26–39.
9. География лавин / Ред. С. М. Мягков, Л. А. Канаев. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. — 332 с.
10. Казаков Н. А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. — М., 2000. — 37 с.
11. Жируев С. П., Казаков Н. А., Генсиоровский Ю. В., Окопный В. И., Древило М. С. Интенсивность проявления лавинных процессов в Сахалинской области // Тезисы докл. IV Междунар. конф. «Лавины и смежные вопросы». — Апатиты, 2011. — С. 57.
12. Podolskiy E., Izumi K., Suchkov V., Eckert N. Wave of avalanche disasters in response to colonization: a century of statistics from the world's deadliest avalanche-prone islands // Proceed. of Intern. Snow Science Workshop Grenoble. — Chamonix Mont-Blanc, 2013. — P. 1135–1137.
13. Nishimura K., Ito Y., Komatsu A., Tanji K., Matsuoka N. Application of a simple snow cover model to avalanche warning systems // Тезисы докл. II Междунар. симпоз. «Физика, химия и механика снега». — Южно-Сахалинск, 2013. — С. 107.

14. **Кадастр** лавин СССР. Дальний Восток, Сахалин и Курильские острова / Отв. ред. Л. А. Канаев. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — Т. 18, вып. 4. — 175 с.
15. **Кадастр** лавин СССР. Дальний Восток, Сахалин и Курильские острова / Отв. ред. Л. А. Канаев. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — Т. 18, вып. 4. — 182 с.
16. **Каталог** лавин о. Сахалин и Курильских островов за период 1935–1989 гг. — Южно-Сахалинск: Сахалин. упр. по гидрометеорологии и мониторингу окруж. среды, 1990. — 233 с.
17. **Казakov Н. А.** Перекристаллизация снега и особенности лавинообразования на Сахалине и Курильских островах // Материалы Междунар. науч. конф. «Гляциология в начале XXI века». — М.: Унив. книга, 2009. — С. 70–77.
18. **Лосев К. С., Божинский А. Н., Гракович В. Ф.** Прикладное лавиноведение. — М.: ВИНТИ, сер. Гляциология, 1991. — 172 с.
19. **Козик С. М.** Расчет движения снежных лавин. — Л.: Гидрометеиздат, 1962. — 74 с.

*Поступила в редакцию 6 марта 2015 г.*

---