



Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина

СНЕГООПАСНОСТЬ о. САХАЛИН

FEDERAL AGENCY OF SCIENTIFIC ORGANIZATIONS
FEDERAL STATE-FUNDED INSTITUTION OF SCIENCE
FAR EAST GEOLOGICAL INSTITUTE
FAR EASTERN BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE



E.N. Kazakova, V.A. Lobkina

SNOW HAZARD ON THE SAKHALIN ISLAND



VLADIVOSTOK
DALNAUKA
2016

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина

СНЕГООПАСНОСТЬ о. САХАЛИН



ВЛАДИВОСТОК
ДАЛЬНАУКА
2016

УДК 551.578.46

ББК 26.222.8

СНЕГООПАСНОСТЬ о. САХАЛИН / Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – 112 с.

В монографии собраны и обобщены материалы об опасных процессах и явлениях, связанных со снегом, на о. Сахалин. Приводятся сведения о снегоопасностях, вызывающих наиболее неблагоприятные для населения и хозяйства острова последствия: опасных снегопадах и метелях, снеготаносимости, снежных полигонах, снеговых нагрузках и снежных лавинах. Показаны циклические изменения в наступлении зимних сезонов с максимальным воздействием на население и хозяйство острова. Приведены некоторые качественные и количественные характеристики рассматриваемых процессов, а также карты-схемы их распространения и/или интенсивности их проявления на территории острова. Предлагается методика оценки снегоопасности, основанная на качественной оценке последствий проявления опасных процессов, связанных со снегом, на урбанизированной территории. Выявлены города и районы острова, наиболее подверженные воздействию этих процессов. Публикуемые материалы представляют интерес для специалистов гляциологов, географов, строителей, изыскателей, краеведов.

SNOW HAZARD IN SAKHALIN ISLAND / E.N. Kazakova, V.A. Lobkina. – Vladivostok: Dalnauka, 2016. – 112 p.

This monograph provides data about the dangerous processes and phenomena associated with snow on the Sakhalin Island. The most dangerous processes for population and economy are snowfalls, snowstorms, snow-drift transport, anthropogenic snow patches, snow loads and snow avalanches. Cyclical changes in the occurrence of winter seasons with maximum impact on the population and economy of the island are shown. Some qualitative and quantitative characteristics of the considered processes and maps of their distribution and/or intensity on the territory of the Sakhalin island are described. The method of snow hazard assessment based on the qualitative assessment of the consequences of dangerous processes associated with snow on the urban areas is proposed. The cities and districts of the island most exposed to these processes are identified. This monograph is aimed at specialists in glaciology, geographers, builders, prospectors, local historians.

Ответственный редактор к.г.-м.н. *Н.А. Казаков*
Рецензенты: д.г.н., профессор *Э.Г. Коломыц*, д.т.н. *А.Ю. Виноградов*

Издание опубликовано при финансовой поддержке гранта Правительства Сахалинской области молодым ученым, 2016. Издание не подлежит продаже
Утверждено к печати Ученым советом Дальневосточного геологического института
Дальневосточного отделения Российской академии наук

ISBN 978-5-8044-1625-7

© Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина, 2016
© ДВГИ ДВО РАН, 2016
© Дальнаука, 2016

ОГЛАВЕНИЕ

Предисловие	8
Перечень используемых сокращений.....	9
Введение.....	10
<i>Глава 1. СНЕГОПАДЫ И МЕТЕЛИ</i>	12
1.1. Снежность территории о. Сахалин	14
1.2. Воздействие снегопадов и метелей на инфраструктуру и селитебные территории о. Сахалин	16
1.3. Метели.....	20
1.4. Снегопады	23
Выводы	27
<i>Глава 2. СНЕГОЗАНОСИМОСТЬ</i>	28
2.1. Воздействие снегопереноса на инфраструктуру и селитебные территории о. Сахалин	29
2.2. Роль снегопереноса в формировании лавин	30
2.3. Факторы снегопереноса на о. Сахалин	34
2.4. Расчет снегопереноса.....	36
2.4.1. Расчет снегопереноса для малоизученного района.....	40
Выводы	41
<i>Глава 3. СНЕЖНЫЕ ПОЛИГОНЫ</i>	42
3.1. Обращение со снежной массой в населенных пунктах о. Сахалин....	43
3.1.1. Оценка объемов снега на примере г. Южно-Сахалинск	45
3.1.2. Характеристики снежных полигонов в г. Южно-Сахалинск	47
3.2. Воздействие снежных полигонов на инфраструктуру и селитебные территории о. Сахалин	50
3.2.1. Загрязненность снега и воды.....	51
3.2.2. Загрязненность почвы и грунтов.....	52
Выводы	57
<i>Глава 4. СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ</i>	58
4.1. Ущерб от снеговых нагрузок на о. Сахалин.....	59
4.2. Расчет величины снеговой нагрузки	61
4.2.1. Расчет снеговой нагрузки на поверхность земли	61
4.2.2. Полное расчетное значение снеговой нагрузки	64
4.2.3. Кратковременные снеговые нагрузки	67
4.3. Принципы построения карт районирования территории по расчетной величине снеговой нагрузки.....	68
4.3.1. Карта районирования территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова.....	70
4.3.2. Сравнение разработанной карты с картой СП	72
Выводы	75

Глава 5. СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ	76
5.1. Лавинная опасность о. Сахалин.....	77
5.2. Ущерб от лавин на о. Сахалин.....	82
5.3. Лавинные процессы на о. Сахалин	85
5.3.1. Природные лавинные комплексы.....	85
5.3.2. Антропогенные лавинные комплексы	86
5.4. Береговые лавинные комплексы о. Сахалин	87
5.4.1. Классификация береговых природных и антропогенных лавинных комплексов.....	88
5.4.2. Расчет лавинных характеристик.....	90
5.4.3. Карта-схема береговых лавинных комплексов Южного Сахалина	92
Выводы	97
Глава 6. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СНЕГООПАСНОСТИ	98
6.1. Методика оценки снегоопасности	99
6.2. Комплексная оценка снегоопасности о. Сахалин.....	100
6.2.1. Снегоопасность городских поселений.....	100
6.2.2. Снегоопасность равнинных территорий.....	104
6.3. Меры по защите.....	105
Выводы	105
Заключение	106
Словарь терминов.....	107
Литература.....	108

CONTENTS

Preface	8
A list of abbreviations.....	9
Introduction.....	10
<i>Chapter 1. SNOWFALLS AND SNOWSTORMS</i>	12
1.1. Snowiness of the Sakhalin Island.....	14
1.2. Impact of snowfalls and snowstorms on the infrastructure and residential areas of the Sakhalin Island	16
1.3. Snowstorms.....	20
1.4. Snowfalls.....	23
Summary	27
<i>Chapter 2. SNOW-DRIFT TRANSPORT</i>	28
2.1. Impact of snow-drift transport on the infrastructure and residential areas of the Sakhalin Island	29
2.2. Role of snow-drift transport in avalanche formation	30
2.3. Factors of snow-drift transport on the Sakhalin Island.....	34
2.4. Calculation of snow-drift transport	36
2.4.1. Calculation of snow-drift transport for understudied territories	40
Summary	41
<i>Chapter 3. ANTHROPOGENIC SNOW PATCHES</i>	42
3.1. Snow mass management in the settlements of the Sakhalin Island.....	43
3.1.1. Estimation of volume of snow (by the example of the city of Yuzhno-Sakhalinsk)	45

3.1.2. Characteristics of anthropogenic snow patches in the city of Yuzhno-Sakhalinsk	47
3.2. Impact of anthropogenic snow patches on the infrastructure and residential areas of the Sakhalin Island	50
3.2.1. Snow and water contamination	51
3.2.2. Soil and ground contamination	52
Summary	57
<i>Chapter 4. SNOW LOAD</i>	58
4.1. Damage from snow load on the Sakhalin Island.....	59
4.2. Calculation of snow load.....	61
4.2.1. Calculation of snow load on the ground.....	61
4.2.2. The full design value of snow load.....	64
4.2.3. Short-time snow load	67
4.3. The principles of constructing maps of zoning on the estimated snow load.....	68
4.3.1. Map of the Sakhalin Island zoning on the estimated snow load.....	70
4.3.2. Comparison of the designed map with the map of construction regulations	72
Summary	75
<i>Chapter 5. SNOW AVALANCHES</i>	76
5.1. Avalanche hazard on the Sakhalin Island	77
5.2. Avalanche damage on the Sakhalin Island.....	82
5.3. Avalanche processes on the Sakhalin Island	85
5.3.1. Natural avalanche complexes	85
5.3.2. Anthropogenic avalanche complexes	86
5.4. Coastal avalanche complexes of the Sakhalin Island	87
5.4.1. Classification of the coastal natural and anthropogenic avalanche complexes of the Sakhalin Island	88
5.4.2. Calculation of avalanche characteristics.....	90
5.4.3. Map of coastal avalanche complexes of the Sakhalin Island.....	92
Summary	97
<i>Chapter 6. INTEGRAL SNOW HAZARD ASSESSMENT</i>	98
6.1. Method of snow hazard assessment	99
6.2. Integral snow hazard assessment for the Sakhalin Island	100
6.2.1. Snow hazard of the cities	100
6.2.2. Snow hazard of the plain territories.....	104
6.3. Protection measures	105
Summary	105
Conclusion.....	106
Glossary	107
References.....	108



ПРЕДИСЛОВИЕ

Формирование устойчивого снежного покрова серьезно влияет на процессы жизнеобеспечения большей части территории России, что связано с большим количеством выпадающих твердых осадков и с длительным периодом залегания снежного покрова. Процессы, связанные с выпадением, пространственным перераспределением и трансформацией снега, существенно влияют на безопасность и стоимость эксплуатации линейных и капитальных сооружений, негативно сказываются на социальной сфере, затрудняют передвижение транспорта, а также ежегодно причиняют значительный экономический ущерб и вызывают человеческие жертвы.

Остров Сахалин является одним из самых опасных регионов России в отношении угрозы для населения и хозяйства от снега и лавин. Так, воздействию лавин подвержены территории почти 50% населенных пунктов, где проживает более 30% населения. Над территорией острова в зимний период проходят в среднем около 30 циклонов, которые приносят обильные снегопады и сильные метели со скоростью ветра более 15 м/с. На острове неоднократно происходили чрезвычайные ситуации, связанные со значительным снегонакоплением и, как следствие, обрушением и повреждением кровель зданий и сооружений.

В связи с этим вопросы изучения процессов, связанных с выпадением, перераспределением и трансформацией снега, и объединяемых общим термином «снегоопасность», являются особенно актуальными для о. Сахалин.

Книга состоит из шести глав: «Снегопады и метели», «Снегозаносимость», «Снежные полигоны», «Снеговые нагрузки», «Снежные лавины», а также глава «Комплексная оценка снегоопасности», подводящая итог данной работе. Важность комплексного изучения снегоопасности территории заключается в том, что процессы и явления, связанные со снегом, развиваются на одной территории взаимосвязанно друг с другом.

В книге приводится обзор опасных процессов и явлений, связанных с выпадением снега, оказывающих наибольшее влияние на население и хо-

зайтвенную деятельность о. Сахалин: сильные снегопады и метели, снегоза-носимость, снеговые нагрузки, снежные лавины и, кроме того, снежные по-лигоны. Для каждого процесса приведены значение основных параметров, определяющих воздействие этого процесса на объекты, сооружения и на-селение, карты-схемы распространения и/или интенсивности проявления этих процессов на территории острова, а также комплексная карта-схема снегоопасности о. Сахалин.

Для каждого процесса выделено 4 категории снегоопасности (низкая, средняя, высокая и очень высокая) в зависимости от последствий проявля-ния рассматриваемых процессов и явлений, что позволяет определить наи-более опасные участки как с точки зрения воздействия одного определен-ного процесса или явления, так и совокупного воздействия этих процессов.

Комплексная оценка снегоопасности может служить основой для раз-работки мероприятий по минимизации ущерба от опасных процессов и явлений, связанных со снегом (обоснование мероприятий по защите), а качественные и количественные характеристики снегопадов, метелей, снегопереноса, снеговых нагрузок, снежных полигонов и снежных лавин, приведенные в книге, позволяют использовать ее материалы при решении прикладных задач по обеспечению безопасности от этих процессов.

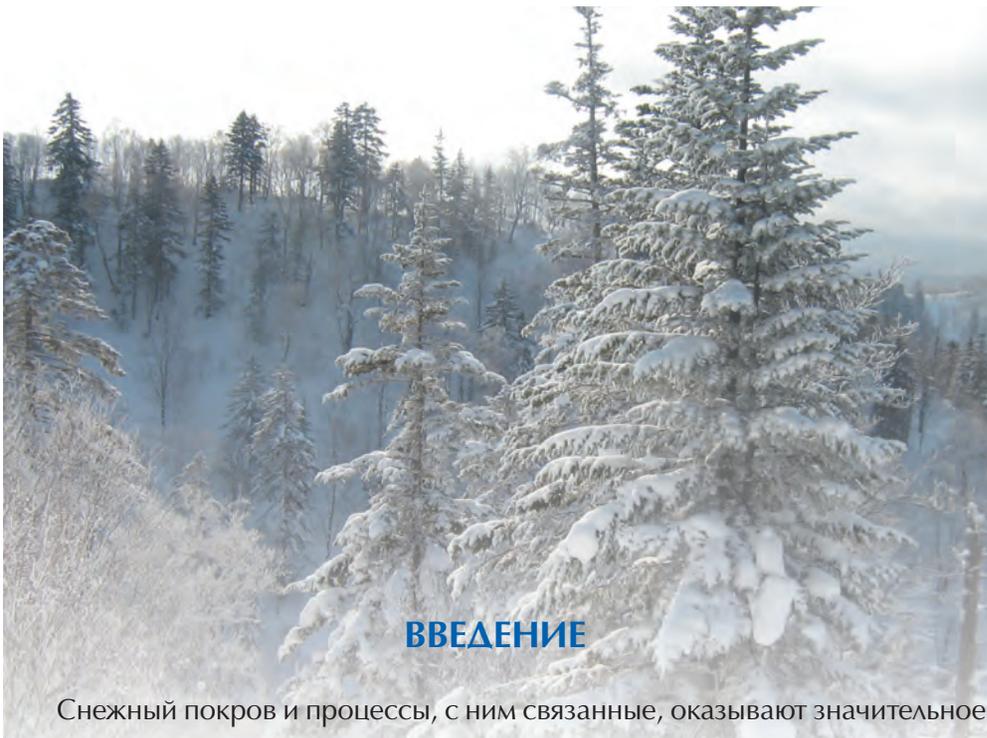
Благодарности

Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. Н.А. Казакову и к.г.-м.н. Ю.В. Генсировскому за многолетнюю помощь в работе и ценные советы, полученные при написании этой монографии. Авторы выражают признатель-ность своим коллегам: к.г.н. Д.А. Бобровой, С.П. Жируеву, И.А. Кононову, А.А. Музыченко, В.В. Павлову, С.В. Рыбальченко за помощь, оказанную при сборе и обработке полевых материалов.

Директор Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН,
к.г.-м.н. Н.А. КАЗАКОВ

ПЕРЕЧЕНЬ используемых сокращений

- ГМС – гидрометеорологическая станция.
- ГМЦ – гидрометцентр.
- ОДК – ориентировочно-допустимые концентрации.
- ОЭГП – опасные экзогенные геологические процессы.
- ПДК – предельно допустимая концентрация.
- ПЛК – природный лавинный комплекс.
- СЛС – снеголавинная станция.
- СФ ДВГИ ДВО РАН, Сахалинский филиал ДВГИ ДВО РАН – Саха-линский филиал ФГБУН Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук.
- ТБО – твердые бытовые отходы.
- УГМС – управление гидрометеорологической службы.



ВВЕДЕНИЕ

Снежный покров и процессы, с ним связанные, оказывают значительное влияние на экономику Сахалинской области. Формирование устойчивого снежного покрова обуславливает необходимость обеспечения безопасности как линейных и капитальных сооружений, так и населения области. Ежегодный ущерб, причиняемый снегом, сложно оценить. Обильные снегопады, метели, лавины, заносы на дорогах и т.п. имеют тем большее влияние на население, чем более урбанизированной является территория, на которой они развиваются. Следствием выпадения снега является необходимость расчистки территорий и потребность в обустройстве мест складирования убранного снега. Комплексная оценка влияния процессов и явлений, связанных со снегом, позволит обосновать экономические затраты на борьбу с ними и сделать территорию более безопасной для населения.

Совокупность неблагоприятных последствий, связанных с выпадением снега, можно объединить понятием «*снегоопасность территории*».

Снегоопасность – это комплекс неблагоприятных или катастрофических процессов и явлений, возникающих в результате выпадения твердых атмосферных осадков, формирования, перекристаллизации и разрушения снежного покрова в естественных или антропогенных условиях [Снегоопасность..., 2005]. Согласно [Снегоопасность..., 2005] в понятие снегоопасности входят: зимняя скользкость дорожных покрытий, снегозаносимость в естественных условиях, снеговые нагрузки на горизонтальную поверхность, обрушение снежных лавин, намораживание талых снеговых вод, весеннее половодье и заторы льда на реках, продолжительные метели, ветро-

вой наст и гололедные корки, мокрые и ливневые снегопады, водоснежные потоки и прорывные паводки.

В зарубежной практике используется аналогичный термин «snow hazard», под которым понимается совокупность всех опасностей, которые представляют снег и лед, как сами по себе, так и в сочетании с другими метеорологическими условиями [Rooney, 1967].

Нами рассмотрены процессы и явления, наносящие наиболее неблагоприятные последствия для экономики о. Сахалин: снегопады и метели, снегозаносимость, снеговые нагрузки, снежные лавины и, кроме того, такие объекты как снежные полигоны.

На о. Сахалин процессы и явления, связанные со снегом, ежегодно причиняют населению и хозяйству экономический ущерб за счет необходимости расчистки улиц городов, автомобильных и железных дорог после метелей и схода лавин, а также повреждения и разрушения зданий и сооружений лавинами или снеговыми нагрузками и т.п. Кроме того, эти процессы приводят к человеческим жертвам: так, за последние 85 лет на острове 641 человек попал в лавины, 302 из них погибли. Неоднократны случаи гибели людей во время метелей.

Необходимость комплексного изучения снегоопасности территории заключается в том, что процессы и явления, связанные со снегом, развиваются на одной территории взаимосвязанно друг с другом.



ГЛАВА 1
СНЕГОПАДЫ
И МЕТЕЛИ



зимний период над о. Сахалин и омывающими его морями отмечается высокая циклоническая активность, которая связана с положением острова в зоне сильных и устойчивых воздушных течений. Циклоны, проходящие над островом, приносят обильные снегопады и метели, которые парализуют транспортные коммуникации, вызывают ограничение в работе муниципальных организаций (например, отмену занятий в школах и детских садах), туристических комплексов, могут привести к обрывам на ЛЭП и пр.

Началом регулярных метеорологических наблюдений на о. Сахалин можно считать организацию работы на метеорологических постах «Ильинский», «Александровский», «Рыковский», «Корсаковский» в конце XIX века, что обуславливает наличие сведений более чем за 100-летний период наблюдения на некоторых гидрометеорологических станциях (ГМС).

Количество ГМС и постов, проводивших в разное время наблюдения за снежным покровом и осадками на о. Сахалин, доходило до 93. В настоящее время наблюдения за метелями и снегопадами проводят станции сети Росгидромета.

В течение нескольких лет начиная с 1967 г. работу по изучению метелевого режима острова вела лаборатория лавин Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта [Дюнин, 1963; Шарапов, 1988]. С середины 1960-х до середины 1990-х гг. метелемерные наблюдения проводились на снеголавинных станциях (СЛС) «Холмск», «Невельск», «Перевал», «Сахалин» (Южный Сахалин) снеголавинной группой Александровск-Сахалинского ГМЦ и Чамгинской снеголавинной экспедицией Сахалинского УГМС (Чамгинский перевал, Восточно-Сахалинские горы, 1983–1988 гг.). К сожалению, данные этих наблюдений не опубликованы. С 2002 г. активную исследовательскую работу по изучению снежного покрова ведет лаборатория лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН.

Общие сведения о синоптических процессах на острове приводятся в специальной литературе [Генесина, 1975; Земцова, 1968; Комплексный справочник, 1973; Климат Южно-Сахалинска, 1982; Научно-прикладной справочник..., 1990; Справочник..., 1968, 1971 и пр.]. Ряд работ посвящен изучению метелевого режима [Лазарева, 1975а; Лобкина и др., 2012; Сучков, 2010; Шарапов, 1984 и др.], а так же анализу сведений об опасных снегопадах [Генсировский, 2007, 2010; Древило и др., 2000; Казаков, Генсировский, 2007; Лазарева, 1975б; Лобкина, 2013б и др.].

Метелевый режим о. Сахалин обуславливает значительную степень снегоопасности, проявление которой на урбанизированных территориях выражается в больших объемах снегоотложений на улицах населенных пунктов, полотно автомобильных дорог и т.п., высоких значениях снеговых нагрузок на кровли зданий и сооружений, а также в высокой активности проявления лавинных процессов.

1.1. СНЕЖНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ о. САХАЛИН

Снегоопасность территории определяется ее снежностью.

Снежность – это характеристика природных условий территории, связанных с наличием снежного покрова [Гляциологический словарь, 1984]. Она включает в себя условия выпадения и отложения твердых осадков, возникновения, существования и схода снежного покрова, количество выпадающего из атмосферы льда, максимальные снеготопасы. Снежность испытывает межгодовые, внутривековые и межвековые изменения.

Важным параметром для оценки снежности территории является количество ежегодно выпадающих твердых атмосферных осадков.

На о. Сахалин в холодный период года (с ноября по март) выпадает от 20 до 40% годового количества осадков. Суммы осадков в отдельные зимние сезоны могут в 3–4 раза отклоняться от среднемноголетних значений как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения их количества.

В среднем по данным ГМС снегообразующие суммы осадков (твердых и смешанных) колеблются в пределах 170–200 мм на севере острова и 160–270 мм в его центральной части. В долинах и на берегах юга о. Сахалин выпадает 220–380 мм снегообразующих осадков [Научно-прикладной справочник по климату, 1990]. В отдельные годы (даже на равнинной части острова) количество выпадающих твердых осадков может достигать 800 мм и более [Генсиоровский, 2007].

Количество осадков, выпадающих на равнинных территориях острова, колеблется в достаточно широком диапазоне. В горах среднее количество выпавших за зимний период осадков достигает 1 500–2 000 мм, а в отдельные годы оно может превышать 3 000 мм [Казаков, Генсиоровский, 2007].

Для определения циклов снежности о. Сахалин был проведен анализ данных ГМС о количестве осадков с 1907 по 2016 гг. [Лобкина, 2013б]. Для этого были выбраны ГМС, имеющие более чем 100-летние ряды наблюдений за осадками (табл. 1.1-1) и находящиеся в северной, центральной и южной частях острова.

Выбранные ГМС расположены как на восточном («Поронайск»), так и на западном («Александровск-Сахалинский», «Холмск») побережье острова. Наиболее длинный ряд наблюдений за осадками имеет ГМС «Александровск-Сахалинский» (135 лет наблюдений).

На рис. 1.1-1 показаны зимние сезоны, в которые сумма выпавших твердых осадков превышала среднемноголетние значения по данным ГМС «Александровск-Сахалинский», «Поронайск», «Холмск» за период 1907–2016 гг.

Таблица 1.1-1. Перечень ГМС с длительными рядами наблюдений за осадками на о. Сахалин

Наименование гидрометеорологической станции	Период наблюдений, годы
«Александровск-Сахалинский»	1881–2016
«Поронайск»	1907–2016
«Холмск»	1907–2016

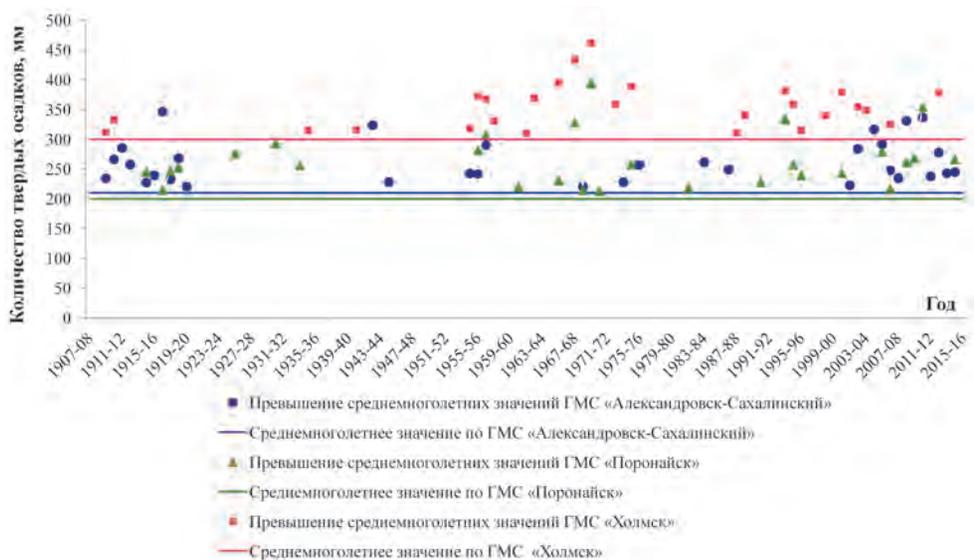


Рис. 1.1-1. Зимние сезоны, в которые сумма выпавших твердых осадков превышала среднегодовое значения по данным ГМС «Александровск-Сахалинский», «Поронайск», «Холмск» за период 1907–2016 гг.

Для выделения циклов снежности на о. Сахалин были проанализированы данные об осадках за холодный период года (с ноября по март). Для того, чтобы выделить циклы снежности, на графиках, представляющих данные о количестве осадков (рис. 1.1-2), необходимо было определить периоды, в которые происходит постепенное ежегодное увеличение количества выпадающих осадков.

На рис. 1.1-2 выделена интегральная кривая со средним ежегодным количеством осадков по данным рассматриваемых ГМС. Совместив данную кривую с прямой среднего количества осадков за весь период наблюдений

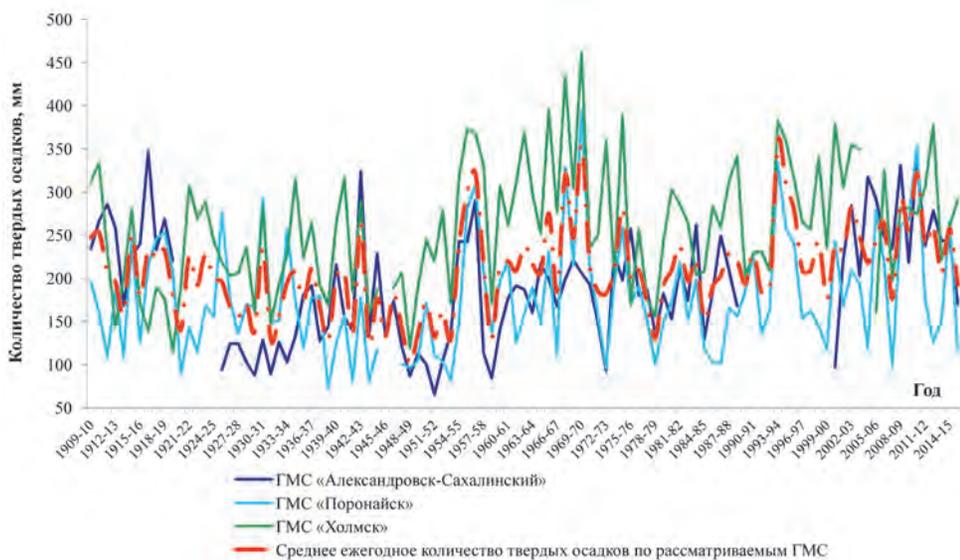


Рис. 1.1-2. Многолетние данные о количестве твердых осадков по данным ГМС «Александровск-Сахалинский», «Поронайск», «Холмск» за период 1909–2016 гг.

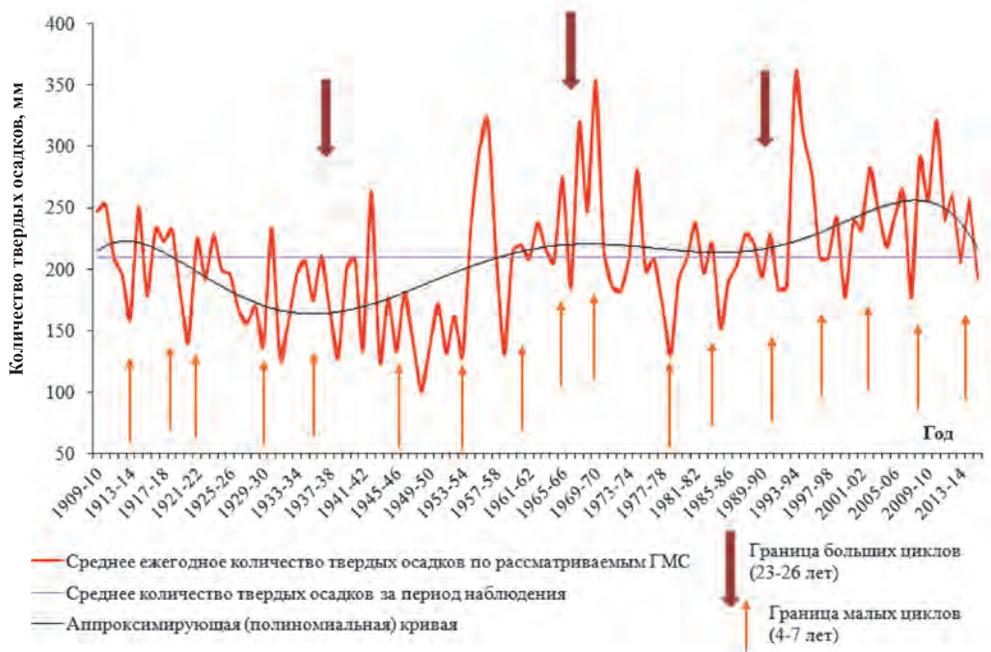


Рис. 1.1-3. Циклы снежности на о. Сахалин в вековом разрезе

(рис. 1.1-3), получаем отклонение графика среднего ежегодного количества осадков от среднего уровня, что позволяет выявить пиковые значения количества осадков.

Проведем на графике, представленном на рис. 1.1-3, линию тренда, которая позволит выделить циклы снежности на территории о. Сахалин. В вековом цикле снежности выделяются 4 больших цикла с временным интервалом 23–26 лет, которые, в свою очередь, подразделяются на 18 малых циклов с временными интервалами 4–7 лет [Лобкина, 2013б]. В большой цикл входит 4–5 малых. Циклы роста и убывания снежности территории чередуются.

1.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ СНЕГОПАДОВ И МЕТЕЛЕЙ НА ИНФРАСТРУКТУРУ И СЕЛИТЕБНЫЕ ТЕРРИТОРИИ о. САХАЛИН

Ежегодно на территории о. Сахалин фиксируются снегопады, которые обуславливают остановку движения на транспортных магистралях [Генсиоровский, 2010; Жируев и др., 2010], обрывы на ЛЭП, повреждения кровель [Лобкина, 2012] и т.д. Однако выделяются зимние сезоны, в которые воздействие снегопадов на экономику региона бывает наибольшим. Наступление таких зимних сезонов связано с циклами роста снежности территории.

На основе проведенного анализа зимних сезонов были выделены годы с наибольшей снежностью для о. Сахалин. Данные о количествах осадков и последствиях прохождения сильных снегопадов в обобщенной форме представлены в табл. 1.2-1. В ней приведены только зарегистрированные достоверные случаи, относящиеся к периоду 1946–2016 гг. [Генсиоровский, 2010; Лобкина, 2012, 2013; Комплексный справочник, 1973 и др].

Таблица 1.2-1. Зимние сезоны с наибольшим воздействием снегопадов на экономику о. Сахалин, 1946–2016 гг.

Зимний сезон	Дата выпадения осадков	Метеорологические характеристики	Охват территории острова (климатическая обл.)	Последствия
1946–1947	03–05.03.1947	Общая метель	Юг	Разрушено более 20 зданий, погибло 35 чел., остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог
1949–1950	30–31.12.1949	Общая метель	Юг	Перерывы в движении автотранспорта, повреждение кровель, завал дорог
1955–1956	01.1956	Кол-во осадков за 3 сильные метели по р-нам от 65–135 мм	Север, центр	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог, повреждения кровель
1957–1958	11.1957	Общая метель	Юг	Перерывы в движении автотранспорта, повреждение ЛЭП
1965–1966	02.1966	Среднее кол-во осадков за явление 65 мм	Север, центр	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог, разрушение крыш зданий
1968–1969	05–07.02.1969	Скорость ветра 40–50 м/с, кол-во осадков за явление 50–100 мм	Центр, юг	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог
1969–1970	12.1969 22–23.01.1970 31.01–03.02.1970 16–19.03.1970	Скорость ветра 40–50 м/с, кол-во осадков за явление 50–140 мм, кол-во осадков за январь–март 728 мм	Юг	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог (высота заносов 3–10 м), повреждения кровель и фасадов
1972–1973	22.11.1972	Общая метель	Юг	Перерывы в движении транспорта, повреждение ЛЭП
1974–1975	01.1975 03.1975	Кол-во осадков за явление 30–45 мм, за явление в марте 140 мм	Север, центр	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог
1975–1976	03–04.02.1976	Кол-во осадков за явление 40 мм	Юг	Перерывы в движении транспорта, завал дорог
1979–1980	02.1980	Общая метель	Центр, юг	Перерывы в движении транспорта, повреждение ЛЭП
1980–1981	11.1980 29–31.01.1981 13–18.02.1981	Кол-во осадков 55,3 за явление в ноябре	Север, центр, юг	Перерывы в движении транспорта, повреждение ЛЭП
1983–1984	18–19.11.1983 15–20.01.1984	Кол-во осадков за явление 25 мм	Центр, юг	Перерывы в движении транспорта, повреждение ЛЭП
1984–1985	02.1985	Общая метель, 2 снегопада идущие подряд, кол-во осадков за сумму явлений 120 мм	Юг	Обрушение крыш зданий, завал дорог, остановка движения транспорта, повреждение ЛЭП

Зимний сезон	Дата выпадения осадков	Метеорологические характеристики	Охват территории острова (климатическая обл.)	Последствия
1986–1987	24–26.02.1987	Кол-во осадков по р-нам 45–105 мм	Центр, юг	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог
1990–1991	03–05.01.1991	Кол-во осадков 51–112 мм	Юг	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог
1993–1994	22–25.02.1994	Кол-во осадков 35–114 мм	Юг	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог
2003–2004	13–17.01.2004 22–24.01.2004	Кол-во осадков за сумму снегопадов 76 мм	Юг	Остановка движения транспорта, повреждения кровель и фасадов зданий и сооружений
2005–2006	01–03.01.2006	Общая метель	Юг	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог
2008–2009	10–14, 20–22.03.2009	Сумма осадков за 2 снегопада 51 мм	Центр, юг	Обрушение крыш 3 зданий, завал дорог, остановка движения транспорта
2011–2012	23–30.12.2011 04–07, 22–23.01.2012 06–07.03.2012 04.04.2012	Кол-во осадков за серию декабрьских снегопадов – 109 мм; кол-во осадков за 2 январских снегопада 34 мм; кол-во осадков за явление в апреле составило 35 мм, при скорости ветра до 30 м/с	Юг	Обрушение крыш 2 зданий, приостановка движения транспорта, повреждение фасадов
2012–2013	02.03.2013; 07–09.04.2013	Кол-во осадков 71 мм; кол-во осадков 95–131 мм	Юг, центр	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог, повреждение фасадов
2013–2014	14–16.12.2013	Кол-во осадков за явление 101 мм	Юг	Остановка движения авто и ж/д транспорта, завал дорог

Анализ и сопоставление данных об изменениях снежности территории о. Сахалин с данными о массовом лавинообразовании, обрушении зданий и сооружений под весом снегового покрова, гололедных явлений и других последствий выпадения большого количества твердых осадков позволяют выделить циклы с наибольшими негативными последствиями для инфраструктуры населенных пунктов острова.

Всего за 70-летний период на о. Сахалин официально зарегистрированы 23 зимних сезона с наибольшей снежностью. Эти зимние сезоны попадают в три цикла снежности.

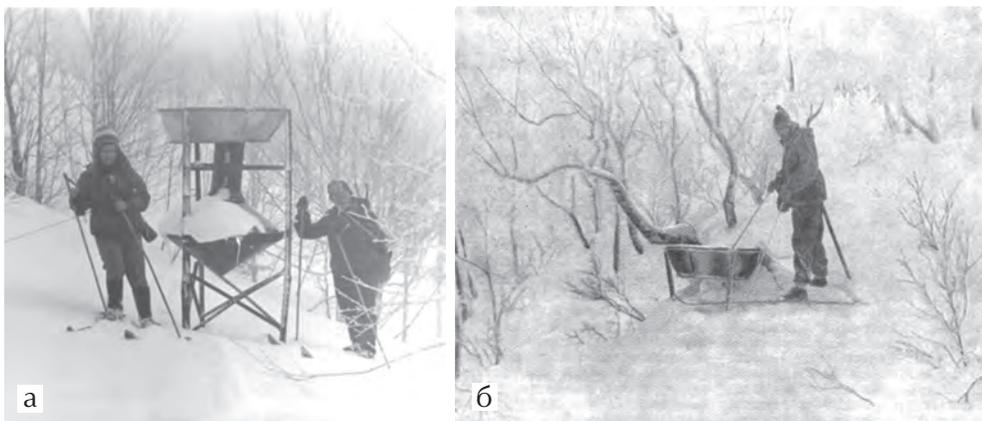


Рис. 1.2-1. Прирост высоты снежного покрова за снегопады, прошедшие в январе 1970 г., на абсолютной высоте 590 м на Сусунайском хребте: а – до снегопадов в декабре 1969 г.; б – после снегопадов в феврале 1970 г. (фото из архива Ю.В. Генсиоровского)

Данных о снегопадах зимних сезонов, относящихся к циклу убывания снежности в 1909–1935 гг., не сохранилось.

В цикл роста снежности 1936–1963 гг. было зафиксировано 4 зимних сезона с наибольшим воздействием на экономику острова. Все эти сезоны наблюдались с 1946 по 1963 г. Сведений за период с 1936 по 1945 гг. не сохранилось.

Самое большое воздействие на инфраструктуру населенных пунктов (10 случаев) наблюдалось в цикле 1964–1986 гг. Несмотря на то, что он не относился к циклам роста, линия тренда количества осадков в нем проходит выше среднемноголетних значений. Большое количество этих случаев можно также объяснить крупными единичными снегопадами (рис. 1.2-1),



Рис. 1.2-2. Количество снега на одной из центральных улиц г. Южно-Сахалинска после снегопада 31.01–03.02.1970 г. (фото из архива Ю.В. Генсиоровского)



Рис. 1.2-3. Снежные заносы на железной дороге после прохождения циклонов в зимнем сезоне 2008–2009 гг. на западном побережье о. Сахалин. Фото с сайта <http://sakhvesti.ru/>

когда происходил резкий кратковременный прирост величин снегозапаса, который компенсировался отсутствием или малым количеством осадков до и/или после явления.

За зимний сезон 1969–1970 гг., отнесенный нами к сезонам наибольшей снежности, над территорией о. Сахалин прошло 9 глубоких циклонов. Количество осадков за одно явление колебалось от 50 до 140 мм (рис. 1.2-2).

На продолжающийся в настоящее время цикл 1987–2016 гг. приходится 9 случаев негативного воздействия на инфраструктуру населенных пунктов.

Высота снежных заносов на железных дорогах о. Сахалин может составлять 5–10 м, как, например, в зимнем сезоне 2008–2009 гг. (рис. 1.2-3).

Наибольшее количество случаев негативного воздействия снегопадов на инженерно-хозяйственные объекты зафиксировано в южной климатической области острова, что можно объяснить не только тем, что данная территория является более обжитой (и, следовательно, воздействие неблагоприятных факторов на население и хозяйство заметнее), но и траекториями прохождения циклонов.

Помимо очевидных проблем, вызванных обильными снегопадами на урбанизированной территории, выделяются и дополнительные проблемы, связанные с вывозом масс снега с городской территории и их складированием на снежных полигонах, которые продолжают оказывать воздействие на экономику и после завершения зимнего сезона.

1.3. МЕТЕЛИ

Средняя продолжительность периода возможного формирования метелей на о. Сахалин составляет 7–8 месяцев. В зависимости от количества циклонов число дней с метелями за зиму сильно колеблется от года к году. На западном и восточном побережьях метели наблюдаются чаще, нежели в центральных районах, а продолжительность одного явления может достигать 6–7 суток.

Сильные метели со скоростью ветра более 15 м/с и обильные снегопады отмечаются во всех районах острова. Общее число дней с метелью в различных районах острова сильно варьирует (табл. 1.3-1): от 69 дней на юго-восточном побережье острова (г. Холмск) до 13 в Тымь-Поронайской низменности (с. Адо-Тымово) [Научно-прикладной справочник по климату, 1990].

На о. Сахалин отмечаются сильные и особо опасные метели (рис. 1.3-1).

Согласно принятой в настоящее время в практике Росгидромета терминологии, сильная метель – это перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч [РД 52.88.699–2008]. На территории Сахалинской области действуют критерии опасных гидрометеорологических явлений, разработанные с учетом местных природно-климатических особенностей на основании типового Перечня опасных природных гидрометеорологических явлений, согласованные с Росгидрометом и Правительством Сахалинской области. Согласно этим критериям для территории о. Сахалин сильная метель – общая или низовая в течение 12 часов и более при максимальной скорости ветра 20 м/с и более и видимости менее 500 м [<http://sakhmeteo.ru/ourforecasts/oya.php>]. На наш взгляд метели со скоростью ветра даже 15 м/с представляют значительную опасность для населения и хозяйства, поэтому при оценке снегоопасности территории о. Сахалин нами были использованы данные о метелях со скоростью ветра более 15 м/с.

Таблица 1.3-1. Среднее число дней с метелью в городах о. Сахалин

ГМС	Месяц								Год
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
Оха	2	13	14	10	8	7	6	0,7	61
Погиби	0,5	5	8	9	7	8	5	0,6	43
Ноглики	0,6	5	8	7	7	8	4	0,8	40
Александровск-Сахалинский	0,7	8	13	9	8	6	2	0,5	47
Пограничное	0,03	2	5	4	4	5	2	0,5	23
Тымовское	0,3	3	3	4	4	5	2	0,1	21
Поронайск	0,2	2	4	4	4	4	1	0,06	19
Углегорск	0,9	9	16	14	12	8	3	0,3	63
Долинск	0,03	3	8	9	9	9	3	0,3	41
Холмск	0,3	7	18	19	14	10	1	0,06	69
Невельск	0,2	6	16	19	12	9	2	0,2	64
Южно-Сахалинск	0,03	2	6	8	8	6	2	0,2	32
Корсаков	–	3	8	8	7	6	1	0,4	33



ГМС	Максимальная продолжительность метелей за зиму, час	
	особо опасные	сильные
Александровск-Сахалинский	66	246
Вал	72	227
Взморье	33	197
Виахту	36	215
Владимирово	33	151
Долинск	96	167
Ильинский	48	208
Кириллово	21	57
Комрво	-	39
Корсаков	48	95
Крильон, мыс	207	381
Москальво	48	404
Невельск	24	472
Новиково	83	121
Ново-Александровск	24	126
Ноглики	52	165
Ныврово	102	216
Ныш	-	18
Одопту	24	78
Онор	-	54
Оха	216	865
Пильво	88	372
Победино	26	84
Погиби	122	433
Пограничное	21	117
Поронайск	27	72
Рыбновск	117	449
Стародубское	39	199
Терпения, мыс	269	393
Тымовское	-	36
Углегорск	222	440
Холмск	312	636
Южно-Сахалинск	-	76

Максимальная продолжительность сильных метелей, час



Рис. 1.3-1. Максимальная продолжительность за зиму сильных и особо опасных метелей в часах: по данным [Справочник по климату СССР, 1985]

Термин «особо опасные метели» (метели продолжительностью 12 часов и более, наблюдающиеся при скорости ветра 25 м/с, видимость ухудшается до 50 м и менее в течение более 3 часов [Справочник по климату СССР, 1985]) в настоящее время в практике гидрометеорологических наблюдений не используется. Тем не менее, на рис. 1.3-1 мы приводим данные как о сильных, так и об особо опасных метелях, поскольку более дробное деление, на наш взгляд, позволяет лучше оценить возможность негативных последствий опасных процессов для населения и хозяйства.

Наибольшая продолжительность сильных метелей отмечена в г. Оха и г. Холмск, где она превосходит 600 часов за зиму.

На севере и на мысовых ГМС о. Сахалин особо опасные метели имеют повторяемость 1–2 раза в год, в остальных районах острова повторяемость менее 0,5 раз в год. Наибольшая повторяемость составляет 6–12 раз в год и отмечалась в зимы 1955–1956, 1965–1966, 1969–1970, 1984–1985, 1986–1987, 1993–1994 гг. С 70-х годов отмечается уменьшение случаев с особо опасными метелями. Начиная с 2000-х годов повторяемость таких метелей на севере и на западном побережье составляет 0,3–0,5 раз в год, в южных районах особо опасные метели регистрировались не на всех станциях, максимальная повторяемость составляет 0,1 раз в год (ГМС «Южно-Сахалинск»).

1.4. СНЕГОПАДЫ

Интенсивные снегопады, вызывающие большой прирост высоты снежного покрова, причиняют в основном косвенный экономический ущерб за счет простоя транспорта и необходимости расчистки городской территории. Так, по данным департамента городского хозяйства г. Южно-Сахалинск расчистка городской территории после метелей требует около 300 единиц техники.

По данным наблюдений, проводившихся сотрудниками Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, толщина снега на улицах г. Южно-Сахалинск после метелей составляет в среднем 30–40 см, однако практически ежегодно наблюдаются метели, толщина снега после которых достигает 50–100 см и более, а в переметах на некоторых улицах – 1,0–3,0 м (табл. 1.4-1, рис. 1.4-1).

Распределение снега по городской территории происходит крайне неравномерно, что обусловлено расположением городской застройки: у подветренных сторон зданий образуются переветы, в промежутках между ними – зоны выдувания.

Таблица 1.4-1. Высота снега на улицах г. Южно-Сахалинск после метелей с количеством осадков более 50 мм за явление (2011–2015 гг.)

Дата	Кол-во осадков, мм	Средняя толщина снега на улицах города, см	Толщина снега в переметах, см
23–30.12.2011	109	140	–
05–07.12.2012	72	75	–
02.03.2013	71	45–75	300
14–16.12.2013	101	70–90	140
06–08.01.2015	80	100	–



Рис. 1.4-1. Улицы г. Южно-Сахалинск после метели
02 марта 2013 г.

Для о. Сахалин характерны периоды, когда метели, сопровождаемые обильными снегопадами, следуют друг за другом с интервалом в несколько дней. При этом может выпасть месячная или несколько месячных норм твердых осадков (рис. 1.4-2).

Для многих районов о. Сахалин характерны очень сильные снегопады – это значительные твердые осадки (снег, ливневый снег) с количеством выпавших осадков не менее 20 мм за период времени не более 12 ч [РД 52.88.699-2008]. Так, в городах Поронайск, Углегорск, Макаров, Долинск, Южно-Сахалинск и др. интенсивность снегопада может достигать 30 мм и более за 12 часов (рис. 1.4-3 – 1.4-5). В г. Александровск-Сахалинский, пгт Тымовское, пгт Смирных и г. Невельск максимальное количество

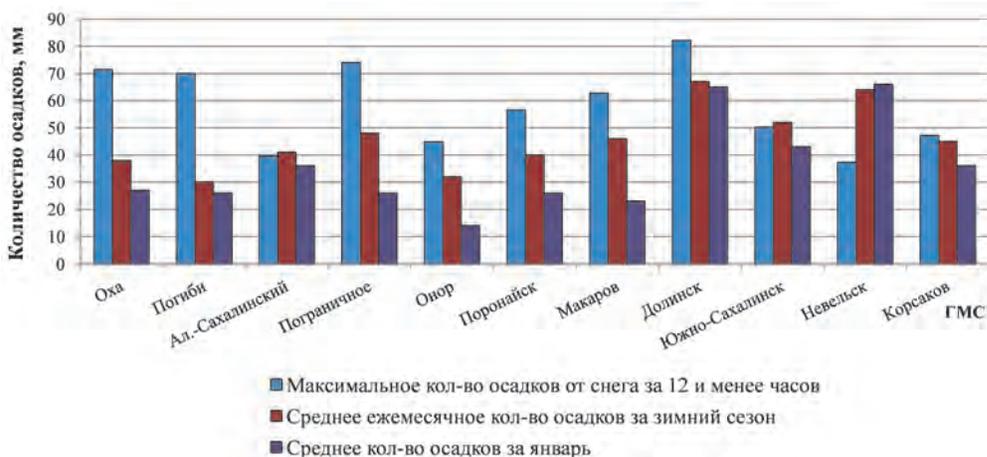


Рис. 1.4-2. Количество осадков по некоторым ГМС о. Сахалин

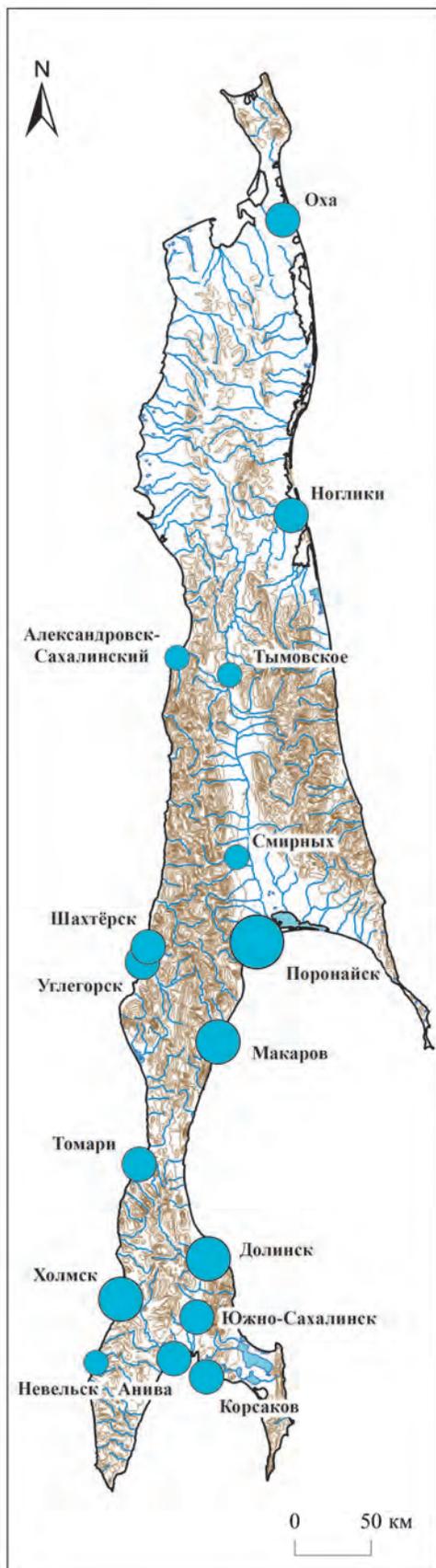


Рис. 1.4-3. Перемет у магазина в г. Макаров после метели 07–09 апреля 2013 г. Фото с сайта <http://sakhvesti.ru/>

осадков за 12 часов составляет 18–19 мм; на наш взгляд разница в 1–2 мм пренебрежительно мала (и, кроме того, входит в рамки погрешности измерений количества выпавших осадков в виде снега при помощи осадкомера Третьякова), потому эти снегопады приравнены нами к сильным.



Рис. 1.4-4. Улицы г. Холмска после метели 07–08 января 2015 г. Фото с сайта <https://skr.su/>



Центр муниципального образования	Максимальное количество твердых осадков за 12 ч или менее, мм
г.Оха	27 (декабрь 2014)
пгт. Ноглики	27 (январь 2015)
г. Александровск-Сахалинский	18 (февраль 2014)
пгт. Тымовское	19 (февраль 2008)
пгт. Смирных	19 (январь 2012)
г. Поронайск	49 (январь 2010)
г. Шахтерск	30 (декабрь 2012)
г. Углегорск	30 (декабрь 2012)
г. Макаров	38 (декабрь 2010)
г. Томари	25 (декабрь 2012)
г. Долинск	39 (март 2009)
г. Холмск	31 (декабрь 2012)
г. Южно-Сахалинск	30 (декабрь 2012)
г. Корсаков	30 (декабрь 2014)
г. Анива	30 (декабрь 2014)
г. Невельск	19 (январь 2015)

Максимальное количество твердых осадков за 12 ч и менее, мм

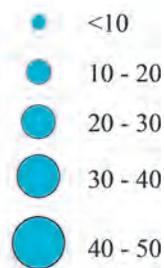


Рис. 1.4-5. Максимальное количество твердых осадков за 12 ч и менее за период 2005–2016 гг.

ВЫВОДЫ

- Решающую роль в формировании снежного покрова на о. Сахалин играет циклоническая деятельность; за зиму над островом проходит в среднем более 30 циклонов, которые вызывают метели и снегопады.
- Снежность о. Сахалин подвержена циклическим изменениям: повторяемость больших циклов снежности составляет 23–26 лет, малых циклов – 5–7 лет.
- За период 1946–2016 гг. было зарегистрировано 23 зимних сезона с максимальным воздействием на население и хозяйство острова.
- Вероятность повторения зимних сезонов с наибольшим негативным влиянием на инженерно-хозяйственные объекты острова составляет 0,3 случ./г.
- Максимальная продолжительность особо опасных метелей отмечается в городах Холмск, Углегорск, Оха и составляет более 200 ч за зиму.
- Наиболее интенсивные снегопады (с количеством твердых осадков более 40 мм за 12 ч и менее) за последние 10 лет отмечались в городах Поронайск, Макаров, Холмск, Долинск.



ГЛАВА 2

СНЕГОЗАНОСИМОСТЬ



ространственное перераспределение снежного покрова оказывает значительное влияние на хозяйственную деятельность человека, в том числе, на безопасность и стоимость эксплуатации линейных и капитальных сооружений. Кроме того снегоперенос является одним из основных факторов формирования снежных карнизов на склонах, что приводит к усилению лавинной

опасности даже в малоснежные зимы.

На о. Сахалин снежные заносы причиняют в основном косвенный экономический ущерб за счет простоя транспорта и необходимости расчистки полотна автомобильной и железной дорог, а также территорий городской застройки. Однако при сильных метелях интенсивный снеговетровой поток представляет значительную опасность для транспорта, создавая угрозу его опрокидывания.

Несмотря на наличие ряда работ, посвященных изучению метелевого режима и снегопереноса на о. Сахалин в разные годы (Д.М. Мельник с 1966 г. по 1969 г.; А.К. Дюнин с середины 1960-х по начало 1980-х; С.Н. Шарапов с 1981 г. по 1983 г.; Д.Ф. Лазарева 1970-е гг. XX в.; В.П. Сучков с 1991 г. по 1997 г. [Дюнин, 1963; Мельник и др., 1971; Лазарева, 1975а; Шарапов, 1984; Сучков, 2010]), данных для решения практических задач по расчету снегопереноса для большинства районов острова недостаточно.

2.1. ВОЗДЕЙСТВИЕ СНЕГОПЕРЕНОСА НА ИНФРАСТРУКТУРУ И СЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕРРИТОРИИ о. САХАЛИН

На о. Сахалин снежные заносы ежегодно оказывают влияние на функционирование автомобильных и железных дорог, а также затрудняют движение транспорта и пешеходов в населенных пунктах. Кроме того возникает необходимость расчистки транспортных магистралей и территорий жилой застройки.

На некоторых участках автомобильных дорог занос дорожного полотна происходит даже при отсутствии снегопадов за счет ветрового переноса снега с прилегающей территории. Например, такая ситуация наблюдалась на восточном побережье острова на автодороге г. Южно-Сахалинск – г. Оха в с. Новое Макаровского района (рис. 2.1-1). Подобная проблема характерна для автодорог практически по всей территории острова.

На территории населенных пунктов ветровое перераспределение снега обусловлено расположением городской застройки, что приводит к образованию перепадов у подветренных сторон зданий и зон выдувания в промежутках между зданиями. По данным наблюдений, проводимых сотрудниками Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, толщина снега в перепадах на некоторых улицах г. Южно-Сахалинск после метелей достигает 1,0–3,0 м (рис. 2.1-2) при том, что средняя толщина снега на улицах составляет 30–50 см [Генсиоровский, 2010].



Рис. 2.1-1. Снежный занос на полотне автодороги г. Южно-Сахалинск – г. Оха в с. Новое (Макаровский район), март 2013 г.



Рис. 2.1-2. Перемёты на улицах г. Южно-Сахалинска после метели, март 2013 г. (фото Ю.В. Генсиоровского)

2.2. РОЛЬ СНЕГОПЕРЕНОСА В ФОРМИРОВАНИИ ЛАВИН

Метелевый перенос снега является одним из важнейших факторов лавинообразования на о. Сахалин. Особенно велико влияние этого фактора в береговых природных лавинных комплексах (ПЛК), приуроченных к уступам морских террас, которые во многих случаях имеют в верхней части лавиносбора зону сноса снега ветром, обеспечивающую большую площадь снегосборного бассейна (рис. 2.2-1).



Рис. 2.2-1. Зона сноса снега ветром, представленная выровненной под сельскохозяйственные нужды поверхностью морской террасы, расположена над автодорогой г. Невельск – г. Холмск в районе с. Калинино – западное побережье Южного Сахалина (фото Генсиоровского Ю.В.)

Снегоперенос в ПЛК обеспечивает дополнительный принос снега, во-первых, в лавиносбор, что приводит к увеличению объемов и повторяемости лавин, во-вторых – к бровке лавиносбора, что обеспечивает формирование снежных карнизов (рис. 2.2-2).

Основная опасность снежных карнизов заключается в том, что во многих случаях их обрушение становится причиной схода лавины, которая,



Рис. 2.2-2. Снежный карниз над противолавинной галереей, автодорога г. Невельск – с. Шебунино, январь 2013 г.

в свою очередь, приводит к завалам автомобильных и железных дорог, разрушению и повреждению зданий и сооружений и т.п.

На о. Сахалин было зафиксировано несколько случаев попадания людей в лавины, вызванные обрушением снежного карниза. Например, 31.01.2005 г. в с. Байково (Холмский район, западное побережье Южного Сахалина) лавиной, сошедшей со склона морской террасы при обрушении карниза, был сбит тепловоз (рис. 2.2-3) [Жируев и др., 2010]. В лавину попали 2 человека.

Одним из наиболее опасных районов в Сахалинской области с точки зрения угрозы обрушения снежных карнизов является западное побережье Южного Сахалина (между с. Ильинский и с. Шебунино), где протяженность снежных карнизов на некоторых участках достигает 80% протяженности берега. Практически повсеместно под уступами морских террас расположены автомобильные дороги и территории жилой застройки населенных пунктов.

Снежные карнизы на берегах Сахалина могут достигать протяженности 200 м, толщины – до 5 м, однако обычно их толщина составляет около 3 м (рис. 2.2-3). Согласно [География лавин, 1992] толщина снежных карнизов, формирующихся на морских террасах о. Сахалин, достигают толщины 7–9 м, однако на побережьях Южного Сахалина нами наблюдались карнизы толщиной только до 5 м. Плотность снежного карниза чаще всего варьируется в пределах 350–450 кг/м³ в зависимости от типа снега (табл. 2.2-1). Длина карниза обычно составляет 40–50 м, однако в некоторых случаях нами наблюдались карнизы длиной 120 м.

Высокая плотность снежных карнизов обуславливает высокое значение ударного давления, вызываемого крупными глыбами снега, вовлеченными



Рис. 2.2-3. Тепловоз, сбитый лавиной (31.01.2005 г., с. Байково Холмского района, западное побережье Южного Сахалина (фото из архива СФ ДВГИ ДВО РАН)

Таблица 2.2-1. Параметры снежных карнизов, сложенных разными типами снега, на западном побережье Южного Сахалина (по [Казакова, 2013])

Тип снега	Плотность, кг/м ³	Толщина, м	Ширина выступающей части, м
Свежий метелевый	150–340	1,0–4,0	1,5–3,0
Метелевый	170–450	1,0–4,0	1,5–4,0
Метелевый с режеляционными слоями	370–570	3,5–5,5	3,0–3,5
Свежий метелевый со слоями гранного снега и льда	360–460	3,0–3,1	2,0–3,5

в лавину. Например, ударное давление, рассчитанное нами на основе фактических данных о скорости движения обломка снежного карниза, составляет от 0,017 до 0,041 МПа (работы по измерению фактических характеристик движения обломков снежных карнизов проводились нами в 2012 г. на морской террасе на западном побережье Южного Сахалина; относительная высота склона – 100 м, средний уклон зоны транзита лавин – 38°). При таком ударном давлении происходит разрушение деревянных и шлакоблочных сооружений, разрушение наземных и надземных линейных сооружений, повреждение железобетонных сооружений.

Благодаря метелевому переносу снега происходит формирование лавин во время низовых метелей даже при длительном отсутствии снегопадов. Более того, возможен сход лавин с бортов лотковых лавиносборов даже при отсутствии или незначительной толщине снежного покрова на большей части лавиносбора (рис. 2.2-4).



Рис. 2.2-4. Лавина метелевого снега, сошедшая 30.01.2013 г. Западное побережье о. Сахалин, автодорога г. Невельск – с. Шебунино (фото Н.А. Казакова)

Метелевый перенос снега способствует увеличению объемов лавин, повторяемости лавин, ударного давления лавины на препятствие (за счет вовлеченных в лавину обломков снежных карнизов), тем самым увеличивая степень лавинной опасности территории.

Для предотвращения ущерба, вызываемого обрушением снежных карнизов, необходимо принимать меры по защите: либо профилактическое обрушение карнизов с последующей расчисткой дорожного полотна, либо строительство сооружений инженерной защиты. Это могут быть как снегозадерживающие сооружения на поверхности морской террасы, так и защитные галереи, которые помимо защиты от обрушения карнизов обеспечивают и защиту от лотковых лавин и осовов, а так же защиту от склоновых селевых потоков и оползней-оплывин. Однако, учитывая суммарную протяженность участков, где формируются снежные карнизы, вдоль транспортных магистралей и на территориях населенных пунктов острова, строительство сооружений инженерной защиты на всей протяженности опасной зоны невозможно. Что касается профилактического обрушения карнизов, это также требует значительных экономических затрат в связи с высокой необходимой частотой обрушения – до 4 раз в месяц с середины декабря до конца марта на некоторых участках побережья юго-западного Сахалина. Таким образом, наиболее экономически целесообразной мерой борьбы с образованием снежных карнизов является посадка леса на поверхности морских террас, что создаст препятствие для приноса снега к бровке склона.

2.3. ФАКТОРЫ СНЕГОПЕРЕНОСА НА о. САХАЛИН

Основными факторами, влияющими на процессы снегопереноса, являются количество выпадающих осадков, скорость и направление преобладающих ветров (табл. 2.3-1).

Для о. Сахалин характерны ранние сроки появления снежного покрова и продолжительный период его залегания. Высота снежного покрова значительно изменяется в зависимости от географического положения местности и ее защищенности, а так же зависит от характера зимы.

Остров Сахалин разделен на три области, различающиеся характером снегопереноса [Лазарева, 1975а]; области выделены по существующему климатическому районированию. Во всех климатических областях создаются благоприятные условия для снегопереноса, что прежде всего связано с большим количеством выпадающих осадков и мощностью отложенного снега, который несколько выравнивает рельеф подстилающей поверхности, в результате чего увеличивается снегосборная площадь. Однако в некоторых районах выделенных областей объемы снегопереноса значительно уменьшаются, что связано с защитным влиянием горных хребтов, протянутых вдоль всего острова. Помимо того, что горные хребты защищают долины от проникновения сильных ветров, они также уменьшают снегосборную площадь.

По данным Д.Ф. Лазаревой [Лазарева, 1975а] расчетный суммарный снегоперенос за зиму во многих районах о. Сахалин превышает 1 тыс. м³/пог.м (ГМС «Александровск-Сахалинский» – 2196, «Пильво» – 2131, «Макаров» – 1004, «Ильинский» – 1313, «Стародубское» – 1323, «Холмск» – 3652) и достигает, например, в г. Оха 7578 тыс. м³/пог.м.

Таблица 2.3-1. Факторы снегопереноса на о. Сахалин по: [Фондовый отчет, 1975; Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1990]

ГМС	Число дней со снежным покровом	Даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова	Средняя высота снега, см	Среднее число дней с метелью (в год)	Наибольшее число дней с метелью (в год)	Средняя скорость ветра при метелях, м/с	Максимальная скорость ветра при метелях, м/с
«Оха»	197	1 XI / 10 V	60	61	92	–	–
«Ноглики»	186	7 XI / 4 V	67	40	63	–	–
«Александровск-Сахалинский»	178	7 XI / 27 IV	31	47	75	12	30,4
«Тымовское»	190	31 X / 2 V	99	21	48	7,6	19,6
«Поронайск»	164	17 XI / 18 IV	34	19	33	–	–
«Макаров»	161	19 XI / 13 IV	58	29	52	–	–
«Углегорск»	156	15 XI / 8 IV	20	63	108	13,6	36
«Ильинский»	156	18 XI / 13 IV	19	50	78	–	–
«Невельск»	150	25 XI / 11 IV	53	64	88	–	–
«Долинск»	167	16 XI / 22 IV	112	41	63	11,3	38
«Южно-Сахалинск»	151	21 XI / 9 IV	54	32	52	9,1	29,4

Фактических данных метелемерных наблюдений на о. Сахалин мало. Так, наблюдения проводились А.К. Дюниным с середины 1960-х по начало 1980-х; в 1970–1990-е годы в г. Холмск и г. Невельск; С.Н. Шараповым с 1981 г. по 1983 г. [Дюнин, 1963; Шарапов, 1984; Сучков, 2010]. С середины 1960-х до середины 1990-х гг. метелемерные наблюдения проводились на снеголавинных станциях (СЛС) «Холмск», «Невельск», «Перевал», «Сахалин» (Южный Сахалин), снеголавинной группой Александровск-Сахалинского ГМЦ и Чамгинской снеголавинной экспедицией Сахалинского УГМС (Чамгинский перевал, Восточно-Сахалинские горы, 1983–1988 гг.). К сожалению, данные этих наблюдений не опубликованы. Кроме того в 2010–2016 гг. измерение расхода снега во время метели проводили сотрудники Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН.

При проведении инструментальных наблюдений за метелевым переносом снега (при помощи метелемера ЦПЗ-1), проводившихся сотрудниками СФ ДВГИ ДВО РАН в зоне сноса снега ветром, расположенной на поверхности морской террасы на западном побережье Южного Сахалина (автодорога г. Невельск – с. Горнозаводск) в зимнем сезоне 2013–2014 гг. расход снега во время низовых метелей колебался в пределах 2,45–4,15 г/см² · мин при средних скоростях ветра всего 6–8 м/с (до 9–14 м/с в порыве). Расход снега, измеренный во время метелей на территории г. Южно-Сахалинска, составлял при скорости ветра менее 5 м/с от 0,05 до 3,00 г/см² · мин, при скорости ветра 5–6 м/с – от 0,15 до 2,3 г/см² · мин.

Фактических данных о снегопереносе на о. Сахалин недостаточно для решения многих практических задач, поэтому при проектировании снего-

задерживающих сооружений для защиты линейных объектов от снежных заносов необходимо определять объем снегопереноса с помощью расчетных методов.

2.4. РАСЧЕТ СНЕГОПЕРЕНОСА

В связи с отсутствием фактических данных о характеристиках метелей для многих районов страны, в том числе, для большинства районов о. Сахалин при расчете снегопереноса приходится использовать косвенные данные. В настоящее время сеть ГМС сокращается; кроме того большинство из них расположено на равнинной местности, что приводит к занижению значений при использовании их данных для удаленных и возвышенных участков.

Несмотря на то, что к настоящему времени разработано достаточно большое число методик расчета снегопереноса [Бялобжеский, 1956; Дюнин, 1963; Мельник и др., 1971; Kobayashi, 1972; Гришин, 1973; Заварина, 1976; Radok, 1977; Ревякин, Кравцова, 1977; Динамика..., 1985; Шарапов, 1988; Naaim-Bouvet et al, 2010; Matsuzawa and others, 2010; и др.], эти методики дают крайне противоречивые результаты. Большинство из них базируется на интенсивности снегопереноса и не учитывает количество выпадающих осадков, размеры и уклон снегосборной площади и т.п.

Наиболее полно механика метелей разработана А.К. Дюниным, им описан процесс насыщения метелевого потока снегом [Дюнин, 1963]. Помимо этого им разработан практически весь терминологический аппарат, используемый для описания процесса снегопереноса в России. Так, разработанный А.К. Дюниным в 1960-х годах метод балансов учитывает конкретные условия местности и количество выпадающих осадков. Однако в его методике заложены такие параметры: дефицит влажности воздуха, сумма потерь твердых осадков, потери на испарение, средняя мощность снежного покрова в поле и на закрытой площадке в лесу и т.п., получить значения которых можно только при длительных систематических наблюдениях в конкретном районе, в связи с чем данную методику невозможно использовать для расчета снегопереноса малоизученных территорий.

Существует несколько методик, позволяющих рассчитать объемы снегопереноса, используя только данные ГМС.

Большинство из них предлагает для расчета интенсивности снегопереноса формулу произведения коэффициента пропорциональности и скорости ветра в кубе (табл. 2.4-1).

Как видно из табл. 2.4-1, формулы разных авторов имеют одинаковую структуру (произведения коэффициента пропорциональности и скорости ветра), однако результат получается в разных единицах измерения. Еще одной особенностью является то, что разные авторы используют данные о скорости ветра на разной высоте: 1 м, 2 м, 10 м, на высоте флюгера.

Для сопоставления величин снегопереноса, рассчитываемых по разным методикам, нами был произведен расчет интенсивности (i) и объема (Q) снегопереноса для условной местности и скорости ветра равной 10 м/с (табл. 2.4-2).

Рассчитанные величины изменяются от 2,3 до 20,2 в зависимости от методики.

Таблица 2.4-1. Формулы расчета интенсивности (i) и объема (Q) снегопереноса

Автор методики и год опубликования	Формула	Размерность
А.Х. Хргиан (1934)	$i = -3,47 + 1,50 \cdot V_2 + 0,065 \cdot V_2^2$	г/см · мин
Д.М. Мельник (1952)	$i = 0,0129 \cdot V_{\phi}^3$	г/см · мин
В.Б. Иванов (1954)	$Q = 0,03 \cdot V_2^3$	г/см ² · сек
А.К. Дюнин (1954)	$Q = 0,02 \cdot V_1^3 \cdot \left(1 - \frac{4}{V_1}\right)$	г/см · сек
А.А. Комаров (1959)	$Q = 0,0065 \cdot V_1^{3,5} - 0,4$	г/см · мин
Kobayashi, D. (1969)	$Q = 0,03(V-1,3)^3$	г/м · сек
Budd, W.F. и др. (1966)	$\log Q = 1,18 + 0,089 \cdot V_{10}$	г/сек

Значения, полученные по формулам А.К. Дюнина, В.Б. Иванова и Д.М. Мельника, практически одинаковы, однако по первым двум формулам рассчитывается объем снегопереноса, а по последней – интенсивность.

Нами была рассчитана интенсивность снегопереноса по формулам А.Х. Хргиана и Д.М. Мельника для скоростей ветра от 6 до 40 м/с (рис. 2.4-1). Очевидно, что при скоростях ветра более 15 м/с эти методики дают очень большие расхождения.

В формулах применяются эмпирические коэффициенты пропорциональности, что снижает точность расчета в случае использования формулы для участка, находящегося на удалении от местности, в которой выполнялись метелемерные наблюдения. Так, коэффициент пропорциональности Д.М. Мельника (табл. 2.4-2) рассчитан для равнинных территорий СССР, в связи с чем его невозможно использовать для большей части территории о. Сахалин.

Большинство авторов в своих расчетах принимают плотность снега равной 170 кг/м³, что соответствует свежеснегупавшему снегу, перенос которого наиболее вероятен. Однако даже при слабой метели, когда скорость ветра

Таблица 2.4-2. Расчет интенсивности (i) и объема (Q) снегопереноса по различным методикам для скорости ветра 10 м/с

Автор методики	Параметр		Размерность
	Q	i	
Дюнин А.К.	12,0	–	г/см · сек
Иванов В.Б.	12,9	–	г/см ² · сек
Комаров А.А.	20,2	–	г/см · мин
Мельник Д.М.	–	12,9	г/см · мин
Хргиан А.Х.	–	18,0	г/см · мин
Budd, W.F.	2,3	–	г/сек
Kobayashi, D.	4,2	–	г/м · сек

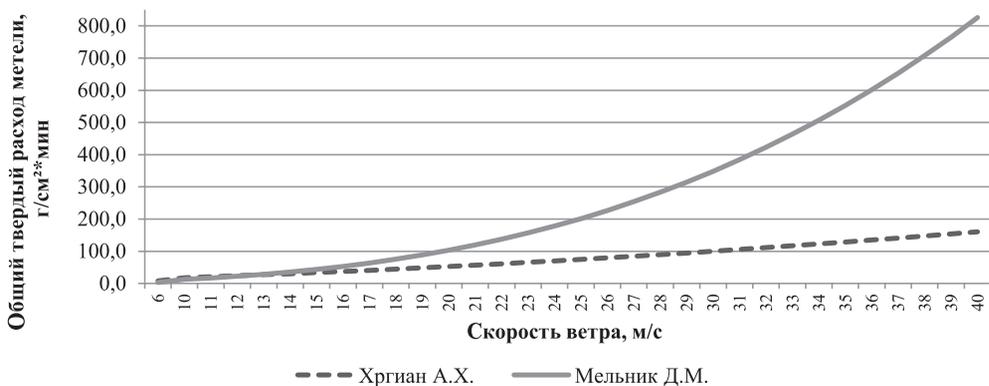


Рис. 2.4-1. Зависимость расчетной интенсивности снегопереноса от скорости ветра по методикам А.Х. Хргиана и Д.М. Мельника

составляет 6–10 м/с [Гляциологический словарь, 1984], происходит ветровое уплотнение снега, в результате чего его плотность значительно возрастает.

Так, при полевых исследованиях во время метели 25.02.2011 г. на морской террасе в районе р. Чирай (153 км автодороги Невельск – Томари – аэропорт Шахтерский) плотность переносимого метелевого снега составляла 200 кг/м³ (при средней скорости ветра 18 м/с). На этом же участке 07.04.2011 г. при скорости ветра более 20 м/с происходил ветровой перенос снега плотностью 450 кг/м³.

Наиболее точными и максимально полно учитывающими условия местности методиками являются метод расходов и метод балансов [Шарапов, 1984].

Так, для расчета объема переносимого снега по румбам применяется метод расходов:

$$W = \frac{1}{10^4 \cdot \gamma_s} \cdot \sum_1^n j \cdot t_j \cdot \sin \alpha, \quad (2.1)$$

где γ_s – плотность снега в отложенном вале, т/м³;

t_j – время действия ветра определенной скорости определенного направления, час;

α – угол между направлением ветра и стороной защищаемого объекта, град.;

j – полный расход снега или интенсивность снегопереноса, равный:

$$j = C \cdot V_\phi^3, \text{ г/см} \cdot \text{мин};$$

C – коэффициент пропорциональности (масса (объем) снега, переносимого через площадь поперечного сечения ветра в 1 см и высотой в 2 м, перпендикулярно ветру, в единицу времени (1 час) при скорости ветра 1 м/с;

V_ϕ – скорость ветра на уровне флюгера, м/с.

Возможный объем снегоотложений у преград можно рассчитать по методу балансов [Шарапов, 1984]:

$$W = \frac{Z_{эф} \cdot \varepsilon \cdot (\lambda \cdot i - \Sigma \Delta i)}{\gamma \cdot \Delta e}, \quad (2.2)$$

где λ – доля твердых осадков в общей сумме осадков за зимний период;

γ – плотность снега в отложениях у преград, т/м³;

$\Delta e = E - e$ – дефицит влажности воздуха или недостаток насыщения, определяемые как разность между насыщающей и фактической упругостью водяного пара при данных температуры и давления, мб.;

i – сумма осадков за зиму, мм;

$\Delta i_u + \Delta i_T + \Delta i_3$ – сумма потерь твердых осадков на испарение, таяние, задержание растительностью и неровностями почвы, мм;

$\Delta i_u = 40 - 0,5A$ – потери на испарение, мм;

A – градусная широта местности;

$\Delta i_T = 2D$ – потери на таяние при оттепели, мм;

D – число дней с оттепелью;

$\Delta i_3 = 140h$ – потери на задержание растительностью и неровностями почвы, мм;

h – высота растительности, м;

$\varepsilon = 1 - \frac{i_n}{i_x}$ – коэффициент сдувания;

i_n – средняя мощность снежного покрова в поле, мм воды;

i_x – средняя мощность снежного покрова на закрытой площадке (в лесу), мм воды;

$Z_{эф}$ – дальность переноса снега, м:

$$Z_{эф} = \frac{85 \cdot (V_{\phi} - 5,2)}{1 + 0,31 \cdot \sqrt{(V_{\phi} + 10) \cdot \Delta e}} \quad \text{при } V_{\phi} < 16 \text{ м/с};$$

$$Z_{эф} = \frac{102 \cdot V_{\phi} - 4,3}{1 + 0,015 \cdot V_{\phi} + 0,36 \cdot \sqrt{(1 + 0,015V_{\phi})(V_{\phi} + 7) \cdot \Delta e}} \quad \text{при } V_{\phi} > 16 \text{ м/с};$$

V_{ϕ} – скорость ветра на уровне флюгера, м/с.

В качестве примера нами были рассчитаны объем переносимого снега по румбам по методу расходов и возможный объем снегоотложений у преград по методу балансов для участка восточного побережья о. Сахалин, расположенного в Макаровском районе.

Расчеты были проведены для зимнего сезона 2012–2013 гг., для зимнего сезона по среднемноголетним данным, а также для метели 06–09.04.2013 г., во время которой выпало 65 мм осадков (табл. 2.4-3).

Таблица 2.4-3. Расчетный объем переносимого снега по румбам по методу расходов и возможный объем снегоотложений у преград по методу балансов

Расчетный период	Объем переносимого снега по румбам по методу расходов, м ³ /пог. м	Возможный объем снегоотложений у преград по методу балансов, м ³ /пог. м
Метель 06–09.04.2013 г.	125,00	140,00
Зимний сезон 2012–2013 гг. (декабрь–апрель)	–	1 087,00
Зимний сезон по среднемноголетним данным (декабрь–март)	1 136,00	1 025,00

Эти методы дают наиболее точные результаты, однако их применение ограничено в связи с большим числом входных параметров, которые невозможно получить для малоизученных районов.

В целом недостатки, выявленные во всех рассмотренных методиках, не позволяют однозначно рекомендовать для практического применения какую-либо из них.

2.4.1. Расчет снегопереноса для малоизученного района

При отсутствии натуральных наблюдений за снегопереносом наиболее удобной для расчета является методика, описанная в «Строительной климатологии» [Заварина, 1976].

Согласно этой методике интенсивность переноса снега определяется как масса снега (в граммах), переносимая за единицу времени через площадку размером 200 см². Интенсивность переноса снега (I) пропорциональна кубу скорости ветра, что подтверждается теоретическими и экспериментальными работами ряда авторов [Дюнин, 1963; Мельник и др., 1971; Kobayashi, 1972; Шарапов, 1984]:

$$I = c \cdot v^3, \quad (2.3)$$

где v – скорость ветра;

c – коэффициент пропорциональности.

Точность расчета интенсивности зависит от точности определения скорости ветра при метелях, так как скорость ветра входит в формулу (2.3) в кубе.

Д.М. Мельник определял значения I для 32 случаев переноса снега при скоростях ветра от 6 до 20 м/с. На основании этих данных и обработки наблюдений, проведенных другими авторами, установлено, что если I выражено в г/(см · мин), то величина коэффициента c на равнинной местности заключена в пределах от 0,0120 до 0,0138, или $c = 0,0129 \pm 0,0009$ [Заварина, 1976]. Значение коэффициента c для о. Сахалин составляет 0,0122 согласно [Мельник и др., 1971].

Для расчета переноса ветром снега за время метели с учетом угла подхода ветра к объекту используется формула (2.4) [Заварина, 1976]:

$$q = I \cdot \tau \cdot \sin \alpha, \quad (2.4)$$

где τ – продолжительность метели;

α – угол подхода ветра.

Благодаря простоте данная методика может использоваться в малоизученных районах для предварительной оценки характеристик снегопереноса, однако точность расчета невысока в связи с малым количеством входных параметров.

В рассмотренных методиках снегоперенос связывают только со скоростью ветра, однако на его интенсивность и объем существенное влияние оказывают сопутствующие метеорологические и геоморфологические факторы, такие, как рельеф, снегосборная площадь, состояние поверхности снегосборной площади, температура воздуха, количество осадков и т.д. Сочетание этих факторов может быть различным, поэтому и величины снегопереноса при одинаковых скоростях ветра значительно различаются.

Точный расчет объемов снеготранспорта необходим для оценки целесообразности использования инженерной защиты по сравнению с организационными мероприятиями при проектировании строительства или переноса линейных сооружений в районах с активным снеготранспортом.

Таким образом, при решении практических задач расчетные методики позволяют дать лишь первичную общую оценку объемов снеготранспорта, однако для получения конкретных данных, необходимых при проектировании объектов, требуется проведение регулярных метеорологических наблюдений.

В связи с отсутствием фактических данных о снеготранспорте, а также о продолжительности метелей при ветрах разных направлений и скоростей для большинства районов острова, оценка опасности снеготранспорта и расчет его объемов для территории острова без проведения наблюдений может носить весьма приблизительный характер. Это обусловлено, главным образом, несовершенством методик расчета характеристик снеготранспорта, представляющих собой кубическую зависимость от скорости ветра. Так как скорость ветра при метелях на о. Сахалин колеблется в очень широком диапазоне, то расчет на основе каких-либо осредненных значений даст недостоверный результат, не имеющий ничего общего с реальным объемом снеготранспорта. Кроме того, огромное влияние на объем снеготранспорта оказывает площадь снеготранспортного бассейна, учет которой невозможен при разработке мелкомасштабных карт (1:1 000 000–1:5 000 000), используемых в данной работе.

ВЫВОДЫ

- Наиболее значимые для населения и экономики о. Сахалин последствия метеорологического снеготранспорта – это простой транспорта и необходимость расчистки полотна автомобильных и железных дорог и территорий городской застройки, а также повышение лавинной опасности вследствие увеличения объемов и повторяемости лавин и угрозы обрушения снежных карнизов.

- Для оценки целесообразности использования инженерной защиты по сравнению с организационными мероприятиями при проектно-исследовательских работах в районах с большой величиной снеготранспорта необходим точный расчет объемов снеготранспорта.

- Для большинства методик расчета снеготранспорта характерен ряд недостатков, существенно влияющих на точность расчета: малое количество входных параметров; использование эмпирических коэффициентов; недоучет ландшафтных характеристик снеготранспортной площади; отсутствие параметра – количество выпадающих осадков.

- В различных методиках при идентичном наборе входных параметров и одинаковой структуре формул результат получается в разных единицах измерения.

- При решении практических задач расчетные методики позволяют дать первичную общую оценку объемов снеготранспорта, однако для получения конкретных данных, необходимых при проектировании объектов, требуется проведение регулярных метеорологических наблюдений.

ГЛАВА 3
СНЕЖНЫЕ
ПОЛИГОНЫ





ежегодно на большей части территории России формируется устойчивый снежный покров. Накопление снега на урбанизированных территориях порождает проблему их расчистки и складирования больших объемов снежных масс. Эта проблема актуальна и для о. Сахалин.

Снег, собираемый с территории городской застройки, имеет большую степень загрязнения и, по совокупности содержащихся в нем элементов, резко отличается от снега за ее пределами. При расчистке улиц в собираемый снег попадает бытовой мусор, тротуарная плитка, песок и т.д., в связи с чем обращение с этой снежной массой должно происходить как с отходом. Однако в ГОСТ 25-916-83 «Ресурсы материальные вторичные» и в Федеральном классификационном каталоге отходов (№ 786 от 02.12.02 г.) снег отсутствует. В каталоге отходов присутствует категория «Смет с городских улиц», но в нее входит только твердый, сухой смет пыли, песка, листьев и т.д. Смет снежной массы и методика обращения с ней при обустройстве снежных полигонов в каталоге отсутствуют.

Выбор места для размещения полигонов и их оборудование представляет собой сложную задачу, не регламентированную существующими законодательными нормами.

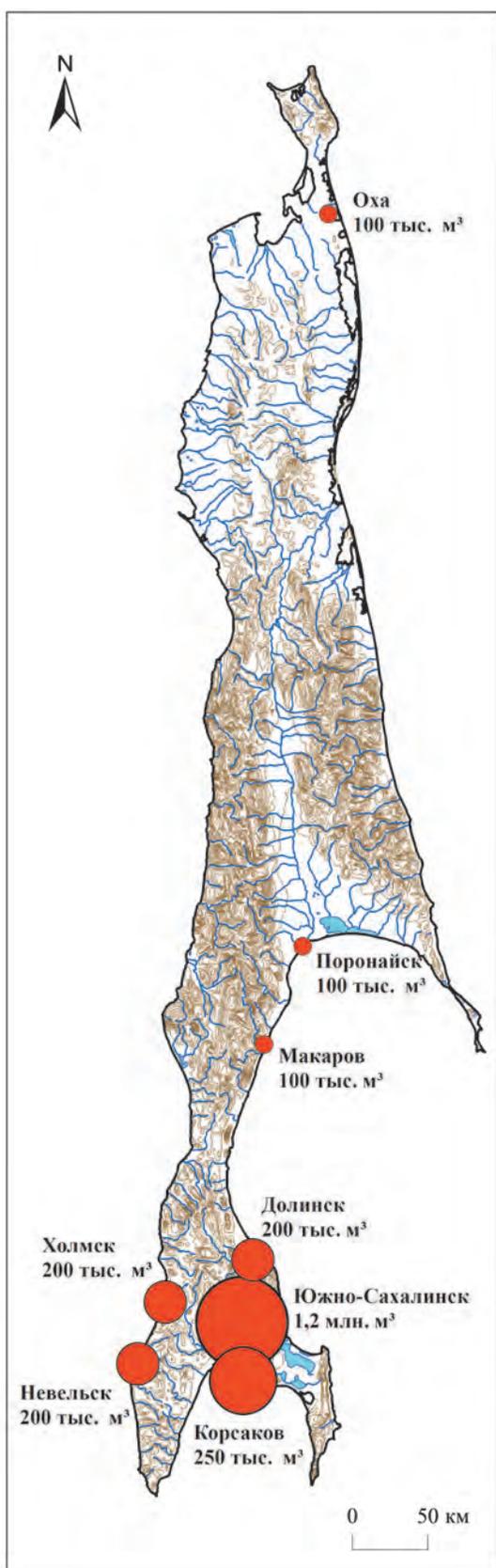
3.1. ОБРАЩЕНИЕ СО СНЕЖНОЙ МАССОЙ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ о. САХАЛИН

Причиной появления снежных полигонов на о. Сахалин является большое количество снега, задерживающегося на территории населенных пунктов. Например, в г. Корсаков (юг о. Сахалин) и ближайших к нему поселках при ликвидации последствий двух глубоких циклонов, прошедших 17–18 декабря 2014 г. и 7–8 января 2015 г., на снежный полигон было вывезено около 111,6 тыс. м³ снега, собранного с территорий муниципальных объектов, мест общественного пользования и транспортных магистралей. Объем снега, вывезенного с территории города за эти два явления, был в два раза больше, чем за весь зимний сезон 2013–2014 гг.

За те же явления на улицы г. Холмск (западное побережье Южного Сахалина) выпало около 220 тыс. м³ снега; за неделю устранения последствий снегопадов на снежный полигон было вывезено около 46 тыс. м³.

Во время весеннего циклона в апреле 2015 г. количество осадков, выпавших на территории г. Макаров (восточное побережье о. Сахалин), составило 131 мм (около 2-месячных норм). За первые сутки ликвидации последствий с территории улично-дорожной сети было вывезено 3 тыс. м³ снега. Снег вывозился из города около 10 суток.

Проблема утилизации снега, собираемого с территории пгт Ноглики (север о. Сахалин), была решена его складированием в шламовые амбары на объектах нефтедобычи, где снег стаивает.



В городах, расположенных на морских побережьях (например, г. Невельск, западное побережье Южного Сахалина), применяется практика своза снега, собранного в городской черте, на морской лед. Данный метод борьбы со снегом, без создания специальных снежных полигонов, применяется в некоторых странах западной Европы и в Японии, где снег складировается на ледяную поверхность озер и рек. В некоторых регионах России есть примеры подобного обращения со снегом, однако российский опыт – негативен. Помимо того, что снег, свозимый с городских улиц, загрязнен бытовыми отходами, которые остаются после стаивания на месте снежных полигонов, складирование снега на озерах приводит к заболачиванию, смене растительных и животных сообществ, а при определенных условиях может спровоцировать затопление местности.

На о. Сахалин снежные полигоны также существуют в г. Долинск, г. Поронайск, г. Оха. На карте-схеме (рис. 3.1-1) показаны городские поселения, на территории которых, по имеющимся сведениям, функционируют снежные полигоны.

На о. Сахалин особенно остро проблема, связанная с вывозом снега, стоит в г. Южно-Сахалинск (областной центр), площадь которого составляет 182,2 км² (без учета пригородов). Средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в городе составляет

Рис. 3.1-1. Карта-схема размещения снежных полигонов

150 сут. (максимальная до 180 сут.), ежегодное среднее количество выпадающих здесь твердых осадков по данным ГМС «Южно-Сахалинск» составляет 263 мм (максимальное – 513 мм, 1970 г.) [Земцова, 1968; Климат Южно-Сахалинска, 1982]. В среднем за зиму здесь на полигоны свозится более 1 млн м³ снега.

3.1.1. Оценка объемов снега на примере г. Южно-Сахалинск

Рассмотрим воздействие снежных полигонов на прилегающую к ним территорию на примере г. Южно-Сахалинск.

Начиная с зимнего сезона 2004–2005 гг. нами проводятся работы по учету объемов снега, выпадающего на территорию г. Южно-Сахалинск, и обследованию мест складирования вывозимых снежных масс [Генсиоровский, 2010; Podolskiy et al., 2015, Лобкина и др., 2016].

Для проведения расчета точного количества снега, отлагающегося на улицах города после снегопадов, в зимнем сезоне 2010–2011 гг. было заложено 6 контрольных площадок на характерных участках городской застройки. На площадках производились снегомерные работы, включавшие в себя определение толщины и плотности снега. Эти данные использовались для расчета количества выпавших осадков в каждом конкретном районе города, результаты сравнивались с данными, полученными на ГМС «Южно-Сахалинск», и данными снегомерных работ, проводившихся сотрудниками лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН на стационарной площадке наблюдения за снегом.

Например, по данным наших наблюдений за снегопад 04 апреля 2012 г. на 4 улицах города (ул. Пуркаева, пр. Победы, ул. Ленина, ул. Железнодорожная, общая площадь с учетом проезжей части, тротуаров, моющей полосы и остановок составляет 401 тыс. м²) отложилось 251 тыс. м³ снега. По данным ГМС «Южно-Сахалинск» за этот период выпало 35 мм осадков, что соответствует слою свежеснег выпавшего снега высотой 44 см (при средней плотности 80 кг/м³). Однако перерасчет количества выпавших за этот же период осадков на основе данных снегомеров, проведенных на контрольных площадках и вдоль описываемых улиц, показывает, что на территории города выпало 50 мм осадков. Такая разница, скорее всего, обусловлена следующими причинами: во-первых, при интенсивных осадках на осадкомерном ведре происходит образование снежной шапки (что связано с 12-часовым интервалом снятия осадкомерного ведра), что не позволяет получить корректные данные о количестве осадков; во-вторых, при сильных метелях происходит выдувание снега из осадкомерного ведра.

Вывоз и складирование такого большого объема снега становится проблемой для коммунальных служб города в зимний период.

До 2010 г. в г. Южно-Сахалинск официально функционировал один снежный полигон, расположенный в южной части города на пересечении ул. Железнодорожная и ул. Пуркаева. Закрытие полигона и перенос его на новое место было вызвано начавшейся просадкой полотна автодороги из-за разуплотнения дорожной одежды, связанного с переувлажнением грунтов

от поступления талых вод с полигона. По данным наших наблюдений, таяние полигона продолжалось до конца октября 2010 г. (рис. 3.1-2).

Начиная с зимнего сезона 2010–2011 гг. городскими властями под полигоны для складирования снежных масс были отведены два участка. Один из них располагается в северной части города по пр. Мира (в р-не ТЭЦ, полигон 1), второй – в южной части, в районе ул. Железнодорожной (полигон 2).

На полигон 1 свозился снег с прилегающей к нему территории ТЭЦ, а так же с ул. Украинской и территории оптово-торговой базы. С южных и центральных районов города снег свозился на полигон 2 (рис. 3.1-3).

Снежные полигоны начинают функционировать в декабре, заканчивают – в апреле, в это же время начинается активное снеготаяние. Ежемесячная масса снега, накопленного на полигонах, сильно зависит от распределения количества выпадающих осадков в течение зимнего сезона и от качества расчистки городских улиц. Общая площадь, занимаемая полигонами, на момент их создания составляла 9,3 га. В последующие зимние сезоны площадь полигонов увеличивалась (в основном за счет полигона 2). В зимнем сезоне 2014–2015 гг. общая площадь занятых под снежные полигоны земель составляла уже 19 га.

Ежемесячно с начала вывоза снега с территории города нами проводились работы по измерению размеров полигонов, плотности складированной на них снежно-ледовой массы, производилась фотосъемка состояния полигона. Работы продолжались вплоть до полного стаивания снежно-ледовой массы.

К началу сезона снеготаяния полигоны представляют собой снежно-ледовые образования, сильно загрязненные бытовыми отходами, и фактически являются несанкционированными свалками в черте города (рис. 3.1-2, 3.1-4).



Рис. 3.1-2. Состояние снежного полигона на 27.05.2009 г.



Рис. 3.1-3. Экскаватор перераспределяет снег, свезенный на полигон 2, 27.01.2012 г.



Рис. 3.1-4. Талые воды с полигона 1 заболачивают прилегающую территорию. Общий вид полигона 1, 13.06.2013 г.

3.1.2. Характеристики снежных полигонов в г. Южно-Сахалинск

Изучение воздействия снежных полигонов на окружающую среду проводилось нами в течение 6 зимних сезонов (с 2010 по 2016 гг.). За этот период можно выделить сезоны с различной степенью снежности. По количеству выпавших твердых осадков зимние сезоны 2010–2011, 2013–2014, 2014–2015, 2015–2016 гг. можно отнести к малоснежным, а зимние сезоны 2011–2012, 2012–2013 гг. – к многоснежным.

В среднем на территории г. Южно-Сахалинск за зимний сезон накапливается около 130 млн м³ снега. Для оценки объема и массы снега, накопленного за зимний сезон на территории городской застройки, было использовано среднее значение плотности снега 260 кг/м³, полученное в ходе многолетних наблюдений на контрольной площадке, расположенной в границе

города, но не подверженной влиянию антропогенных факторов, а также наблюдений на дополнительных площадках, заложенных в городской черте. Средняя высота снега, принимаемая для расчета, составляет 0,7 м.

Расчищаемая от снега территория составляет около 10% от общей площади города, в основном это уличное полотно и придомовые территории. 90% городских площадей (лесопарковая, сельскохозяйственная и промышленная зоны, а также кровли зданий и сооружений) не расчищаются.

Город оказывает тепляющее воздействие, что приводит к таянию снега на городской территории в течение зимнего сезона, что в наибольшей степени проявляется на кровлях зданий. Помимо этого для стаивания снега коммунальные службы используют химические реагенты, смешанные с песком, а под воздействием транспорта происходит сильное уплотнение снега, что приводит к образованию льда на дорогах и придомовых территориях. Эти факторы приводят к уменьшению объема снега в городе.

Изменение площадей, занятых полигонами, происходило постепенно, на момент создания они составляли для полигона 1 – 3,3 га, для полигона 2 – 6,0 га (табл. 3.1-1).

В последующие зимние сезоны площадь полигона 1 изменялась несущественно (табл. 3.1-1), так как по периметру он ограничен железной дорогой, забором территории ТЭЦ, ответвлением автодороги и складскими помещениями.

Площадь полигона 2 увеличилась с 6,0 га до 15,5 га (табл. 3.1-1), что связано с его местоположением и тем, что сюда свозится большой объем снега. Полигон расположен на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения; из объектов, ограничивающих его площадь, можно упомянуть грунтовую дорогу, разделяющую заброшенные сельскохозяйственные поля. Дорога ограничивает увеличение площади полигона 2 в западном направлении, в настоящий момент тело полигона вплотную подходит к дороге. С северной и южной стороны полигон на значительном расстоянии объектами инфраструктуры не ограничен.

Увеличение площадей полигонов происходит не только за счет прироста снега от новых снегопадов. Работа на полигонах ведется постоянно, снежную массу раскатывают для уменьшения высоты полигонов и уплотнения снега.

Табл. 3.1-1. Параметры снежных полигонов в г. Южно-Сахалинск*

Сезон	Макс. объем снега на полигонах за сезон, тыс. м ³		Ср. плотность снеговой ледовой массы с включениями (на конец марта), кг/м ³		Макс. площадь полигона за сезон, га	
	Полигон 1	Полигон 2	Полигон 1	Полигон 2	Полигон 1	Полигон 2
2010–2011	264	540	800	800	3,3	6,0
2011–2012	380	765	800	600	3,8	9,0
2012–2013	350	1 176	900	700	3,5	14,7
2013–2014	420	1 240	800	700	3,5	15,5
2014–2015	315	1 085	–	–	3,5	15,5
2015–2016	420	–	–	–	3,8	–

*Примечание. Прочерк – нет данных.



Рис. 3.1-5. Канавка для отведения воды с полигона 1, 28.05.2014 г.

Основание полигона 1 имеет глинистый замок, который препятствует проникновению талой воды в грунты, лежащие в основании полигона, однако талая вода собирается по периметру полигона (рис. 3.1-4), что приводит к заболачиванию прилегающей территории. В 2013 г. для уменьшения заболачивания территории была нарезана отводная канава (рис. 3.1-5), по которой талая вода должна была стекать в кювет автодороги. Однако принятые решения не обеспечили полный отвод талых вод, что привело к повышению уровня грунтовых вод, обводнению грунтов основания дорожного полотна, вследствие чего произошла просадка полотна автодороги на участке подтопления.

В 2011 году полигон 1 перестал полностью стлавать в течение теплого периода. Это связано с тем, что свозимый на полигон снег уплотняли водой и пересыпали песком, что привело к консервации ледяного ядра полигона, которое в последующие зимние сезоны только увеличивалось. В результате образовался участок многолетнемерзлых пород, которые никогда не отмечались на юге о. Сахалин. Сохранению ледяного ядра также способствовал мусор, накопленный на теле полигона и предохраняющий снег от стаивания, что особенно заметно при проведении тепловизионной съемки (рис. 3.1-6). Съемка проводилась тепловизором фирмы «FLIR Systems», модель i3. Характеристики прибора, заявленные производителем: поле зрения/минимальное

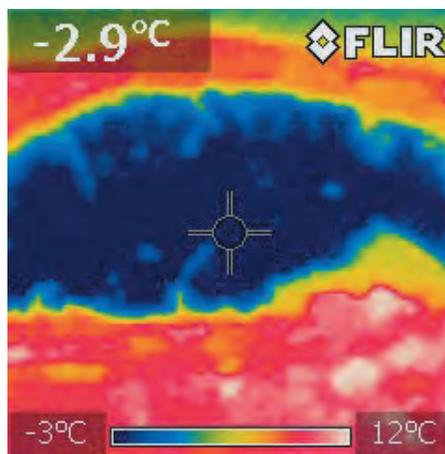


Рис. 3.1-6. Тепловизионная съемка участка полигона 2, 09.10.2014 г.



Рис. 3.1-7. Территория, занимаемая полигоном 1, после неполного стаивания снега, 01.10.2015 г.

фокусное расстояние 12,5x12,5/0,6 м; температурная чувствительность $<0,15^{\circ}\text{C}$; интервал температур $-20^{\circ}\text{C} \dots +250^{\circ}\text{C}$; точность $\pm 2^{\circ}\text{C}$ или $\pm 2\%$ от абсолютной температуры (в $^{\circ}\text{C}$).

Летом 2014 г. городскими властями было принято решение ликвидировать полигон 1, ледяное ядро полигона было разбито, снег стаял. Занимаемую полигоном площадку отсыпали грунтом и разровняли. Однако в январе 2015 г. полигон 1 вновь был открыт. По состоянию на 01 октября 2015 г. максимальная высота снега на полигоне составляет 7 м, средняя – 3 м (рис. 3.1-7).

Обследование полигона 2 показало, что основание полигона не имеет гидроизоляцию по всей его площади, а талые воды не подвергаются сбору и очистке, в результате чего происходит проникновение загрязняющих веществ в поверхностные воды и в верхний водоносный горизонт, почву, подстилающие грунты.

3.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ СНЕЖНЫХ ПОЛИГОНОВ НА ИНФРАСТРУКТУРУ И СЕЛИТЕБНЫЕ ТЕРРИТОРИИ г. САХАЛИН

Складирование снега в пределах городской застройки приводит к развитию опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП) [Gensiorovsky et al., 2013]:

1. Подтопление городской территории и инфраструктуры подземными водами, вызванное подъемом уровня грунтовых вод при таянии снежного полигона.

2. Развитие на подтопленных территориях суффозии, которая приводит к просадкам грунтов уличной сети, деформации фундаментов зданий и сооружений.

3. Заболачивание городской территории вследствие подтопления грунтовыми водами и их выхода на дневную поверхность.

4. Увеличение интенсивности эрозионных процессов в руслах водотоков, протекающих через тело полигона, либо на водотоках, куда происходит сброс талых вод, за счет увеличения объемов и скоростей стока.

5. Повышение уровня грунтовых вод в районе складирования снега может привести к разжижению грунтов, а с учетом 7–9 балльной сейсмичности территории г. Южно-Сахалинск, даже при небольших землетрясениях, возможно разрушение зданий и сооружений, находящихся в зоне воздействия снежных полигонов.

6. Развитие на подтопленных территориях процессов морозного пучения, которые приводят к деформации уличной сети и фундаментов зданий.

Принятие решения по строительству снежных полигонов должно предваряться инженерно-геологическими изысканиями на площадке строительства с оценкой инженерно-геологических условий и рекомендациями по защите от развития ОЭГП на данной территории.

3.2.1. Загрязненность снега и воды

Снежные полигоны воздействуют на окружающую природную среду и приводят к ее загрязнению [Лобкина и др, 2016].

Для определения содержания химических веществ в складированных снежных массах в 2012 г. были отобраны 2 пробы: проба 1 – в момент складирования снежной массы, привезенной с территории города; проба 2 – из бровки снежного отвала. Для сравнения был отобран снег с городской территории, находящийся в ненарушенном залегании (фоновая проба). В пробах был определен элементный состав и содержание катионов и анионов методами атомно-эмиссионной спектроскопии и ионной хроматографии (табл. 3.2-1, 3.2-2).

Методом атомно-эмиссионной спектроскопии в пробах было определено содержание элементов В, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Pb в значениях < 0,01 мг/л (анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток).

Таблица 3.2-1. Результаты определения содержания катионов и анионов в пробах снега в сравнении с ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мг/л*

№ пробы	Содержание катионов, мг/л						Содержание анионов, мг/л			
	Li ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻
Городская фоновая проба (фоновая проба)	–	0,56	0,27	0,53	0,13	0,05	–	0,83	0,02	0,22
Проба складированного снега (проба 1)	–	1,17	0,48	0,81	0,83	0,19	0,02	2,27	0,51	1,78
Проба прессованного снега (проба 2)	0,003	91,7	–	1,7	23,8	1,1	0,14	143	0,3	8,63
ПДК	0,08	120	0,5	50	180	40	0,75	300	0,08	1,35

*Примечание. Прочерк – не обнаружен. Анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН (методом ионной хроматографии).

Таблица 3.2-2. Результаты определения содержания веществ в пробах снега в сравнении с ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мг/л*

№ пробы	Al	Ba	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Sr	Zn
Городская фоновая проба (фоновая проба)	0,01	0,01	0,27	0,01	0,25	0,17	<0,01	1,08	<0,01	0,01
Проба складированного снега (проба 1)	<0,01	<0,01	1,24	0,02	0,09	0,11	0,01	0,55	<0,01	0,01
Проба прессованного снега (проба 2)	0,49	0,04	20,07	0,82	1,93	1,51	0,05	101,0	0,07	0,01
ПДК	0,04	0,74	180	0,1	50	40	0,01	120	0,4	0,01

*Примечание. Анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН (методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой).

По результатам сравнения содержания химических веществ в пробе снега, отобранной на момент складирования с пробой лежалого снега установлено, что вследствие воздействия на снег внешних факторов (прессование, таяние) происходит увеличение концентрации загрязняющих веществ на единицу объема.

Для оценки загрязняющего влияния полигона на природную среду результаты химического анализа проб снега были сопоставлены с ПДК для рыбохозяйственных водоемов [Нормативы качества воды..., 2011].

Превышение ПДК обнаружено по пяти веществам 4-го класса опасности: NO_2^- , Br^- , Al, Fe, Mn (табл. 3.2-1, 3.2-2). ПДК по Al превышено в 12 раз; по Fe – в 8 раз; по NO_2^- и Br^- – в 6 раз; по Mn – в 5 раз. Концентрация Zn (3 класс опасности) по всем пробам равна ПДК [Нормативы качества воды..., 2011].

В июле 2013 и 2014 гг. при помощи полевой комплектной лаборатории для определения показателей качества воды «НКВ» был проведен анализ талой воды, стекающей с полигонов (табл. 3.2-3). Отмечены превышения ПДК по $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ (за оба года) до 3 раз; по NO_2^- (за 2014 г.) и по SO_4^{2-} (за 2014 г.) – более чем в 2 раза.

Полученные данные о концентрациях загрязняющих веществ дают основание говорить о снежном отвале как о производственном объекте, в результате деятельности которого образуются загрязняющие вещества в превышающих ПДК концентрациях.

3.2.2. Загрязненность почвы и грунтов

Для оценки изменения химического состава и физико-химических характеристик грунтов основания полигона необходимо проведение мониторинговых исследований. На первом этапе были отобраны пробы грунтов полигона 2 [Лобкина и др, 2016], определены гранулометрический состав, показатели физического состояния грунтов, их химический и микроэлементный состав (табл. 3.2-4). Аналитические работы были выполнены в ЦКП

Таблица 3.2-3. Результаты определения содержания веществ в пробах талой воды в сравнении с ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мг/л*

Дата отбора пробы	10.07.2013		24.07.2014		ПДК
	1	2	1	2	
N ^o полигона	1	2	1	2	
NH ₄ ⁺ , мг/л	–	–	–	–	0,5
Fe ²⁺ + Fe ³⁺ , мг/л	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1
F ⁻ , мг/л	0,5	0,1	–	–	0,75
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,02	0,02	0,02	0,1	0,08
NO ₃ ⁻ , мг/л	–	–	5	10	40
SO ₄ ²⁻ , мг/л	69,12	53,76	192	230,4	100

*Примечание. Прочерк – не обнаружен. Анализ проб проведен сотрудниками СФ ДВГИ ДВО РАН при помощи полевой комплектной лаборатории для определения показателей качества воды «НКВ» (производитель ЗАО «Крисмас+») (методами анализа на основе ГОСТ 24902, ГОСТ 18309 и др.).

ИЗК СО РАН «Геодинамика и геохронология», г. Иркутск [Ряшенко, 2010; Ряшенко и др., 2014; Ряшенко, Ухова, 2008].

Пробы были отобраны в районе расположения полигона 216 мая 2013 г.

Проба N^o 1. Отобрана из верхнего горизонта почвенно-растительного слоя после таяния снега в отвале. Представлена гравийно-песчаным грунтом, образовавшимся при таянии снега, с включением растительных остатков верхнего почвенного горизонта, который он перекрывает. Мощность слоя 0–10 см.

Проба N^o 2. Отобрана ниже пробы 1 в том же шурфе. Мощность слоя 10–30 см. Представлена глиной с включением гравия.

Проба N^o 3. Гравийно-песчаный грунт с поверхности снега, складированного на полигоне. Образовался в результате вывоза на полигон снега

Таблица 3.2-4. Показатели состава и свойств грунтов полигона 2*

N ^o пробы	Время размокания	Гумус, %	Емкость катионного обмена, мг-экв	Пластичность I _p	Плотность минеральной части, г/см ³
Проба 1. Агрегированный песок	9 мин 40 сек	4,5	10	3,3	2,52
Проба 2. Агрегированный суглинок	11 мин 55 сек	–	–	9,2	2,51
Проба 4. заполнитель брекчии – агрегированный суглинок	2 мин 24 сек	4,2	10	8,9	2,28
Проба 3. Дресвяный грунт (имеет отличительные показатели)	1 час 30 мин	дресва (частицы 2–20 мм) 15,2% средне-крупнопесчаные 29,9% крупнопесчаные 22,6% фракция < 0,1 мм 6,4%			

*Примечание. Анализы проб были выполнены в лаборатории инженерной геологии ИЗК СО РАН.

с песчано-гравийной смесью от подсыпки дорог в зимний период. Мощность слоя на поверхности снега 0–25 см. Место отбора образца – центральная часть полигона.

Проба № 4. Точка отбора находится вне пределов складирования снега. На месте отбора пробы прослеживаются остатки гидротехнических сооружений. Есть основания полагать, что это фрагмент заболоченной поймы ручья, русло которого изменено при мелиоративных работах. Отобрана с глубины 10–30 см от поверхности, под почвенно-растительным слоем. Обводнена. Грунтовые воды находятся на глубине 0–15 см от поверхности. Представлена: гравийно-галечным грунтом с суглинистым заполнителем.

При обработке данных о параметрах микроструктуры и химическом (породообразующем) составе отложений полигона использовалась программа кластерного анализа Q-типа, установленная на персональном компьютере в EXCEL-2003 [Данилов, 2001]. В этом случае график-дендрограмма представляет собой группирование (кластеризацию) объектов по степени сходства между ними относительно анализируемых признаков. Чем больше «евклидово расстояние», тем меньше степень близости между образцами по значениям показателей.

Группирование образцов грунтов по параметрам микроструктуры (рис. 3.2-1) показало сходство грунта подстилающего горизонта (проба № 2) и грунта вне зоны складирования снега (проба № 4). Это позволяет говорить о том, что показатели свойств грунта пробы № 2 характерны для всей площади полигона и представляют естественные грунты для данной территории.

Химический состав грунтов *полигона 2* показан в табл. 3.2-5. Группирование образцов по валовому химическому составу (рис. 3.2-2) также показывает сходство грунта подстилающего горизонта (проба № 2) и грунта, отобранного вне зоны складирования снега (проба № 4), что подтверждает предположение о том, что это естественные грунты. Обособленность пробы № 3 связана с привнесением гравийно-песчаного грунта со снегом, свозимым на полигон с городской территории, и отсыпкой дороги, ведущей по полигону.

Полученные данные по микроэлементному составу сравнивались с ОДК/ПДК для почв. Так как нормативы, действующие на территории РФ, устанавливают допустимые концентрации химических веществ в почве не по всем элементам, мы рассматриваем некоторые из них в сравнении с [ГН 2.1.7.2511-09, 2009; СанПиН 42-128-4433-87, 2011].

На рис. 3.2-3 представлено ОДК/ПДК определяемых микроэлементов и их содержание в пробах. Установлено превышение содержания Ni и As во всех пробах (например, в пробе 4 Ni – в 3,3 раза; As – в 4,8 раз). В пробе 2 превышено содержание V (в 1,1 раз), Cu (в 1,2 раза), Zn (1,5 раза). Превы-

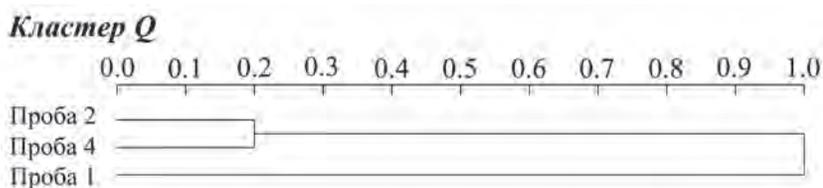


Рис. 3.2-1. Группирование грунтов по параметрам микроструктуры

Таблица 3.2-5. Содержание порообразующих оксидов в грунтах полигона 2, %*

№ пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	ППП
Проба 1	71,86	0,65	8,05	2,76	2,10	0,08	1,99	2,98	1,58	0,90	0,18	0,83	6,06
Проба 2	67,24	0,82	13,15	4,01	1,67	0,08	1,51	1,10	1,62	1,60	0,12	1,66	5,51
Проба 3	80,35	0,43	6,28	2,36	1,38	0,06	1,20	2,44	1,37	0,52	0,14	0,36	3,24
Проба 4	63,95	0,60	12,62	3,36	2,44	0,17	1,46	0,95	2,26	1,55	0,17	1,32	9,41

*Примечание. Анализы проб выполнены в ЦКП ИЗК СО РАН (методом силикатного анализа).

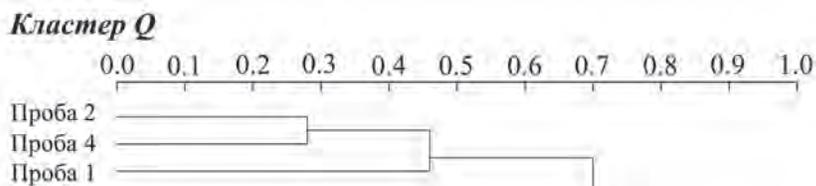


Рис. 3.2-2. Группирование грунтов по валовому химическому составу

шение содержания Pb также отмечено в пробах 2 и 4. Так как целью работы не является определение размера ущерба, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, норма ОДК/ПДК взята по самому жесткому варианту для наименее устойчивых к загрязнению почв [Лобкина и др., 2016].

Результаты анализа грунтов подтверждает вывод о том, что снежные полигоны представляют собой опасные для городской среды объекты, в результате функционирования которых накапливаются загрязняющие вещества.

На основе данных наблюдений за состоянием снежных полигонов от начала складирования на них снежных масс до момента их стаивания можно

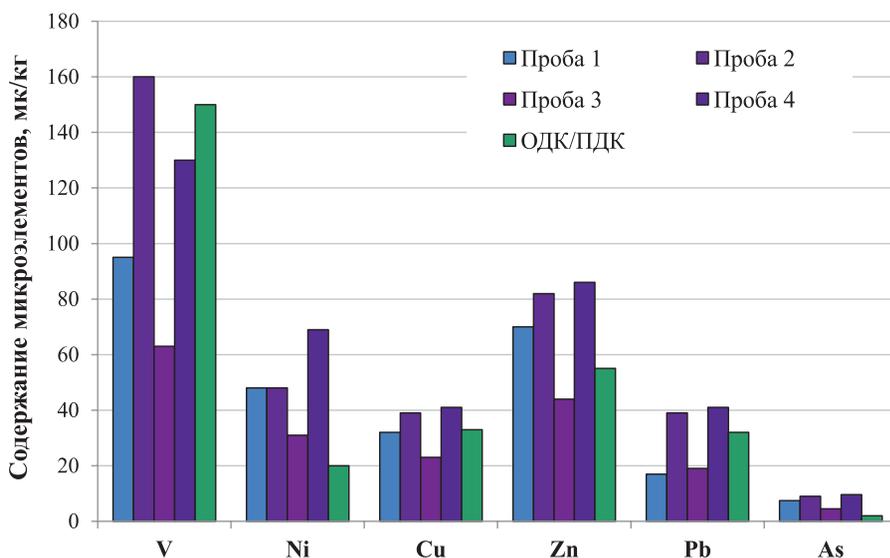


Рис. 3.2-3. Содержание микроэлементов в грунтах полигона 2 и их ОДК/ПДК в почвах [ГН 2.1.7.2511-09, 2009; СанПиН 42-128-4433-87, 2011]. Анализы выполнены в ЦКП ИЗК СО РАН методом рентгенофлуоресцентного анализа (аналитик Штельмах С.И.)

утверждать, что они представляют собой свалки твердых бытовых отходов (ТБО), смешанных со снегом. В связи с этим представляется возможным применить по отношению к данным полигонам нормативные документы, разработанные для полигонов ТБО. В частности, «Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов» исключает возможность использования в данных целях участков с выходами грунтовых вод и участков, затопляемых паводковыми водами, без проведения водоотводящих мероприятий. Этот пункт в настоящий момент не соблюдается.

Полигон 2 расположен на бывших сельскохозяйственных полях, где сохранилась мелиоративная система, по которой осуществляется сток воды как с самого полигона, так и из автодорожных канав, расположенных вдоль дороги, ведущей на полигон (рис. 3.2-4). Кроме того, по территории, занимаемой полигоном, протекает ручей. Таким образом, талая вода с полигона через систему мелиоративных канав напрямую поступает в р. Сусуя, относящуюся к водоемам рыбохозяйственного назначения, что нарушает ч. 1 ст. 35 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. Ширина зоны затопления упомянутой реки может составлять 4–5 км, максимальный уровень высоких вод в ней достигает 8 м, т.е. снежный полигон находится в зоне затопления, что противоречит ч. 4 ст. 65 Водного кодекса РФ.

Согласно ч. 2 ст. 38 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ запрещается ввод в эксплуатацию объектов, не оснащенных средствами контроля за загрязнением окружающей среды, а в ч. 2 ст. 39 указывается, что юридические и физические лица, осуществляющие эксплуатацию объектов, обязаны обеспечить соблюдение нормативов качества



Рис. 3.2-4. Мелиоративный канал, в котором собирается талая вода с полигона 2, 27.06.2011 г.

окружающей среды и проводить обезвреживание сбросов загрязняющих веществ.

К настоящему моменту на территории Сахалинской области не разработаны нормативы воздействия на почву при определении размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Согласно «Методике исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (утвержденной приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238) следует определить превышение концентрации загрязняющих веществ над фоновыми показателями, площадь и глубину химического загрязнения. Наряду с этим согласно ст. 42 Земельного кодекса РФ от 25 октября 2001 года № 136-ФЗ собственники земельных участков (и лица, не являющиеся собственниками) обязаны использовать земельные участки в соответствии с их целевым назначением и способами, которые не должны наносить вред окружающей среде, в том числе земле как природному объекту.

Даже при первом рассмотрении видно, что функционирование снежных полигонов в том виде, в котором оно ведется в настоящий момент, является нарушением сразу нескольких федеральных законов. Размещение полигонов на землях сельскохозяйственного назначения запрещено, так же как и любое складирование, в том числе и снега, без оборудования территории для данной цели.

ВЫВОДЫ

- По предварительным сведениям снежные полигоны функционируют при 8 населенных пунктах о. Сахалина.
- Самые большие полигоны находятся в окрестностях г. Южно-Сахалинск, где:
 - при оборудовании снежных полигонов не были выполнены природоохранные мероприятия: не сделана гидроизоляция основания полигонов, не произведена обваловка полигонов, отсутствовали сооружения для очистки талых вод; более того, с полигона 2, расположенного в пойме р. Сусуя, загрязненные талые воды из тела снежного полигона поступали через мелиоративный канал непосредственно в реку;
 - зафиксировано превышение уровня ПДК в талой воде по NO_2^- , Br, SO_4^{2-} , Al, Fe, Mn и ОДК/ПДК в почве по Ni, As, V, Cu, Zn, Pb;
 - как показывают наблюдения, столь мощное антропогенное снежно-ледовое образование в течение теплого периода окончательно не сживает, и на его месте возможно образование участка многолетнемерзлых пород, что не характерно для юга о. Сахалин;
 - искусственное создание многолетнемерзлых пород приводит к изменению инженерно-геологических условий на участках их размещения, развитию процессов заболачивания и избыточного обводнения. Складирование свозимого вместе со снегом смета с городских улиц, в том числе и физического мусора (пакетов и др.), приводит к изменению гранулометрического состава и физических (например, фильтрационных) свойств грунтов тела полигона, и накоплению в них химических загрязняющих компонентов. Зона загрязнения увеличивается с каждым годом.



ГЛАВА 4

СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ



еоднократные обрушения и повреждения зданий в результате воздействия снеговых нагрузок привели к тому, что проблема расчета и картирования снеговых нагрузок стала очень актуальна для нашей страны. Возникающие в связи с выпадением и перераспределением снега проблемы наносят значительные убытки экономике отдельных регионов. Накопление снега

на крышах также приводит к образованию снежных карнизов, обрушение которых представляет серьезную опасность для жизни людей и для припаркованного вблизи зданий транспорта.

Ежегодно на территории России регистрируются случаи разрушения и повреждения кровель зданий, что наносит не только материальный ущерб, но и приводит к человеческим жертвам.

За период с 2010 г. по 2016 г. в России было зарегистрировано 137 случаев обрушения кровель, в том числе кровель жилых домов – 53, спортивных сооружений – 10, кровель производственных и складских помещений – 19 случаев, кровель социальных объектов – 33 случая. При обрушении кровель пострадали 44 человека, 10 человек погибли.

Эти обрушения кровель произошли в 43 субъектах РФ. Наибольшее количество случаев обрушения произошло в Хабаровском крае, Московской и Ленинградской областях, а Сахалинская область по числу обрушений занимает шестое место.

4.1. УЩЕРБ ОТ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК НА о. САХАЛИН

Воздействие снеговых нагрузок на урбанизированные территории приводит к разрушению и повреждению кровель зданий и сооружений. На территории о. Сахалин неоднократно возникали чрезвычайные ситуации, связанные со значительным снегонакоплением и, как следствие, обрушением и повреждением кровель зданий и сооружений в зонах хозяйственной деятельности. За последние 10 лет разрушения были зарегистрированы в 2009, 2012, 2015 гг.

В результате прохождения мощного циклона 13–17 марта 2009 г. за сутки (14 марта) выпало 19 мм осадков и произошло частичное обрушение крыши здания общежития в с. Синегорск (юг о. Сахалин). В этот же день обрушилась часть кровли слухового окна Синегорской участковой больницы. 19 марта из-за скопившегося снега обрушилась крыша общеобразовательной школы с. Пятиречье Холмского района (юг о. Сахалин, рис. 4.1-1а).

Во время следующего циклона 20–22 марта 2009 г. за сутки выпало более 20 мм осадков и произошло еще 2 обрушения кровель. Под тяжестью мокрого снега в п. Вахрушев Поронайского района (центральная часть о. Сахалин) просела крыша жилого 18-квартирного дома, площадь проседания крыши составила 30 м². В с. Синегорск частично обрушилась крыша дома сестринского ухода.

Несколько обрушений кровель произошло в 2012 г. в г. Южно-Сахалинск. В феврале был разрушен производственный ангар (рис. 4.1-1б), пло-



Рис. 4.1-1. Случаи обрушения крыш на о. Сахалин: а – здание школы в с. Пятиречье, 2009 г. (фото с сайта <http://sakhvesti.ru/>); б – производственный ангар в г. Южно-Сахалинск, 2012 г.; в – автомобильный гараж правительства Сахалинской области в г. Южно-Сахалинск, 2012 г. (фото с сайта <http://www.rosbalt.ru/>); г – уличное кафе в парке культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина в г. Южно-Сахалинск, 2015 г. (фото Ю.В. Генсиоровского)

щадь обрушения составила 312 м^2 . Объем снега на разрушенном участке кровли был равен 219 м^3 , снеговая нагрузка на кровлю составила $2,9 \text{ кПа}$. Возможная снеговая нагрузка, рассчитанная для о. Сахалин по «Рекомендациям по расчету снеговых нагрузок на сооружения в Сахалинской области», составляет $6,0 \text{ кПа}$, величина возможной снеговой нагрузки по СП [СП 20.13330.2011, 2011] для города – $4,0 \text{ кПа}$. В марте произошло обрушение гаража правительства Сахалинской области, в результате которого были сильно повреждены 6 автомобилей (рис. 4.1-1в).

Также зимой 2012 г. снегом были повреждены и разрушены теплицы и хозяйственные постройки в дачном массиве с. Вторая Падь (Корсаковский район, юг о. Сахалин).

В марте 2015 г. в городском парке культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина в г. Южно-Сахалинск произошло обрушение навеса уличного кафе (рис. 4.1-1г). В зимнее время кафе не функционирует, поэтому никто не пострадал. Обрушение произошло после серии снегопадов, начавшихся 27–28 февраля и продлившихся до 3 марта. Сумма осадков за эти снегопады составила $25,3 \text{ мм}$.

Последовавшие одно за другим обрушения кровель зданий на о. Сахалин говорят о том, что при проектировании зданий и сооружений величина снеговой нагрузки была сильно занижена.

При проведении исследовательских работ по нормированию снеговой нагрузки необходимо учитывать не только максимально возможное разовое значение веса снегового покрова, но и совокупную нагрузку, вызванную постепенным нагружением кровли при снегопадах, идущих друг за другом в короткий период времени.

4.2. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ

За длительный период своего развития (с 1933 г.) нормирование в области определения снеговых нагрузок в нашей стране претерпело существенные изменения. В настоящее время нормативные снеговые нагрузки в России определяются по представленной в [СП 20.13330.2011, 2011] (далее СП) карте снеговых нагрузок на 1 м² горизонтальной поверхности, рассчитанных по средним многолетним значениям максимальной толщины снежного покрова и средним значениям плотности снега.

Фактически снеговая нагрузка на поверхность земли определяется величиной запаса воды в снежном покрове.

СП представляет собой совокупность СНиП в редакции от 2003 г. с учетом вышедших к нему «Изменений». В СП сохранилось восемь снеговых районов с теми же значениями величины снеговой нагрузки. Границы снеговых районов в картах СП за небольшим исключением совпадают с районами, выделенными в СНиП 2.01.07-85*.

Несмотря на то, что значения величины снеговой нагрузки в СП, повторяющие значения нагрузок СНиП 2.01.07-85*, больше, чем в предыдущих версиях норматива, они все равно являются недостаточными, поскольку не компенсируют заниженные коэффициенты прочности, закладываемые в конструкцию.

4.2.1. Расчет снеговой нагрузки на поверхность земли

Для расчета точной величины снеговой нагрузки на кровлю необходимо знать значение нагрузки на поверхность земли, которое можно получить по данным ГМС, а так же по наблюдениям на стационарных площадках.

На рис. 4.2-1 показаны графики многолетнего накопления снега на стационарной площадке наблюдения, расположенной в окрестностях г. Южно-Сахалинск на предгорном шлейфе западного склона Сусунайского хребта. Площадка характеризуется умеренно гидроморфным типом фаций, подвергается избыточному увлажнению весной в период таяния снега и в период выпадения сильных дождей с конца августа по начало октября. В данной фации преобладает оглеенный вариант дерново-перегнойных почв. Из древесных пород преобладает береза и ольха высотой 10–15 м и диаметром стволов до 25 см, в подлеске распространены кустарники (шиповник игольчатый, бересклет, рябинник бузинолистный), высокотравье (лабазник камчатский) и осока [Лобкина, 2013а].

График имеет вид несимметричных выпуклых кривых, весьма близких одна к другой. На рис. 4.2-1 видно, как происходит колебание снегозапаса, и, соответственно, веса снега, вызванное выпадением и таянием снега в течение зимнего сезона.

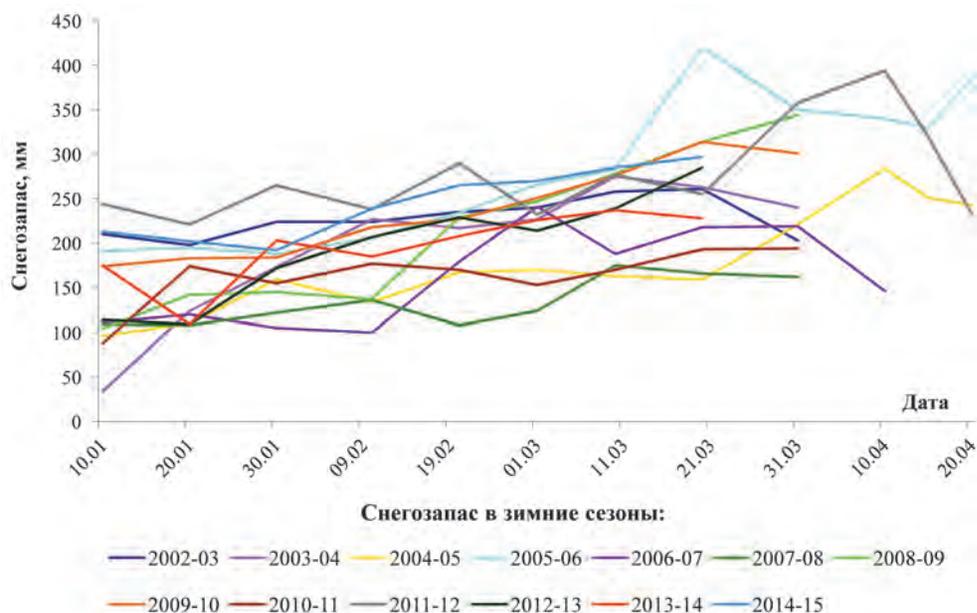


Рис. 4.2-1. Изменение величины снегозапаса по данным наблюдений Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН

Несмотря на широкую вариативность изменения величины снегозапаса (рис. 4.2-1) как в течение зимы, так и от зимы к зиме, возможно выделить основные закономерности (рис. 4.2-2) и определить период наибольших величин снеговых нагрузок.

На стационарной площадке наблюдений СФ ДВГИ ДВО РАН и на ГМС «Южно-Сахалинск» период максимальных снеговых нагрузок приходится на третью декаду марта – первую декаду апреля (рис. 4.2-2).

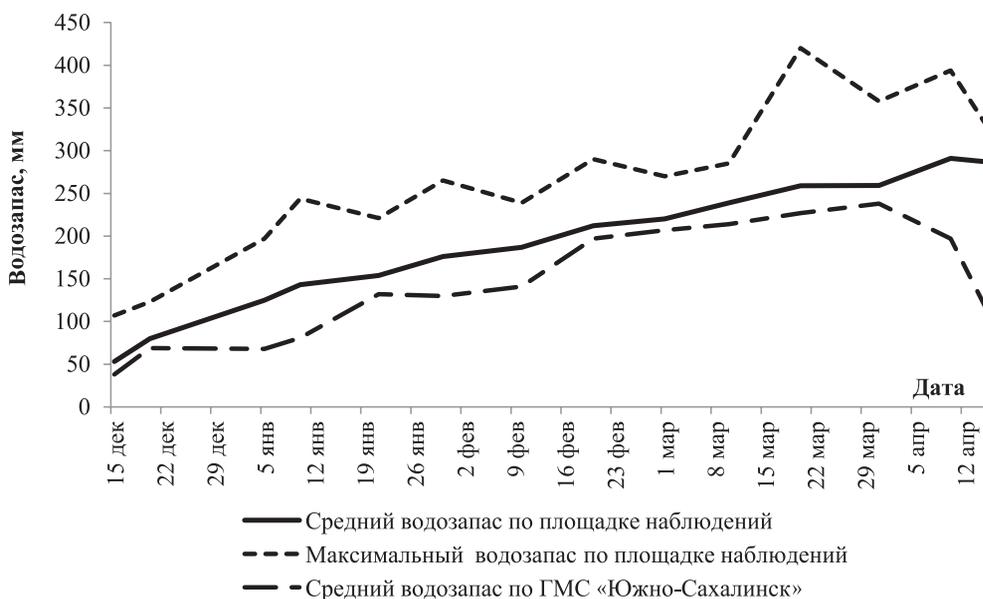


Рис. 4.2-2. Сравнение величин снегозапаса по данным наблюдений Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН и ГМС «Южно-Сахалинск»

В качестве примера рассчитаем величину снеговой нагрузки на данной площадке.

Имея ежегодные фактические данные о величине снеговой нагрузки (рис. 4.2-1) и используя гипотезу о равноправности или о независимости опытных данных, мы можем рассчитать максимальную величину нагрузки на грунт на рассматриваемой площадке [Грудев и др., 2007]. В силу гипотезы каждой опытной точке нужно сопоставить $\Delta P = I/N$ одинаковую вероятность. Интегральную $0 \leq P \leq 1$ вероятность отложим по оси ординат, где каждой опытной точке ΔP будет соответствовать полоса, а опытное значение будет относиться к середине этой полосы, т.е. опытные данные будут располагаться на следующих уровнях (4.1):

$$P_i = \Delta P \cdot i - \frac{\Delta P}{2} = \Delta P \cdot \left(i - \frac{1}{2} \right), (i = 1, \dots, N), \quad (4.1)$$

где N – количество значений.

Упорядочиваем значения максимальных снегозапасов по рассматриваемому участку в возрастающем порядке наносим на график (рис. 4.2-3) и соединяем. Для улучшения наглядности возьмем 10 максимальных величин снегозапаса из 13 наблюденных.

Далее в большинстве работ на график наносится кривая распределения Гумбеля с поправкой на величину выборки, все значения определяются через среднее отклонение всей выборки и во многом зависят от статистики малоснежных зим, что существенно влияет на результат решаемой задачи, поэтому данный подход не был применен.

Авторы согласны с работами [Корнилов и др., 1997; Грудев и др., 2007], где говорится, что при экстраполяции опытных данных необходимо выполнение двух принципов: необходимо учитывать конечность снеговой нагрузки, а величина нормативного значения не должна зависеть от статистики малоснежных зим.

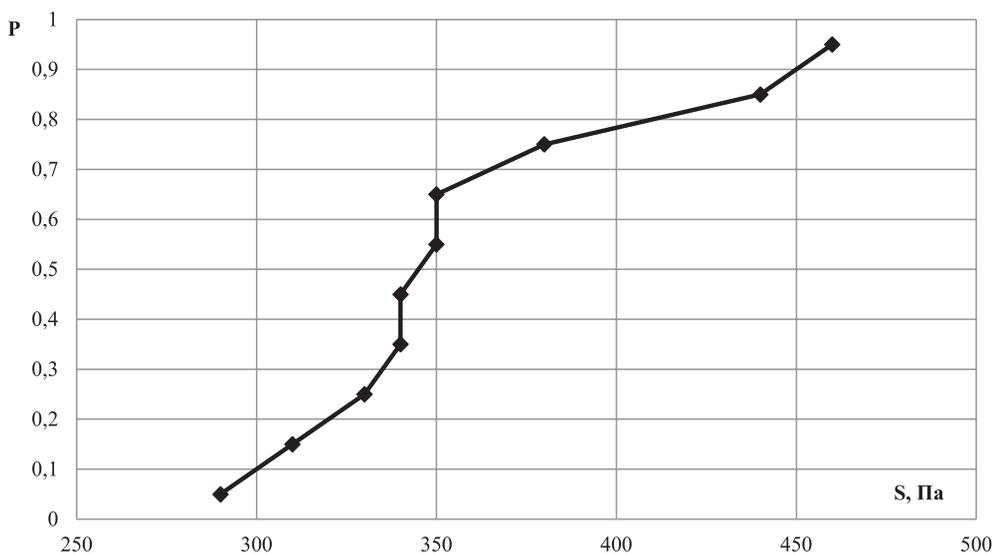


Рис. 4.2-3. Вероятностное распределение нагрузки по данным наблюдений на стационарной площадке, $N = 10$

В связи с этим для экстраполяции необходимо рассматривать только последние (максимальные) точки в количестве не более 10. В большинстве случаев искомым результатом можно получить по двум последним точкам. Так как интервал экстраполяции мал, можно воспользоваться линейной экстраполяцией.

Для рассматриваемой площадки рассчитаем величину снеговой нагрузки по последним четырем точкам ($K = 4$). Существует несколько способов линейной экстраполяции, воспользуемся следующей методикой [Грудев и др., 2007]:

$$S_{ij} = \frac{(j+0,5) \cdot S_{N-i} - (i+0,5) \cdot S_{N-j}}{j-i}, \quad (j > i), (i = 0, \dots, K-1; j = 1, \dots, K). \quad (4.2)$$

Из получившихся величин (табл. 4.2-1) выбираем наибольшую – это и будет нормативное значение снеговой нагрузки (S_g).

Таблица 4.2-1. Нормативное значение снеговой нагрузки по рассматриваемой площадке, кПа (кгс/м²)

i	j			
	$N-1$	$N-2$	$N-3$	$N-4$
N	4,7 (470)	4,65 (465)	4,62 (462)	4,59 (459)
$N-1$	–	4,4 (440)	4,33 (433)	4,25 (425)
$N-2$	–	–	4,15 (415)	4,03 (403)
$N-3$	–	–	–	3,8 (380)

Необходимо учесть, что опытные данные получены с некоторой ошибкой измерения ΔS , в связи с чем нужно ввести возможную поправку ΔS_g . Наибольшей поправка получается в том случае, когда линейная экстраполяция основывается на двух последних точках. При этом увеличение нормативного значения в самом неблагоприятном случае будет равно (4.3):

$$\Delta S_g = 2 \Delta S. \quad (4.3)$$

Точность, принятую для построения графика (рис. 4.2-3), считаем порядка $10\% = 10^{-1}$. Для местности, имеющей продолжительный ряд наблюдений, точность можно считать равной 5%.

Тогда из формулы 3 коэффициент надежности будет иметь значение 1,2.

Предлагаемый метод расчета нагрузки [Грудев и др., 2007] довольно прост и опирается на опытные данные. Нормативное значение получается при пересечении прямой, проходящей через две последние точки (ij) выборки, линией $P = 1$. Минимальное количество лет наблюдения на местности, для которой необходимо произвести расчет величины снеговой нагрузки составляет 25 лет [Гордеев и др., 2007].

4.2.2. Полное расчетное значение снеговой нагрузки

Для получения полного расчетного значения снеговой нагрузки (S) на горизонтальную проекцию покрытия следует производить расчет по (4.4) [СП 20.13330.2011, пункт 10, 2011]:

$$S = 0,7 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \quad (4.4)$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов;

c_t – термический коэффициент;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие;

S_g – расчетное значение веса снегового покрова на горизонтальной поверхности земли.

В 2009 г. Министерством строительства Сахалинской области были утверждены «Рекомендации по расчету снеговых нагрузок на сооружения в Сахалинской области», в которых расчетное значение веса снегового покрова (S_g) для района строительства принимается по карте «Районирование территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова, масштаб 1:1 000 000» и дополняющим ее таблицам.

Величина снеговой нагрузки в горных районах о. Сахалин отличается от равнинных территорий в связи с большим количеством выпадающих твердых осадков, поэтому для получения расчетной величины снеговой нагрузки горных районов были введены градиенты приращения веса снегового покрова с высотой.

Значение веса снегового покрова (S_g) для горных районов о. Сахалин следует рассчитывать:

а) для горных снеговых районов с индексами IIA_1 и IIA_3 при высоте местности над уровнем моря $h > 300$ м – по формуле

$$S_g = x + y(h - 300)/100, \text{ кПа}, \quad (4.5)$$

где x – расчетное значение веса снегового покрова на границе горного района (рис. 4.3-1), кПа (кгс/м²);

y – градиент приращения веса снегового покрова на 100 м превышения (рис. 4.3-1), кПа (кгс/м²).

б) для остальных горных районов при высоте местности над уровнем моря $h > 200$ м – по формуле

$$S_g = x + y(h - 200)/100, \text{ кПа}. \quad (4.6)$$

Чтобы получить полное расчетное значение снеговой нагрузки (S) необходимо воспользоваться (4.4) [СП 20.13330.2011, 2011].

Для равнинных и прибрежных районов значение веса снегового покрова на горизонтальной поверхности земли (S_g) принимается по карте «Районирование территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова» и дополняющим ее таблицам (см. рис. 4.3-1).

Для каждого из выделенных снеговых подрайонов были определены характеристики снежного покрова и произведен расчет значений снеговых нагрузок. Расчеты были выполнены с учетом вертикального градиента твердых осадков, вертикального градиента высоты снежного покрова, динамики метаморфизма снежной толщи в разных ландшафтных и климатических зонах, характеристик структуры и текстуры снежной толщи в разных ландшафтных зонах.

По результатам исследований было установлено значительное увеличение снеговых нагрузок на горизонтальную поверхность. И если согласно

СП в равнинной части о. Сахалин снеговая нагрузка не превышает 4,8 кПа, то рассчитанные по «Рекомендациям по расчету снеговых нагрузок на сооружения в Сахалинской области» значения снеговой нагрузки увеличились в отдельных равнинных и прибрежных снеговых подрайонах и достигают 6,5 кПа.

Результаты расчета величины снеговой нагрузки для отдельных городов и населенных пунктов о. Сахалин, выполненного в соответствии с «Рекомендациями по расчету снеговых нагрузок на сооружения в Сахалинской области», представлены в табл. 4.2-2.

Величина снеговой нагрузки для центров муниципальных образований острова составляет от 3,2 до 6,0 кПа.

Следует отметить, что в условиях сокращения сети гидрометеорологических станций и постов в России и сокращения числа маршрутов снегомерных наблюдений на имеющихся станциях и постах получить необходимую для нормирования снеговых нагрузок информацию становится все сложнее, поэтому принцип дополнения карт районирования конкретными значениями расчетных снеговых нагрузок в тех населенных пунктах, где проводятся регулярные снегомерные наблюдения, помогает избежать возможной недооценки снеговых нагрузок при проектировании объектов строительства.

Таблица 4.2-2. Расчетные значения веса снегового покрова для центров муниципальных образований о. Сахалин

№ п/п	Центр муниципального образования	Индекс снегового подрайона	Максимальное значение веса снегового покрова S_g , кПа (кгс/м ²)
1	г. Оха	IB1	4,0 (400)
2	пгт Ноглики	IB1	4,0 (400)
3	г. Александровск-Сахалинский	IIB2	4,0 (400)
4	пгт Тымовское	IIB6	5,5 (550)
5	пгт Смирных	IIB1	3,2 (320)
6	г. Поронайск	IIB2	4,0 (400)
7	г. Углегорск	IIB4	4,5 (450)
8	г. Макаров	IIB5	4,8 (480)
9	г. Томари	IIIB2	4,5 (450)
10	г. Долинск	IIIB4	6,0 (600)
11	г. Холмск	IIIB2	4,5 (450)
12	г. Южно-Сахалинск*	IIIB4	6,0 (600)
13	г. Корсаков	IIIB2	4,5 (450)
14	г. Анива	IIIB3	4,8 (480)
15	г. Невельск	IIIB2	4,5 (450)

*Примечание. За исключением территории горнолыжного комплекса «Горный Воздух».

4.2.3. Кратковременные снеговые нагрузки

Согласно гляциологическому словарю [Гляциологический словарь, 1984] снеговые нагрузки могут быть длительными (в течение всей зимы) и кратковременными (после сильных метелей и интенсивных снегопадов). Однако область использования данного разделения снеговых нагрузок не указывается.

При длительной снеговой нагрузке происходит постепенное накопление снега на кровле. На количество снега, накопленного на кровле здания или сооружения, существенно влияют внешние факторы [Гордеев и др., 2007], которые не воздействуют на снеговую нагрузку на поверхности земли (ссыпание, таяние снега на тепловыделяющих покрытиях и др.).

При кратковременных снеговых нагрузках происходит резкое увеличение массы снега на кровле за короткий промежуток времени, при этом влияние внешних факторов на величину снеговой нагрузки меньше либо вообще отсутствует.

В СП [СП 20.13330.2011, 2011] не нормируется разделение снеговой нагрузки на длительную и кратковременную составляющие. Деление временных нагрузок на длительные и кратковременные характеризуется согласно п. 5.1 СП только продолжительностью их действия. Согласно п. 4.1 СП для

Таблица 4.2-3. Максимальные значения приращения веса снегового покрова за один снегопад в центрах муниципальных образований о. Сахалин

№ п/п	Центр муниципального образования	Индекс снегового района	Максимальная продолжительность снегопада, сут.	Максимальное значение приращения веса снегового покрова за 1 снегопад, кПа (кгс/м ²)
1	г. Оха	IB1	15	2,0 (200)
2	пгт Ноглики	IB1	7	1,5 (150)
3	г. Александровск-Сахалинский	IIВ2	12	2,0 (200)
4	пгт Тымовское	IIВ6	5	1,5 (150)
5	пгт Смирных	IIВ1	4	1,0 (100)
6	г. Поронайск	IIВ2	10	2,0 (200)
7	г. Углегорск	IIВ4	12	1,8 (180)
8	г. Макаров	IIВ5	10	2,3 (230)
9	г. Томари	IIIВ2	11	2,5 (250)
10	г. Долинск	IIIВ4	11	2,5 (250)
11	г. Холмск	IIIВ2	11	2,3 (230)
12	г. Южно-Сахалинск*	IIIВ4	11	2,5 (250)
13	г. Корсаков	IIIВ2	10	1,0 (100)
14	г. Анива	IIIВ3	10	1,0 (100)
15	г. Невельск	IIIВ2	11	2,3 (230)

*Примечание. За исключением территории горнолыжного комплекса «Горный Воздух».

снеговых нагрузок устанавливаются два нормативных значения: пониженное, определяемое по п. 5.4 (з), и полное, определяемое по п. 5.5 (е). Причем пониженное значение вводится в расчет только при необходимости учета влияния длительности нагрузок, проверке на выносливость и в других случаях, оговоренных в нормах проектирования конструкций и оснований.

Поскольку расчет по прочности ведется с учетом кратковременных нагрузок, то в основное сочетание нагрузок в соответствии с п. 6.2 СП [СП 20.13330.2011, 2011] снеговую нагрузку следует включать с полным нормативным значением.

В табл. 4.2-3 представлены расчетные значения увеличения снеговой нагрузки за один снегопад для центров муниципальных образований о. Сахалин.

Таким образом, максимальные значения прироста величины снеговой нагрузки за один снегопад для центров муниципальных образований острова составляют от 1,0 кПа (пгт Смирных, г. Корсаков, г. Анива) до 2,5 кПа (г. Томари, г. Долинск, г. Южно-Сахалинск).

4.3. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО РАСЧЕТНОЙ ВЕЛИЧИНЕ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ

На современном этапе развития экономики региона возникла необходимость обновления и корректировки имеющихся карт районирования территории по расчетной величине снеговой нагрузки.

В атласах Сахалинской области [Атлас..., 1967; Разумов и др., 2008] карты снеговых нагрузок отсутствуют.

На картах атласа снежно-ледовых ресурсов мира [Атлас..., 1997а] представлена карта максимальных снегозапасов о. Сахалин, на которой обозначены только общие закономерности их распределения, причем показанные значения ниже наблюдаемых, особенно по горным районам острова.

Величина снеговой нагрузки при 50% обеспеченности в [Атлас..., 1997а] для о. Сахалин равна 0,7–1 кПа, то есть незначительна, и разрушение легких конструкций происходить не должно, что не соответствует действительности. Ежегодные повреждения кровель и фасадов домов частного сектора, а также разрушения хозяйственных построек и теплиц в дачных массивах – наглядное тому подтверждение.

При построении карты «Районирования территории Сахалинской области по весу снегового покрова» была применена методика построения карты «Ландшафтно-стратиграфические комплексы снежного покрова» [Древилло, 2001], принципы построения которой были изложены в ряде опубликованных работ [Древилло и др., 2000; Генсиоровский, Древилло, 2007]. Кроме того, были использованы принципы построения карт смежной тематики.

При построении карты в основу выделения однотипного участка территории положена геоморфологическая структура с данными по глубине расчленения рельефа и абсолютной высоте местности, а также преобладающий тип ландшафта. Использование карт ландшафтов позволило при построении карты «Районирования территории о. Сахалин по расчетному значению веса снежного покрова» учесть все разнообразие природно-климатических ус-

ловий, свойственных о. Сахалин (на острове выделено 69 типов ландшафтов [Атлас ..., 1967]).

Сахалинская ландшафтная область делится на три ландшафтные подзоны: светлохвойной, средней темнохвойной и южной темнохвойной тайги с примесью широколиственных пород, которые соответствуют климатическим областям.

Подзона светлохвойной тайги занимает северную треть острова. Значения снеговой нагрузки для этой подзоны на карте (рис. 4.3-1) и в таблицах к ней даны под индексами $IA_1 - IA_3, IB_1 - IB_3$.

Центральную часть острова занимает *подзона средней темнохвойной тайги*. В этой подзоне находятся Западно-Сахалинские и Восточно-Сахалинские горы, а также Тымь-Поронайская низменность, значения нагрузки даны под индексами $IIA_1 - IIA_3, IIB_1 - IIB_6$ (рис. 4.3-1).

Подзона южной темнохвойной тайги занимает южную часть острова (южнее перешейка Поясок). Значения нагрузки для этой подзоны даны под индексами $III A_1 - III A_3, III B_1 - III B_4$ (рис. 4.3-1).

Закономерности формирования и развития снежного покрова позволяют построить таксономическую шкалу уровней снежности территории, с помощью которой можно проводить районирование территории, в том числе по величине снеговых нагрузок. Шкала включает 3 таксономических уровня: снеговая область, снеговой район, снеговой подрайон (рис. 4.2-4).

Снеговые области на о. Сахалин выделены в пределах трех сахалинских климатических областей.

Соответствие снеговых областей климатическим обусловлено общим характером протекающих внутри них синоптических процессов и климатических характеристик.

Снеговые районы выделены по геоморфологическим факторам: горный, равнинный, прибрежный районы.

Внутри снеговых областей по границам стратиграфических комплексов снежного покрова были выделены снеговые подрайоны, для которых производился расчет снеговых нагрузок.

Для равнинных и прибрежных снеговых районов данные о характеристиках снега были получены по данным сети ГМС [Справочник по климату СССР, 1971]. Для горных снеговых районов использованы материалы поле-

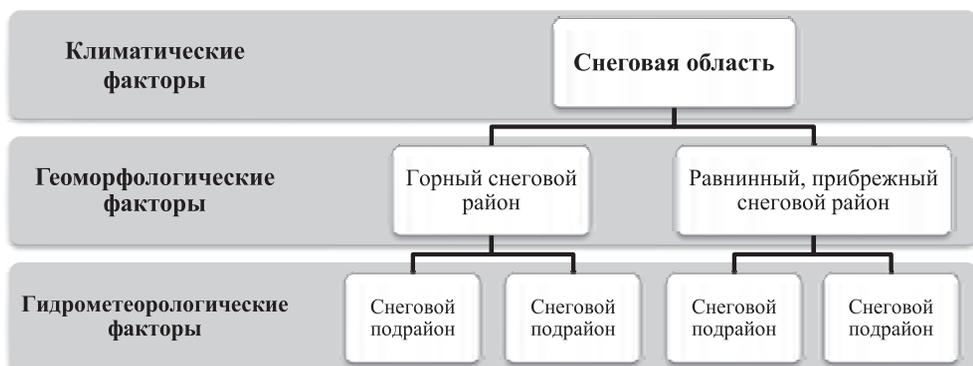


Рис. 4.2-4. Иерархия таксономических уровней снежности территории

вых наблюдений с экстраполяцией для тех участков, где натуральных наблюдений не проводилось. При расчете величины твердых осадков и снежного покрова в горах использовались исходные значения, полученные на основе анализа материалов наблюдений за осадками и снежным покровом, проводившиеся в горах о. Сахалин в 1961–2016 гг.

Отличительной особенностью данной карты от карт той же тематики, разработанных для других территорий, является отделение горных подрайонов от равнинных и прибрежных (внутри снеговых областей).

Всего на территории о. Сахалин выделено 3 снеговые области, внутри которых выделено 3 горных и 3 равнинных, прибрежных снеговых района, которые разделяются на снеговые подрайоны.

Выделено 24 снеговых подрайона (рис. 4.3-1): 13 равнинных и прибрежных снеговых подрайонов и 11 горных снеговых подрайонов [Генсиоровский и др., 2011].

При построении карты «Районирование территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова» учитывалось влияние вертикального градиента на количество выпадающих осадков.

Рассчитать количество выпадающих в горах осадков, опираясь на данные, получаемых на сети ГМС, расположенных на территории острова, невозможно, т.к. все функционирующие в настоящее время станции расположены в диапазоне высот от 20 до 190 м. Поэтому расчет вертикального градиента осадков и высоты снежного покрова был произведен по данным маршрутных снегосъемок и по данным наблюдений по суммарным осадкомерам, в разное время проводившихся в горной части острова.

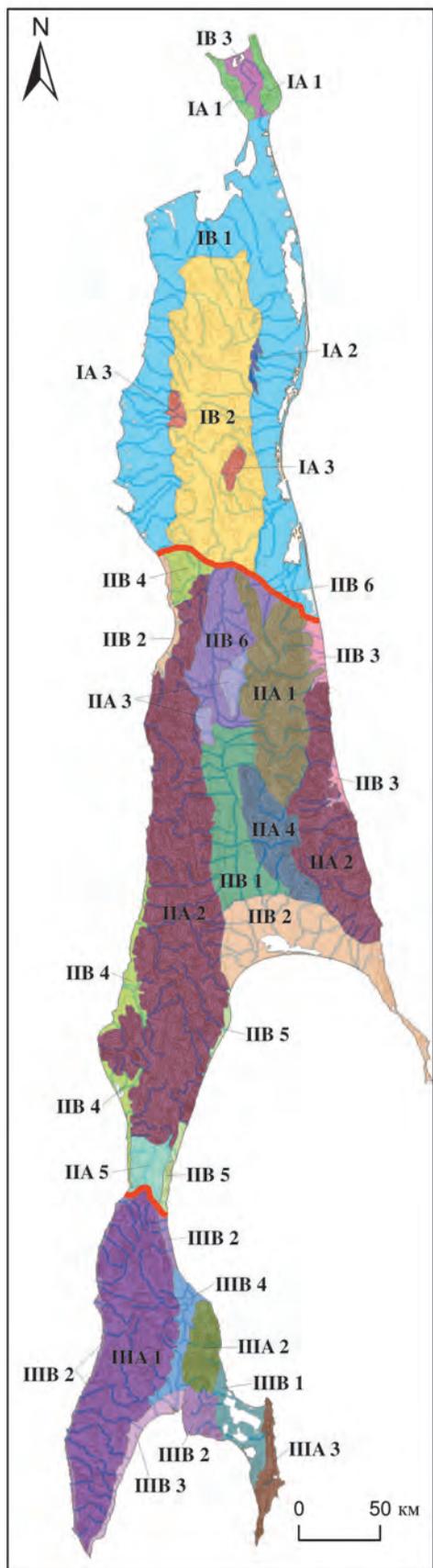
В разных районах острова средние значения вертикального градиента твердых осадков составляют от 25 до 90 мм/100 м. Максимальное значение вертикального градиента осадков за явление на о. Сахалин превышает 100 мм/100 м. Изменение толщины снежного покрова с высотой имеет сходный характер. Среднее значение вертикального градиента прироста высоты снежного покрова за явление на о. Сахалин составляет 35 мм/100 м [Казаков, Генсиоровский, 2007].

4.3.1. Карта районирования территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова

По вышеописанной методике расчета значений снеговых нагрузок на поверхность земли, анализа архивных материалов и материалов полевых работ за многолетний период была составлена карта-схема «Районирование территории о. Сахалин по весу снегового покрова» (рис. 4.3-1).

Методика создания карты районирования территории по расчетному значению веса снегового покрова может быть использована для разработки подобных карт и для других субъектов РФ. Алгоритм предлагаемой методики представлен на рис. 4.3-2.

Полученная карта районирования территории о. Сахалин позволяет определять величины снеговых нагрузок, необходимых для проектирования и возведения зданий и сооружений, что снижает риск от возможной недооценки фактической величины нагрузки. Полученная карта дополняет



Расчетное значение веса снежного покрова

Снеговая область	Снеговой район	Индекс снежного подрайона	Абсолютные высоты, м	Расчётное значение веса снежного покрова S_g на границе снежного района (λ), кгс/м ²
I - северная	А - горный *	IA1	200-600	6,5 (650)
		IA2	200-400	4,5 (450)
		IA3	200-600	4,5 (450)
	В - равнинный и прибрежный	IB1	0-200	4,0 (400)
		IB2	50-200	4,5 (450)
		IB3	0-100	6,5 (650)
II - центральная	А - горный *	IIA1	300-1500	5,5 (550)
		IIA2	200-1300	4,5 (450)
		IIA3	200-800	5,5 (550)
		IIA4	200-900	3,2 (320)
		IIA5	100-300	5,0 (500)
	В - равнинный и прибрежный	IIВ1	50-200	3,2 (320)
		IIВ2	0-200	4,0 (400)
		IIВ3	0-200	4,3 (430)
		IIВ4	0-300	4,5 (450)
		IIВ5	0-200	4,8 (480)
		IIВ6	50-200	5,5 (550)
		IIВ7	50-200	5,5 (550)
III - южная	А - горный *	IIIA1	200-1000	4,5 (450)
		IIIA2	200-1000	6,0 (600)
		IIIA3	100-600	4,3 (430)
	В - равнинный и прибрежный	IIIV1	0-200	4,0 (400)
		IIIV2	0-300	4,5 (450)
		IIIV3	0-200	4,8 (480)
		IIIV4	0-200	6,0 (600)
		IIIV5	0-200	6,0 (600)

Примечание. *Значение веса снежного покрова (S_g) для горных снеговых районов о. Сахалин следует пересчитывать с учетом градиента приращения веса снежного покрова с высотой

Значение градиента приращения веса снежного покрова для горных снеговых подрайонов

Индекс снежного подрайона	Вертикальный градиент приращения снежного покрова на 100 м превышения (γ), кгс/м ²
IA1	1 (100)
IA2	0,5 (50)
IA3	0,7 (70)
IIA1	1 (100)
IIA2	
IIA3	
IIA4	
IIA5	
IIIA1	1 (100)
IIIA2	0,5 (50)
IIIA3	

— границы снеговых областей

Рис. 4.3-1. Карта-схема районирования территории о. Сахалин по расчетному значению веса снежного покрова

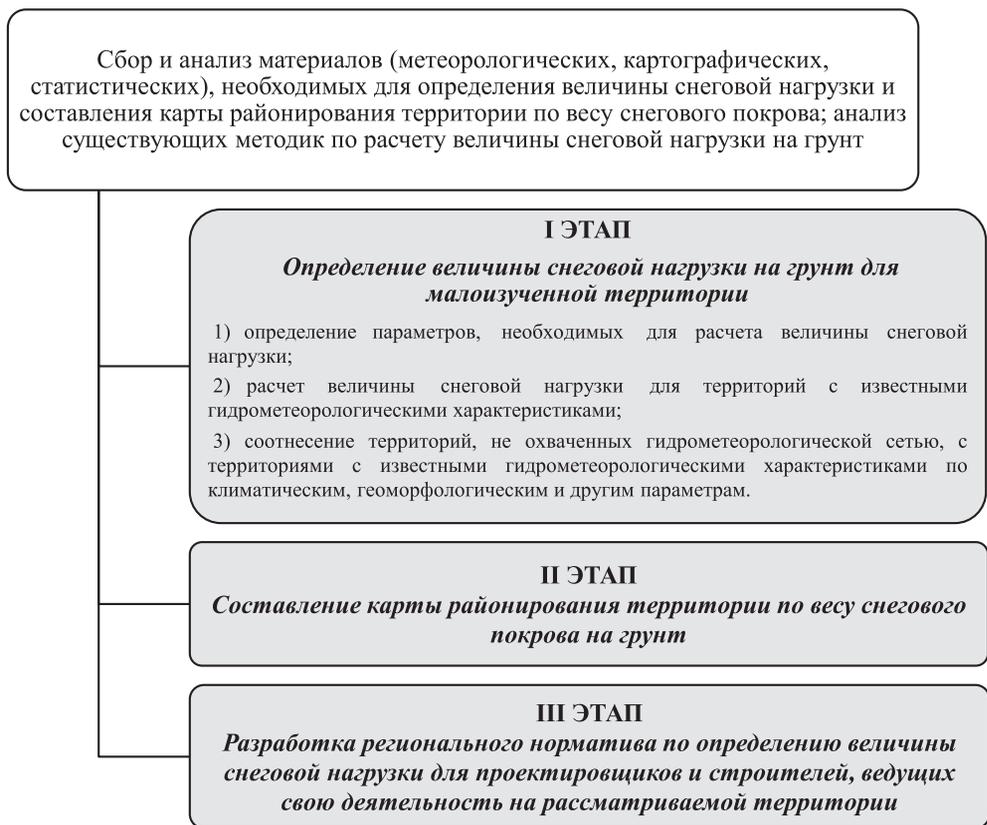


Рис. 4.3-2. Алгоритм районирования малоизученной территории по весу снегового покрова

СП и рекомендована Министерством строительства Сахалинской области в качестве регионального нормативного документа.

4.3.2. Сравнение разработанной карты с картой СП

На территории о. Сахалин в СП [СП 20.13330.2011, 2011] выделено 4 снеговых района (с IV по VII), которые представлены 9 участками. Значения снеговой нагрузки колеблются в пределах от 2,4 до 4,8 кПа.

Представленные значения снеговых нагрузок сильно занижены, так как, согласно СП, значения плотности и высоты снежной толщи необходимо определять по данным наблюдений местных метеостанций, имеющих длительный ряд наблюдений. Все метеостанции области расположены в долинах и на морском побережье, а большая часть территории о. Сахалин – низкогорье.

Карта снеговых нагрузок о. Сахалин (дополнение к основной карте) представлена в СП [СП 20.13330.2011 приложение Ж, 2011] в масштабе 1:10 000 000 (рис. 4.3-3). При работе с картами такого масштаба проектировщики и строители зачастую не могут определить, к какому снеговому району относится территория предполагаемого строительства объекта.

Карта-схема «Районирование территории о. Сахалин по весу снегового покрова» выполнена в масштабе 1:1 000 000 (рис. 4.3-1). На ней выделено 24 снеговых подрайона, представленные на карте 34 участками.

Максимальная снеговая нагрузка на территории острова, согласно СП, наблюдается на севере Тымь-Поронайской низменности, в районе пгт Тымовское и составляет 4,8 кПа, а согласно данным полевых наблюдений значение снеговой нагрузки на данной территории может доходить 6,0 кПа [Генсиоровский, 2007; Древило и др., 2000].

Более того, горные районы о. Сахалин на карте СП не отнесены к районам с максимальными снеговыми нагрузками. В частности, район Восточно-Сахалинских гор отнесен к VI снеговому району с величиной нагрузки 4,0 кПа. Однако именно в горах данного района максимальное количество твердых осадков может превышать 1300 мм (13,0 кПа) при средней величине 800 мм (8,0 кПа) [Древило и др., 2000], что в два раза превышает значение снеговой нагрузки, установленное для этого района в СП. То же самое можно сказать и о других снеговых районах о. Сахалин, которые обозначены в вышеприведенном СП.

В табл. 4.3-1 показано сравнение снеговых нагрузок по участкам о. Сахалин согласно карте СП [СП 20.13330.2011, 2011] (рис. 4.3-3), и карте «Районирование территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова» (рис. 4.3-1).

Как видно из табл. 4.3-1, существенно различаются не только величина снеговой нагрузки, но и количество выделяемых участков.

Таким образом, применение карт снеговых районов, разработанных только на основе данных о снежном покрове и твердых осадках, полученных на прибрежных и долинных гидрометеорологических станциях, приводит к сильному занижению реальных величин снеговых нагрузок, что не позволяет в долговременной перспективе эффективно обеспечивать безопасные и благоприятные условия для жизнедеятельности населения.

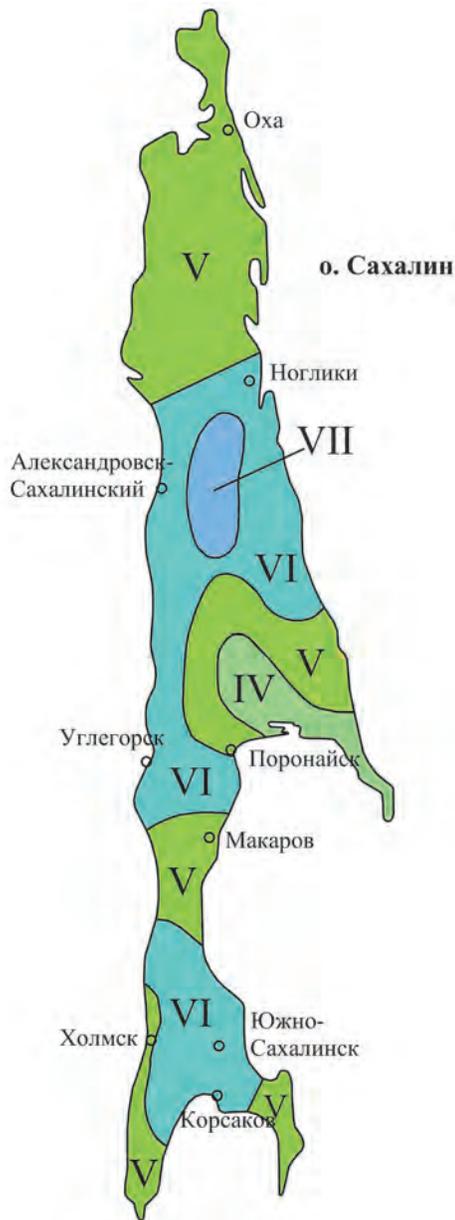


Рис. 4.3-3. Фрагмент карты СП 20.13330.2011 «Районирование территории Российской Федерации по весу снегового покрова» (дополнение 1а на о. Сахалин)

Таблица 4.3-1. Сравнение величин снеговых нагрузок по различным картам районирования о. Сахалин

Участок	Районирование по СП 20.13330.2011		Районирование по разработанной карте	
	Индекс	Величина нагрузки, кПа (кгс/м ²)	Индекс	Величина нагрузки, кПа (кгс/м ²)
Северо-Сахалинская низм.	V	3,2 (320)	IB1	4,0 (400)
			IB2	4,5 (450)
Западно-Сахалинские и Восточно-Сахалинские горы	VI	4,0 (400)	IIA1*	5,5 (550)
			IIA2*	4,5 (450)
			IIA3*	5,5 (550)
Долина р. Тымь	VII	4,8 (480)	IIIB6	6,0 (600)
Поронайская низм.	IV	2,4 (240)	IIIB2	4,0 (400)
Предгорья Западно-Сахалинских и Восточно-Сахалинских гор	V	3,2 (320)	IIIB1	3,2 (320)
			IIA2*	4,5 (450)
			IIA4*	3,2 (320)
Перешеек Поясок	V	3,2 (320)	IIA5*	5,0 (500)
Юг Камышового хр. и Сусунайская низм.	VI	4,0 (400)	IIIB2	4,5 (450)
			IIIB4	6,0 (600)
			IIIA1*	4,5 (450)
			IIIA2*	6,0 (600)
Тонино-Анивский п-ов и п-ов Крильон	V	3,2 (320)	IIIB1	4,0 (400)
			IIIB2	4,5 (450)
			IIIB3	4,8 (480)
			IIIA1*	4,5 (450)
			IIIA3*	4,3 (430)

*Примечание. Для горных подрайонов приведено значение по карте (рис. 4.3-1) без учета вертикального градиента.

ВЫВОДЫ

- В результате районирования территории о. Сахалин по расчетному значению веса снегового покрова выделено 3 снеговых области, внутри которых выделены 3 горных и 3 равнинных и прибрежных снеговых районов, которые разделяются на 24 снеговых подрайона.

- Величина снеговой нагрузки для снеговых подрайонов варьирует в пределах от 3,2 до 6,5 кПа; с учетом вертикального градиента приращения веса снегового покрова в горных снеговых подрайонах величина снеговой нагрузки может составлять более 13,0 кПа.

- Расчетные значения веса снегового покрова для центров муниципальных образований острова изменяются в пределах от 3,2 кПа (пгт Смирных) до 6,0 кПа (г. Долинск, г. Южно-Сахалинск).

- Максимальные значения прироста величины снеговой нагрузки за один снегопад для центров муниципальных образований острова составляют от 1,0 кПа (пгт Смирных, г. Корсаков, г. Анива) до 2,5 кПа (г. Томари, г. Долинск, г. Южно-Сахалинск).

ГЛАВА 5
СНЕЖНЫЕ
ЛАВИНЫ





есмотря на преимущественно низкогорный и среднегорный рельефы, территория о. Сахалин характеризуется высокой лавинной активностью. Лавины сходят ежегодно, причем не только в гористой части острова, но и с уступов морских и речных террас высотой более 10 м, а также с антропогенных склонов.

В лавиноопасных зонах острова находится большое количество социальных и промышленных объектов, а также объекты инфраструктуры; лавины практически ежегодно причиняли экономический ущерб и неоднократно вызвали человеческие жертвы. Сложные орографические условия острова ограничивают выбор площадей под размещение хозяйственных объектов, в связи с чем многие населенные пункты, автомобильные и железные дороги, а также промышленные и социальные объекты южной и центральной частей острова расположены в днищах узких долин или у подножия уступов морских террас, что приводит к высокой концентрации населения в лавиноопасных зонах.

Наблюдения за лавинами на о. Сахалин проводились эпизодически с 1920-х годов, регулярно – с 1965 г. различными организациями, в том числе Томаринским ЦБЗ, Сахалинским УГМС, лавинно-обвальнoй группой Сахалинского отделения ДВЖД, Сахалинской геологоразведочной экспедицией, Сахалинским отделением МАНПО, АНО НИЦ «Геодинамика», лабораторией лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН. Общие сведения о режиме и динамике лавинных процессов на острове приводятся в специальной литературе [Иванов, 1970; Иванов, 1971а, б; Иванов, Васильев, 1975; Иванов и др., 1980; Полунин, Бузлаев, 1984; Полунин, 1989; География лавин, 1992; Самойлюк и др., 1993; Казаков и др., 1999; Жируев и др., 2011; и пр.]. Ряд работ посвящен анализу лавинной опасности территории острова и оценке лавинного риска [Казаков, 2000; Seliverstov et al., 2008; Казакова, 2010], а также изучению произошедших здесь лавинных катастроф [Казакова, Лобкина, 2007; Kazakova and Lobkina, 2013; Podolskiy et al., 2014]. Несмотря на это, в исследовании лавинных процессов на острове существует ряд пробелов; в том числе мало изучены береговые лавинные комплексы острова, а также антропогенные лавиносоры, получившие в настоящее время достаточно широкое распространение в связи с активной хозяйственной деятельностью.

5.1. ЛАВИННАЯ ОПАСНОСТЬ о. САХАЛИН

Площадная пораженность территории о. Сахалин лавинными процессами составляет около 70%, причем даже на равнинных участках возможен сход небольших лавин с уступов морских (рис. 5.1-1, 5.1-2) и речных (рис. 5.1-3) террас, а также различных антропогенных склонов (откосы различных насыпей и выемок, бермы карьеров и т.п.) высотой более 10 м и с уклоном от 30 до 50° [Боброва, 2013].



Рис. 5.1-1. Отложения лавины, сошедшей с уступа морской террасы и перекрывшей железную дорогу и частично засыпавшей частный дом в с. Новосибирское Холмского района (западное побережье Южного Сахалина, фото Ю.В. Генсировского)



Рис. 5.1-2. Отложения двух лавин, сошедших с уступа морской террасы в марте 2011 г. севернее с. Калинино Холмского района (западное побережье Южного Сахалина)



Рис. 5.1-3. Отложения лавины, сошедшей с уступа речной террасы в 2011 г. в районе с. Взморье Долинского района (восточное побережье Южного Сахалина)

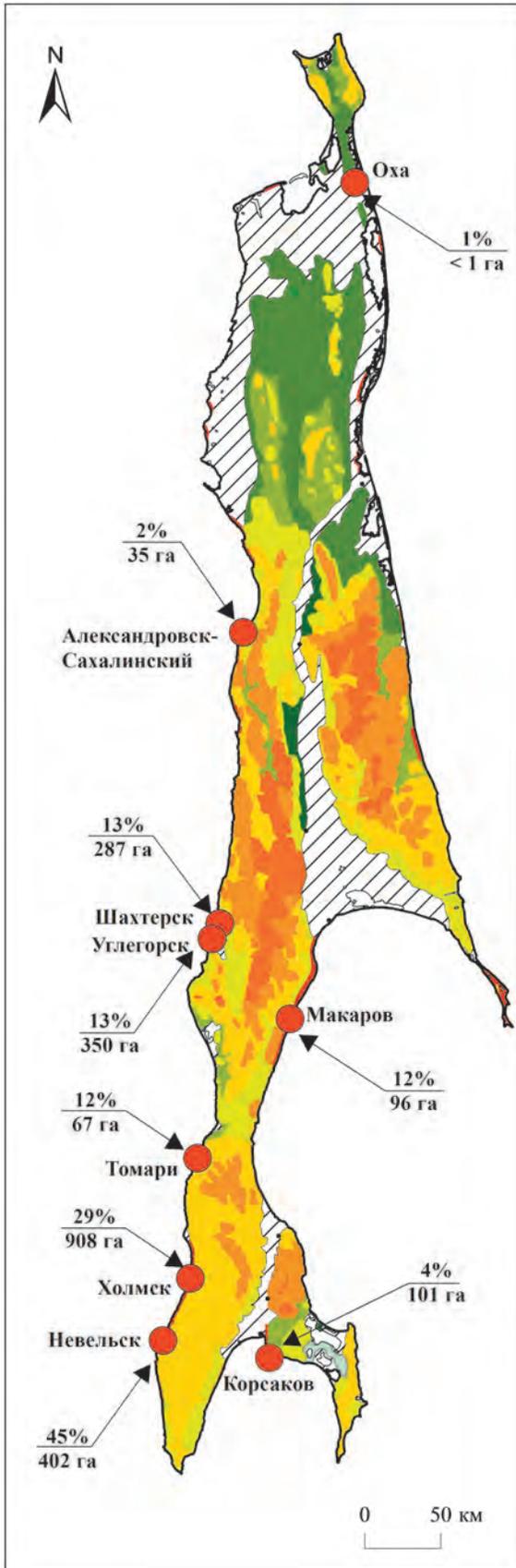
Для оценки лавинной опасности определенной территории целесообразно использовать такой параметр, как площадная пораженность лавинными процессами (это отношение площади, подверженной воздействию лавин, независимо от их характеристик, к общей площади определенной территории, например, населенного пункта).

Использование данных об объеме и повторяемости лавин для оценки лавинной опасности большой территории затруднительно. Так, например, сложно сравнить лавинную опасность двух участков, на одном из которых 2–3 раза за зимний сезон сходят лавины объемом менее 1 тыс. м³, на другом – 1 раз 20–25 лет сходят лавины объемом в млн м³.

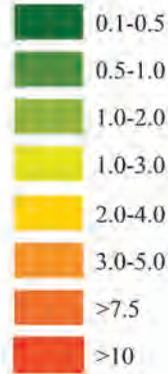
Площадная пораженность территорий городов острова лавинными процессами варьируется от 1% в г. Оха до 45% в г. Невельск (рис. 5.1-4).

Однако расчет площадной пораженности для всей территории о. Сахалин – это очень объемная и достаточно сложная работа, поскольку для корректной оценки этой величины необходимо выполнить картирование сотен тысяч лавиносборов в масштабе не менее 1:25 000. Поэтому при оценке лавинной опасности территории острова (за исключением городов) нами использован такой параметр, как среднее количество лавиносборов на пог. км речной долины или морского берега (рис. 5.1-4). Наибольших значений эта величина достигает на морских берегах и в горных частях острова (Восточно-Сахалинский и Западно-Сахалинские горы).

Воздействию лавин подвержены территории 55 населенных пунктов о. Сахалин (9 городских и 46 сельских поселений), где проживает около



Среднее количество лавиносборов на погонный километр речной долины или морского берега



● лавиноопасные города

1%
35 га
площадная пораженность территории города лавинными процессами

общая площадь лавиносборов на территории населенного пункта

▨ нелавиноопасные зоны

Рис. 5.1-4. Лавинная опасность о. Сахалин (по [Казаков, 2000; Казакова, 2010; Жируев и др., 2011])



Рис. 5.1-5. Жилые дома в г. Невельск расположены непосредственно у подножия лавиноопасных склонов

одной трети населения острова. В течение лавиноопасного сезона в зонах хозяйственной деятельности и на территории населенных пунктов острова регистрируется до нескольких тыс. лавин.

В лавиноопасных зонах населенных пунктов острова находится большое количество жилых домов, производственных сооружений и объектов социального значения. Например, в г. Невельск в лавиноопасных зонах находится около 250 жилых домов, 2 школы, детский сад и Морское училище (рис. 5.1-5).

В лавиноопасных зонах о. Сахалин находится около 180 км железных и около 200 км автомобильных дорог. Наиболее опасны участки следующих автомобильных дорог: с. Первомайское – нефтеперерабатывающий завод ЗАО «Петросах»; пгт Тымовское – г. Александровск-Сахалинский; г. Углегорск – с. Бошняково; г. Южно-Сахалинск – г. Холмск; г. Южно-Сахалинск – г. Невельск (рис. 5.1-6); с. Шебунино – г. Невельск – г. Холмск – с. Ильинский. Лавиносоры, представляющие опасность для дорог острова, в горных районах представлены большими по площади (до 10 га и более) эрозионными врезами и денудационными воронками, на побережье – склонами морских террас, осложненных небольшими эрозионными врезами и оползневыми ложбинами (площадь эрозионных врез обычно не превышает 1 га, оползневых ложбин – до 3 га) [Жируев и др., 2010].

Высокая степень лавинной опасности автомобильных и железных дорог, расположенных у подножия уступов морских террас, во многом обусловлена большим количеством лавиносоров на пог. км, которое может достигать 56 в некоторых районах на западном побережье острова (Невельский район,



Рис. 5.1-6. Расчистка автомобильной дороги г. Южно-Сахалинск – г. Невельск от лавинного завала 5 февраля 2014 г. (въезд в с. Огоньки Анивского района)

с. Ясноморское, рис. 5.4-1а). Лавиносборы здесь представляют собой узкие эрозионные врезы шириной 15–20 м.

Большинство лавиносборов, представляющих в настоящее время опасность для территорий населенных пунктов, а также автомобильных и железных дорог острова, имеют относительные высоты в пределах 100 м и площади менее 2 га, поэтому объемы лавин в них в среднем не превосходят первых тыс. м³. Тем не менее, поскольку в большинстве случаев эти объекты находятся непосредственно у подножия уступов морских террас либо в днищах узких долин, то даже лавины, сходящие из лавиносборов с относительной высотой 10 м, вызывают экономический ущерб и приводят к человеческим жертвам.

5.2. УЩЕРБ ОТ ЛАВИН НА о. САХАЛИН

Лавины на о. Сахалин практически ежегодно причиняют экономический ущерб, заключающийся в завалах автомобильных и железных дорог, повреждении и разрушении производственных сооружений и жилых домов.

За период отечественных наблюдений за лавинами острова (Северный Сахалин – с 1928 по 1945 гг., вся территория острова – с 1945 по 2016 гг.) было зарегистрировано 135 случаев попадания людей в лавины. В лавины попал 641 человек, 302 из них погибли (рис. 5.2-1). В японский период (1905–1945 гг.) на о. Сахалин в лавины попали более 500 человек, более 400 из них погибли. Кроме того, произошли две лавинные катастрофы, в которых погибли соответственно 36 и 41 человек [Podolskiy et al., 2014]. Около 60% случаев попадания людей в лавины произошло на территории

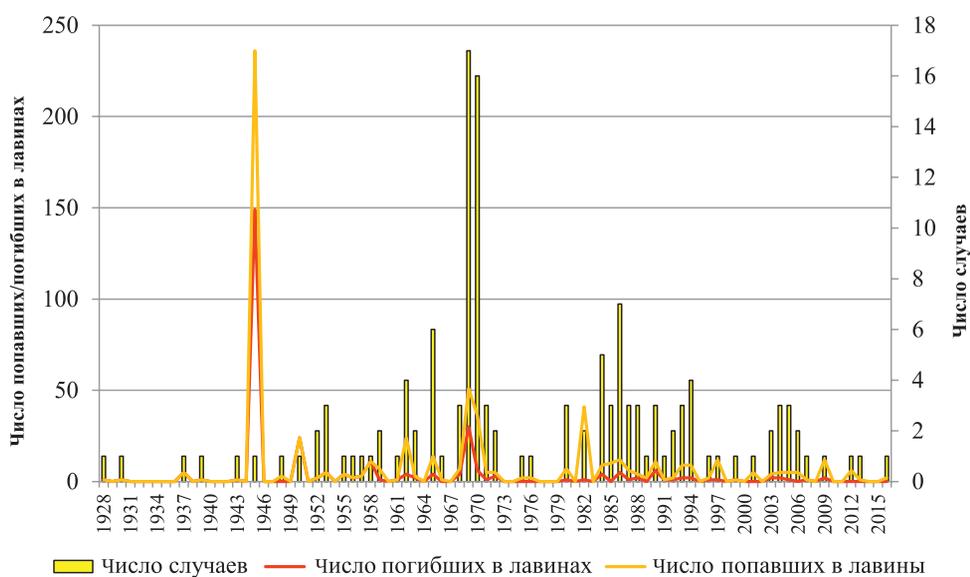


Рис. 5.2-1. Распределение по годам числа случаев и числа жертв катастрофических лавин на о. Сахалин (1928–2016 гг.)

населенных пунктов, а еще около 20% – на автомобильных и железных дорогах.

Самая крупная из зарегистрированных лавинных катастроф о. Сахалин и всего бывшего СССР произошла 9 февраля 1945 г. в поселке Средняя Медвежка (Александровский район, рудник «Октябрьский»). Лавина объемом 170 тыс. м³, сошедшая из лоткового лавиносбора на склоне г. Маяк, разрушила 6 жилых домов и 3 объекта социально-бытового значения; в лавину попали 236 человек, 149 из них погибли. Ранее, в 1937 г. на поселок сошла лавина, в которой погибли 5 человек.

На территории острова зарегистрирован ряд случаев, когда в лавину попадали 10 и более человек.

Так, в 1950 г. в с. Неводское (Томаринский район) лавиной, сошедшей со склона морской террасы, было разрушено два барака, погибли 24 человека. Перепад высот лавиносбора составляет 35 м, средний уклон – 32°.

На железных дорогах острова неоднократно фиксировались случаи, когда жертвы были вызваны сходом повторной лавины при расчистке лавинного завала. Например, такой случай произошел 16 января 1958 г. на перегоне с. Пятиречье – с. Камышево (11 человек погибли) и 31 декабря 2009 г. на железной дороге г. Южно-Сахалинск – г. Оха в районе с. Взморье (12 человек попали в лавину, 2 из них погибли).

Во время метели 19–21 января 1962 г. в Александровском районе произошли две лавинные катастрофы: в п. Октябрьский сошло 8 лавин, был засыпан трактор, повалено 7 столбов ЛЭП, разрушен первый этаж двухэтажного дома, эвакуированы 40 человек, в лавины попали 10 человек; в с. Комсомольское было повреждено здание, в лавины попали 10 человек, 3 из них погибли.

В г. Холмск 6 февраля 1969 г. на ул. Мичурина было разрушено 2 складских помещения, в лавины попали 12 человек.

В 1997 г. в п. Синегорск в лавину попали 12 человек, 1 из них погиб.

Преобладающее число катастрофических лавин (то есть лавин, вызвавших значительный материальный ущерб и/или человеческие жертвы [Гляциологический словарь, 1984]) сошло со склонов, относительные высоты которых колебались в пределах 50–100 м, и имели объемы менее 5 тыс. м³, причем в ряде случаев гибель людей вызывали лавины объемом не более 50 м³ [Казакова, Лобкина, 2007].

В последние годы ущерб от лавин на о. Сахалин заключается главным образом в завалах автомобильных и железных дорог, проходящих под уступами морских или речных террас, а также попадании туристов в небольшие лавины, чаще всего антропогенные. Это связано с сокращением после 1990-х годов хозяйственной деятельности в гористых районах острова (в том числе, с прекращением работы леспромхозов, которые несли от лавин значительные ущербы).

В истории лавинных катастроф, произошедших на о. Сахалин, можно выделить четыре периода (рис. 5.2-2):

первый период (1905–1945 гг., территория южнее 50-й параллели, принадлежала Японии), в лавины попали более 500 человек; происходили крупные лавинные катастрофы (более 30 жертв) [Podolskiy et al., 2014], сведений о лавинах мало;

второй период 1928 г. (территория южнее 50-й параллели) и 1945 г. (вся территория острова) – 1970-е гг.), до начала исследования лавинных процессов на острове и принятия мер по защите от лавин произошли крупные лавинные катастрофы с большим количеством жертв (10 и более человек), разрушение лавинами населенных пунктов (рис. 5.2-2);

третий период (1970–2000 гг.), проводились работы по исследованию лавин, картографированию лавиносборов, контролю за проектно-исследовательскими работами (оценка лавинной опасности территории, принятие мер по лавинной защите), принимались государственные документы по обеспечению лавинной безопасности, были созданы подразделения по предупреждению лавинной опасности (снеголавинная служба Сахалинского УГМС, Сахалинского отделения ДВЖД и др.), что привело к снижению количества жертв от катастрофических лавин (рис. 5.2-2);

четвертый период (после 2000 г.), при общем уменьшении количества лавинных катастроф наблюдается увеличение числа туристов, в том числе

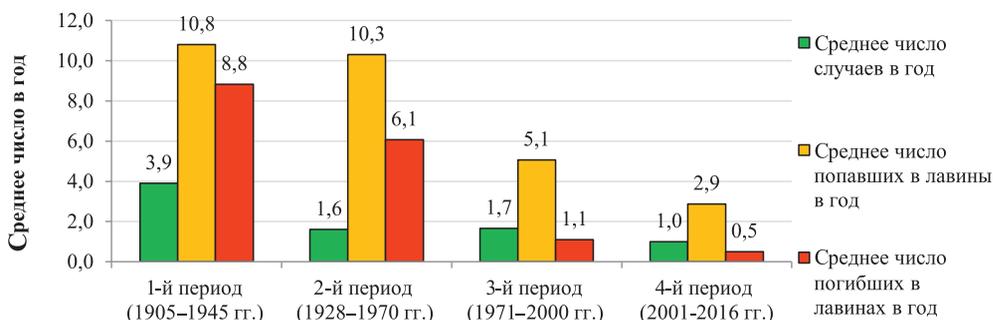


Рис. 5.2-2. Динамика лавинных катастроф на о. Сахалин (1928–2016 гг.)

горнолыжников и сноубордистов, попадающих в лавины, что связано с активным развитием туризма на острове в последние годы.

В связи с уменьшением хозяйственной деятельности и оттоком населения в последние годы количество лавинных катастроф уменьшилось. Тем не менее, о. Сахалин остается одной из наиболее лавиноопасных территорий России по степени поражения населения. На острове существуют все условия для повторения лавинных катастроф с большим числом жертв и значительным ущербом.

5.3. ЛАВИННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА о. САХАЛИН

Широкое распространение снежных лавин на о. Сахалин обусловлено, главным образом, благоприятным сочетанием следующих условий: большая глубина расчленения рельефа (200–700 м), оптимальные для лавинообразования уклоны (30–45°), обильные зимние осадки, большая продолжительность зимнего сезона (от 5 месяцев в долинах и прибрежной части острова до 8 месяцев в горах).

Количество осадков за холодный период (ноябрь – март) колеблется от 160–200 мм на севере острова до 200–300 мм на юге и 500–1 200 мм в горах [Монастырский, 1971].

Снежный покров на острове появляется в конце октября – начале ноября, а устойчивым становится в первой декаде декабря в северных и центральных районах острова и в третьей декаде декабря в южных районах. Однако в горах снежный покров становится устойчивым уже в конце октября – начале ноября. Максимальных значений высота снежного покрова достигает во второй – третьей декаде марта, достигая в горах в особо многоснежные годы 250–400 см. Снежный покров в горах исчезает в начале – середине мая на юге острова и в конце мая – на севере [Казаков, 2000].

Лавиноопасный период длится от пяти месяцев в прибрежной части Южного Сахалина, до восьми месяцев – в горной части острова.

Важнейшую роль в лавинообразовании на о. Сахалин играет сублимационная перекристаллизация снежного покрова [Казаков и др., 1999; Древилло и др., 2000; Казаков, 2000]. При формировании в снежной толще слоев, сложенных ледяными кристаллами стадии конструктивного метаморфизма, сход лавин зачастую вызывается незначительными внешними причинами. Например, в Восточно-Сахалинских горах, в Мицульском хребте и на юго-западном побережье Татарского пролива отмечались случаи массового схода лавин генетического класса смешанного снега (нового и перекристаллизованного), когда триггером становились слабые снегопады (5–10 мм осадков за сутки во время низовой метели средней интенсивности при скорости ветра 10–15 м/с). Объем лавин в этих случаях достигал 6–10 тыс. м³ [Казаков, 2000].

5.3.1. Природные лавинные комплексы

Характер и степень воздействия лавин на население и хозяйственные объекты зависят от объемов лавин и их динамических характеристик (главным образом, от дальности выброса лавины и ее воздушной волны, определяющей нижнюю границу лавиноопасной зоны, и давления лавины на

Таблица 5.3-1. Характеристики ПЛК о. Сахалин
(по: [Казаков, 2000; Казакова, 2014])

Тип ПЛК	Абс. высота	Средняя площадь лавиносборов	Количество лавиносборов на пог. км	Объем лавин	
				сред.	макс.
Горный	от 100 до 1600 м	от 1 до 20 га	более 7,5	до 15 тыс. м ³	более 1 млн. м ³
Террасовый	от 10 до 200 м	от 0,1 до 6 га	до 56	от 500 м ³ до 1,5 тыс. м ³	до 30 тыс. м ³
Равнинный	до 250 м	0,1–0,2 га	от 0,1 до 2	100–500 м ³	до 2 тыс. м ³

препятствие, определяющего уязвимость объектов и сооружений при воздействии на них лавинного тела). Значения этих параметров обусловлены морфометрическими характеристиками лавиносборов, которые, в свою очередь, определяют геологическое строение территории [Казаков, 2000].

Природные лавинные комплексы о. Сахалин можно разделить на три основных типа: горный, террасовый и равнинный [Казаков, 2000], основные характеристики которых приведены в табл. 5.3-1.

Наибольшие объемы лавин характерны для горных лавинных комплексов, что обусловлено большими площадями лавиносборов и большей толщиной снежного покрова в лавиносборах, чем в прибрежной или равнинной частях острова.

Однако ущерб чаще причиняют лавины небольшого объема, сходящие со склонов морских и речных террас, что вызвано расположением территорий населенных пунктов и хозяйственных объектов преимущественно в береговой части острова и в днищах речных долин. Лавины большого объема (более 500 тыс. м³) сходят преимущественно в практически не затронутых в настоящее время хозяйственной деятельностью районах (Западно- и Восточно-Сахалинские горы, Сусунайский хребет и т.п.).

5.3.2. Антропогенные лавинные комплексы

В настоящее время активная хозяйственная деятельность приводит к изменению ПЛК, увеличивая их лавинную опасность, а в некоторых случаях – к созданию новых, ранее не существовавших, антропогенных лавинных комплексов. Последние представляют собой искусственно созданные склоны – откосы различных насыпей и выемок, бермы карьеров и т.п. Создание антропогенных лавинных комплексов увеличивает площадную пораженность территории лавинными процессами, что затрудняет ведение хозяйства и повышает лавинную опасность для населения. Проблема схода лавин с искусственных склонов в разных регионах России неоднократно поднималась в литературе [Арсеньев, 1973; Красносельский, 1975; Зюзин, 2006; Генсиоровский, 2011; Селиверстов, 2013; Сократов и др., 2013; Боброва, 2013].

Несмотря на то, что в большинстве случаев антропогенные лавиносборы имеют небольшие относительные высоты (обычно 10–50 м), а объемы лавин

здесь редко превышают 1 тыс. м³, эти лавины неоднократно вызвали экономический ущерб, а также приводили к человеческим жертвам [Казакова, Боброва, 2015].

Во многих районах о. Сахалин за счет подрезки склонов, обычно при строительстве автомобильных или железных дорог, образуются скальные обрывы относительной высотой 20–100 м и крутизной 50–80°. Для них характерны карнизные и прыгающие лавины, формирующиеся в верхней, более пологой части склона. Объемы таких лавин обычно не превышают 200 м³, а повторяемость лавин не превышает 1 раза за зиму.

Кроме того, в некоторых случаях при строительстве автомобильных и железных дорог у подножия склона происходит увеличение его крутизны до 30–45°, что приводит к появлению лавиноопасного осовного склона. Относительные высоты таких лавиносборов на острове имеют достаточно широкий диапазон и составляют от 20 до 100 м. Средние объемы лавин здесь составляют 0,05–1,00 тыс. м³, а максимальные могут достигать 15 тыс. м³. Такой лавиносбор, например, был создан к северу от г. Макаров (рис. 5.4-1г). При выравнивании профиля склона были созданы условия для формирования лавин с большими значениями динамических характеристик: склоны относительной высоты 100 м имеют постоянный уклон 45°. Непосредственно у подножия склона находится железная дорога Южно-Сахалинск – Оха, а также проходящая параллельно ей автодорога, в связи с чем лавины с данного осовного склона представляют большую опасность для железнодорожного и автомобильного транспорта.

Очевидно, что объемы и динамические характеристики лавин с подобных склонов имеют небольшие значения, однако даже лавина объемом 200–300 м³ представляет опасность для человека. Так, на о. Сахалин за период с 1928 по 2016 г. в лавины объемами менее 300 м³ попали 32 человека, 10 из них погибли. Неоднократно фиксировалось попадание людей в лавины объемом 10 м³.

5.4. БЕРЕГОВЫЕ ЛАВИННЫЕ КОМПЛЕКСЫ о. САХАЛИН

В настоящее время на о. Сахалин наибольшее воздействие на хозяйственную деятельность оказывают лавины береговых лавинных комплексов, что связано с расположением населенных пунктов, объектов инфраструктуры и промышленных объектов вдоль морских берегов острова, преимущественно у подножия уступов морских террас.

Лавины береговых лавинных комплексов представляют опасность для территорий 33 населенных пунктов острова, а также для автомобильных и железных дорог регионального и межмуниципального значения на протяжении более 500 км. Помимо экономического ущерба, причиненного повреждением и разрушением зданий и сооружений, а также завалами дорог, такие лавины наносят урон местному населению: за последние 85 лет в сошедшие с уступов морских террас лавины попали 82 человека, 48 из них погибли. Необходимо отметить, что наибольшее количество лавинных катастроф на острове за последние 110 лет произошло на западном побережье Южного Сахалина [Казакова, Лобкина, 2007; Podolskiy et al., 2014].

Опасность формирующихся в береговых лавинных комплексах лавин часто недооценивается в связи с низкими относительными высотами лавиносборов, составляющими в большинстве случаев не более 100 м, а также с незначительными средними объемами лавин (50–500 м³). Однако вследствие широкого распространения и высокой частоты схода эти лавины оказывают ощутимое влияние на население и хозяйство приморских территорий.

Под береговыми лавинными комплексами нами понимаются совокупности лавиносборов, расположенные на уступах аккумулятивных, цокольных и абразионных морских террас, а также приморских пологонаклонных равнин; скальных абразионных уступах, для которых характерны карнизные и прыгающие лавины. Нами не рассматриваются лавинные комплексы гористых берегов, представленные обращенными к морю склонами горных хребтов (например, хр. Жданко), так как они не отличаются от лавинных комплексов горных районов.

Морские террасы широко распространены на о. Сахалин и занимают более 45% протяженности его берегов. Террасированное побережье окаймляет обращенные к морю склоны Западно- и Восточно-Сахалинских гор, Сусунайского, Тонино-Анивского, Западного хребтов, Корсаковского плато на юге о. Сахалин. Террасы расположены на значительных площадях Муравьевской низменности и п-ва Терпения, на участках перехода от горных хребтов к прибрежным низменностям в северной части острова; на берегах залива Терпения [Александров, 1973; Микишин, 1991; Атлас береговой зоны Сахалина, 2002].

Береговые лавинные комплексы о. Сахалин мало изучены: существует ряд работ, в которых встречаются сведения о лавинных процессах на морских берегах острова [Иванов, 1971а; Исаенко, Марин, 1971; Володичева, 1971; География лавин, 1992; Казаков, 2000; Жируев и др., 2011; Podolskiy, 2013], однако в них не приводятся конкретные данные о характеристиках лавин. В то же время, за период наблюдения за лавинными процессами на о. Сахалин (эпизодически проводилось с 1920-х гг., регулярно – с 1965 г.) накоплен значительный фактический материал о лавинах, формировавшихся в береговых лавинных комплексах острова (морфологические типы и объемы лавин, их генезис, влажность снега, форма площади отрыва и т.п.). Однако обобщения этого материала не проводились.

В связи с активной хозяйственной деятельностью, проводимой на морских берегах острова в лавиноопасных зонах, в настоящее время возникла необходимость в получении более подробных и полных данных о лавинных процессах.

5.4.1. Классификация береговых природных и антропогенных лавинных комплексов

Береговые природные и антропогенные лавинные комплексы о. Сахалин имеют ряд характерных особенностей, в результате чего их можно рассматривать как специфический класс:

- абсолютная высота склонов не превышает 200 м, что позволяет не учитывать вертикальный градиент осадков при расчете лавинообразующих сумм осадков;

- высокая степень перекристаллизации снежной толщи (коэффициенты перекристаллизации достигают значений 0,85–1,00), что связано с относительно небольшой высотой снежного покрова и повышенной влажностью воздуха;

Таблица 5.4-1. Таксономические уровни классификации береговых лавинных комплексов и признаки их выделения

Таксономический уровень	Принцип выделения уровня		Лавинные комплексы/лавиносоры
Класс	Форма рельефа		Морские террасы
Подкласс	Преобладание на участке морской террасы определенного типа экзогенного геологического процесса, формирующей лавиносоры		<p>Участок морской террасы, где лавиносоры сформированы преимущественно:</p> <ul style="list-style-type: none"> • эрозионными процессами; • оползневыми процессами; • абразией; • антропогенной деятельностью; • без выраженного воздействия этих процессов.
Тип	Геоморфологическое строение участка морской террасы		Ряд соседних лавиносоров, имеющих одинаковую экспозицию и общую зону сноса снега ветром и в которых при значительной высоте снежного покрова возможен сход лавины с линией отрыва, охватывающей несколько смежных лавиносоров
Подтип	Морфологическое строение отдельного лавиносора (по [Божинский, Лосев, 1987])		<p>Лавиносоры:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 (осовные склоны).
Вид*	Морфометрические характеристики лавиносоров	Относительная высота лавиносора	<p>Лавиносоры:</p> <ul style="list-style-type: none"> • очень низкие (< 20 м); • низкие (20–50 м); • средние (50–100 м); • высокие (100–200 м).
		Уклон зон зарождения и транзита лавин	<p>Лавиносоры:</p> <ul style="list-style-type: none"> • крутые (30–45°); • пологие (25–30°).

*Примечание. Вид лавинного комплекса определяется этими двумя величинами, т.е. лавиносор относительной высотой 30 м и уклоном 35° будет отнесен к виду лавинных комплексов – «низкие крутые».

- 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);
- растительный покров обычно представлен 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 и резким выполаживанием в зоне аккумуляции и отсутствием поворотов (что влияет на динамику лавины, форму тела лавины, размеры его головной части, дальность и направление выброса лавины).

Параметры лавин (объем, значения динамических характеристик, ширина лавиноопасной зоны и т.п.), а также особенности снегонакопления и метаморфизма снежного покрова зависят от морфологического строения лавиносбора. Последнее обуславливается преобладающим типом экзогенного геологического процесса, воздействующего на уступы морских террас и формирующего лавиносборы. Очевидно, что доминирование зависит от геологического строения территории, однако в малоизученных районах без дополнительных изысканий выявить тип экзогенного процесса проще, чем определить геологическое строение территории.

Нами разработана классификация береговых лавинных комплексов, выполненная на основе геоморфологических факторов, влияющих на характеристики лавинного режима, объем лавин и их динамические характеристики. Таксономические уровни классификации и принципы их выделения приведены в табл. 5.4-1. Лавинные комплексы, относящиеся к разным подклассам, показаны на рис. 5.4-1.

Классификация разработана на примере Южного Сахалина, вся территория которого относится к Южно-Сахалинской климатической области. Метеорологические факторы лавинообразования здесь относительно близки, поэтому не учитываются в приведенной классификации.

В табл. 5.4-2 представлен полный вид классификации на примере береговых лавинных комплексов Южного Сахалина.

5.4.2. Расчет лавинных характеристик

Для каждого вида лавинных комплексов определены морфометрические параметры лавиносборов (ширина, площадь, средний уклон), средние и максимальные объемы лавин, их повторяемость и преобладающие генетические классы лавин. Эти характеристики определялись на основе полевых наблюдений, проводившихся сотрудниками Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, а также картографических данных и архивных материалов.

Кроме того, для каждого вида лавинных комплексов рассчитаны значения пикового давления лавины на препятствие (по методике К.С. Лосева, А.Н. Божинского и В.Ф. Граковича [Лосев и др., 1991]), которое определяет уязвимость объектов и сооружений при воздействии на них лавинного тела,

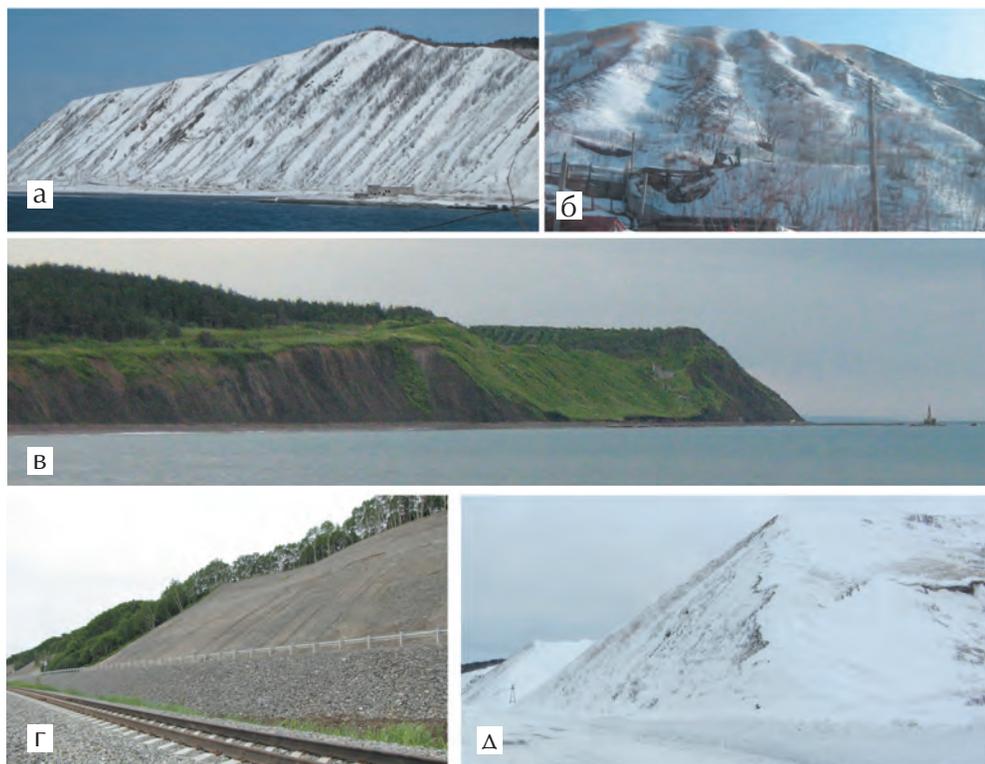


Рис. 5.4-1. Подклассы береговых лавинных комплексов: а – участок морской террасы, где лавиносоры сформированы преимущественно эрозионными процессами; б – оползневыми процессами; в – абразией; г – антропогенной деятельностью; д – без выраженного воздействия этих процессов

и максимальная дальность выброса лавины (по методике С.М. Козика [Козик, 1962], определяющая границы лавиноопасной зоны.

Одной из наиболее важных задач при оценке лавинной опасности территории является расчет динамических характеристик лавин. Наиболее важными характеристиками, определяемыми при решении прикладных задач, являются дальность выброса лавины, фиксирующая границу лавиноопасной зоны, и давление лавины на препятствие, характеризующее уязвимость объектов и сооружений при воздействии на них лавинного тела.

В настоящее время существует достаточно большое количество как отечественных [Козик, 1962; ВСН 02-73], так и зарубежных [Perla, Cheng, McClung, 1980; Voellmy, 1955; Salm, 2004; Christen, Bartelt, Kowalski, 2010] математических моделей движения лавин, а также ряд методов, основанных на применении эмпирических коэффициентов [Аккуратов и др., 1967; Рунич, 1972; Благовещенский, 1974 и др.]. Однако большинство моделей неприменимо для расчета дальности выброса лавин генетического класса перекристаллизации снежной толщи [Казаков, 2000], а именно такие лавины имеют максимально возможные дальности выброса и скорости, и, соответственно, представляют наибольшую опасность для населения и хозяйства.

По различным методикам нами были рассчитаны значения скорости, давления и дальности выброса лавин разных генетических классов для

лавин из нескольких лавиносборов о. Сахалин. Сравнение полученных значений с фактическими данными позволило выбрать модели, дающие наиболее корректные результаты для острова [Казакова, 2009, 2011; Боброва, 2011].

Для расчета предельной дальности выброса лавин предпочтительнее использовать графоаналитический метод С.М. Козика [Козик, 1962]. Лавина представлена как материальная точка с поправкой на коэффициент трения. Границы предельной дальности выброса лавин определяются на основе продольного профиля лавиносбора и критического угла $16,7^\circ$. Поскольку в этой модели на лавину практически не действует никакая сила, препятствующая ее движению, эта методика дает максимально возможное значение, а не дальность выброса лавин частой повторяемости, что очень важно при определении границ лавиноопасной зоны.

Наиболее близкие к фактическим значениям скорости лавины получены при расчете по методике К.С. Лосева, А.Н. Божинского и В.Ф. Граковича [Лосев и др, 1991], используемой при отсутствии экспериментальных данных:

$$U = K_L \sqrt{2g(\sin\alpha - f_L \cos\alpha)S_a}, \quad (5.1)$$

где K_L – коэффициент, принимающий значение 0,5 для канализованных (лотковых) лавин, и 0,3 – для неканализованных (осовов);

α – средний угол наклона склона на протяжении от наивысшей точки отрыва по наибольшему уклону до точки, в которой уклон равен 23° или до любой точки выше нее;

f_L – коэффициент трения;

S_a – длина пути лавины до точки расчета скорости лавины.

Пиковое давление лавины на препятствие предпочтительно рассчитывать по методике К.С. Лосева, А.Н. Божинского и В.Ф. Граковича [Лосев и др., 1991]:

$$P_n = \rho U u_3 \sin\alpha, \quad (5.2)$$

где ρ – плотность лавины;

u_3 – скорость звука в снеговоздушной среде (в лавинном теле), α – угол подхода лавинного потока к препятствию.

На рис. 5.4-2 показана зависимость расчетного пикового давления лавины на препятствие от относительной высоты лавиносбора при уклонах 30° , 35° , 40° и 45° – для лотковых и осовных лавиносборов. Эти зависимости могут быть использованы для определения возможного пикового давления лавины на препятствие при первичной полевой оценке лавинной опасности территории в лавинных комплексах морских террас.

5.4.3. Карта-схема береговых лавинных комплексов Южного Сахалина

На основе классификации была составлена карта-схема береговых лавинных комплексов Южного Сахалина в масштабе 1:1 000 000 (рис. 5.4-3) с врезкой в масштабе 1:100 000 для наиболее лавиноопасного участка за-

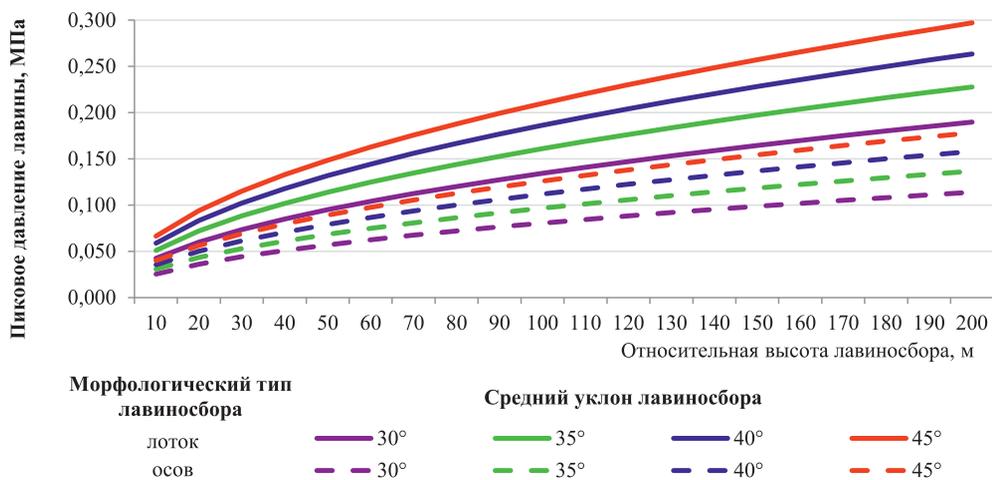


Рис. 5.4-2. Зависимость расчетного пикового давления лавины на препятствии от относительной высоты лавиносбора при уклонах 30°, 35°, 40° и 45° – для лотковых и осовых лавиносборов

падного побережья Южного Сахалина, расположенного между с. Шебунино и г. Невельск (рис. 5.4-4). Этот участок является одним из наиболее лавиноопасных участков морских берегов Южного Сахалина: протяженность лавиноопасной зоны составляет 83% протяженности берега.

Карта-схема позволяет оценить степень лавинной опасности для населения и хозяйства на ранних стадиях проектирования и при работах по территориальному планированию селитебных зон без проведения полевых работ, поскольку тип лавинного комплекса определяет характер воздействия на объекты и сооружения. Параметры лавин для каждого вида лавинных комплексов приведены в табл. 5.4-2.

На карте-схеме отмечены зоны сноса снега ветром, входящие в лавинный комплекс, что позволяет определить участки с повышенной опасностью обрушения снежных карнизов и повышенной частотой схода лавин.

Карта-схема имеет масштаб 1:100 000, достаточный для того, чтобы оценить наличие и протяженность лавиноопасных участков для линейных объектов, населенных пунктов, крупных промышленных объектов, а также рекреационных зон.

Воздействию лавин, сходящих в береговых лавинных комплексах острова, наиболее подвержены населенные пункты и объекты инфраструктуры, расположенные на западном побережье Южного Сахалина, а именно – территории г. Невельск и г. Холмск, ряда сел (Яблочное, Зырянское, Калинино, Ясноморское, Шебунино, Горнозаводск и др.), а также автодороги регионального и межмуниципального (г. Томари – г. Холмск – г. Невельск) и местного значения (г. Невельск – с. Шебунино и т.п.). Кроме того, такие лавины регулярно причиняют ущерб железным дорогам, проходящим у подножия морских террас на западном и восточном побережьях острова (в Томаринском, Невельском, Макаровском районах).

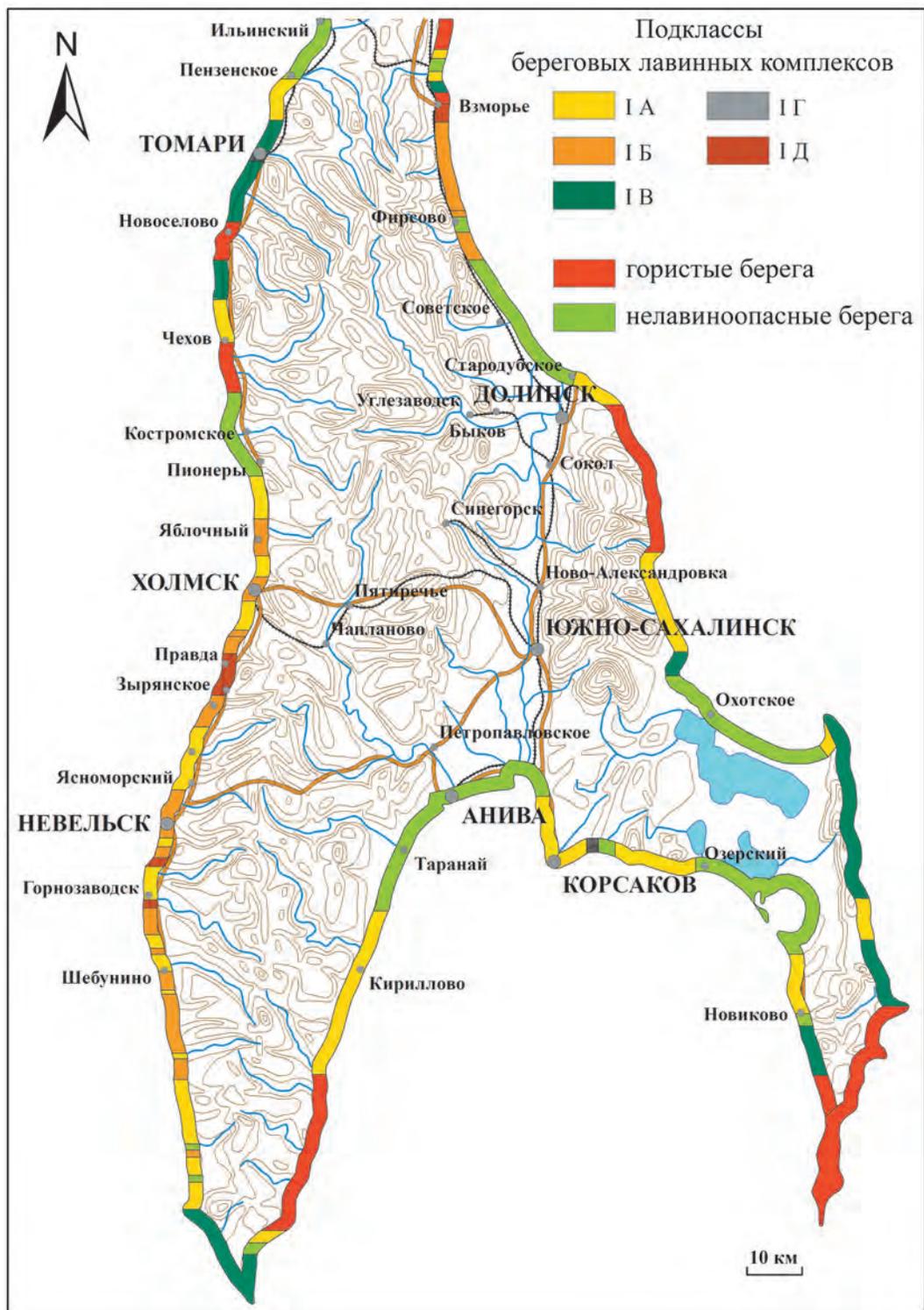
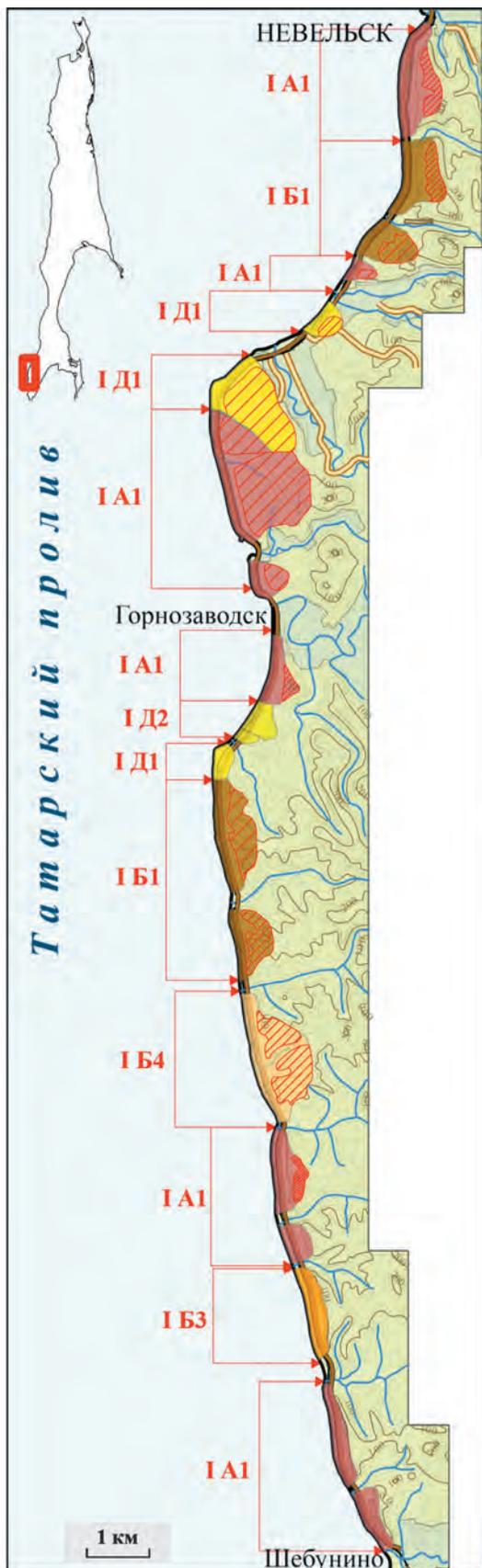


Рис. 5.4-3. Карта-схема береговых лавинных комплексов Южного Сахалина в масштабе 1:1 000 000. Цифрами и буквами обозначено: I А – участок морской террасы, где лавиносборы сформированы эрозийными процессами; I Б – оползневыми процессами; I В – абразией; I Г – антропогенной деятельностью; I Д – без выраженного воздействия этих процессов



**Природные лавинные комплексы
морских берегов
Класс I - морские террасы**

Подкласс		Тип	
I A	участок морской террасы, где лавиносорбы сформированы эрозионными процессами	IA1	узкие эрозионные врезы (желоба)
		IB1	глубокие широкие оползневые ложбины (мульды)
I B	участок морской террасы, где лавиносорбы сформированы оползневыми процессами	IB2	чередование воронок и осовных склонов
		IB3	воронкообразные лотки
		IB4	воронки и мульды
		IV	скальные обрывы
I B	участок морской террасы, где лавиносорбы сформированы абразией	IV1	скальные обрывы
I Г	участок морской террасы, где лавиносорбы сформированы антропогенной деятельностью	IG1	скальные обрывы
		IG2	крутые ровные осовные склоны
I Д	участок морской террасы, где лавиносорбы сформированы без выраженного воздействия экзогенных геологических процессов	ID1	отдельные прямоугольные осовные склоны
		ID2	треугольные осовные склоны

IA1 → граница и номер типа природного лавинного комплекса

Уклон зон сноса снега ветром, градусы

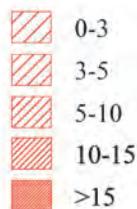


Рис. 5.4-4. Карта-схема береговых лавинных комплексов юго-западного побережья Южно-Сахалина в масштабе 1:100 000

Таблица 5.4-2. Береговые лавинные комплексы (на примере Южного Сахалина)

Класс	ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ				Морфометрические параметры лавиносбора				Объем лавин, тыс.м	Преобладающий генетический класс лавин*	Повторяемость лавин, раз в год	Расчетное пиковое лавинное давление на препятствие, МПа	Расчетная максимальная высота лавин, м	
	Подкласс	Тип	Подтип	Вид	Относительная высота, м	Уклон зон зарождаения лавин, град.	Ширина, м	Площадь, га						Сред.
Лавинные комплексы морских террас	Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы эрозийными процессами	Узкие эрозийные врезы	Врез	Нижние крутые	<50	30-45	15-30	0,1-0,2	0,05-0,10	0,50	Н	1-10	0,042-0,148	35-170
					50-100	30-45	15-30	0,1-0,4	0,05-0,30	2,00	Н	1-10	0,095-0,210	170-335
	Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы оползневыми процессами	Глубокие широкие оползневые ложбины (мульды)	Мульда	Нижние крутые	30-50	30-45	30-50	0,2-0,5	0,05-0,50	5,00	С	1-5	0,073-0,148	100-170
					50-100	30-45	30-100	0,5-1,0	0,05-1,00	15,00	С	1-5	0,095-0,210	170-335
	Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы оползневыми процессами	Чередование воронок и небольших треугольных осевых склонов в нижней части склона	Воронка	Высокие крутые	100-150	30-45	50-130	0,7-1,5	0,05-1,50	20,00	С	1-5	0,134-0,258	335-500
					100-150	30-35	80-120	0,7-1,5	0,05-0,10	25,00	Н	1-5	0,134-0,197	335-500
	Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы оползневыми процессами	Оползневые воронки	Осевой склон	Нижние крутые	30-50	35-40	40-80	0,2-0,5	0,05-0,5	6,00	Н	1-5	0,053-0,079	100-170
					150-200	30-45	-	2,0-5,0	0,10-1,00	30,00	С	1-5	0,164-0,297	500-700
					100-150	30-45	30-70	0,8-1,5	0,05-1,00	15,00	С	1-5	0,134-0,285	335-500
					100-150	30-45	20-40	0,5-1,0	0,05-0,50	10,00	С	1-5	0,134-0,285	335-500
Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы абразией	Скальные обрывы	-	-	50-100	50-80	-	-	0,05-0,10	0,30	-	-	<1	-	-
				20-100	50-80	-	-	0,05-0,10	0,20	-	<1	-	-	-
Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы антропогенной деятельностью	Крутые ровные осевые склоны	Осевой склон	Нижние крутые	20-50	30-45	50-200	0,5-3,0	0,05-0,30	8,00	С	1-5	0,036-0,089	70-170	
				50-100	30-45	50-200	1,0-6,0	0,10-1,00	15,00	С	1-5	0,057-0,126	170-335	
Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы без выраженного воздействия экзогенных геологических процессов	Отдельные прямоугольные осевые склоны	Осевой склон	Средние крутые	<20	25-30	50-200	0,1-1,5	1,00	2,00	С	0,5-1	0,020-0,036	35-70	
				<20	30-45	80-300	0,2-1,2	0,10-0,50	3,00	С	1-5	0,025-0,056	35-70	
				20-50	25-30	50-200	0,3-2,5	0,50-1,00	10,00	С	0,5-1	0,029-0,057	70-170	
				20-50	30-45	80-300	0,5-3,0	0,10-0,80	8,00	С	1-5	0,036-0,089	70-170	
Участок морской террасы, где лавиносборы сформированы без выраженного воздействия экзогенных геологических процессов	Отдельные треугольные осевые склоны	Осевой склон	Средние крутые	50-100	30-45	80-300	1,0-6,0	0,10-1,00	15,00	С	1-5	0,057-0,126	170-270	
				50-80	30-45	200	0,4-0,6	0,10-1,00	10,00	С	1-5	0,057-0,113	170-270	

*Примечание. Буквами обозначен генетический класс лавин: Н – лавины нового снега (свежевыпавшего и метелевого); С – лавины смешанного снега (пере-кристаллизованного и свежевыпавшего, метелевого, либо мокрого снега).

ВЫВОДЫ

- За период отечественных наблюдений за лавинами о. Сахалин (Северный Сахалин – с 1928 по 1945 гг., вся территория острова – с 1945 по 2016 гг.) было зарегистрировано 135 случаев попадания людей в лавины (641 человек попал в лавины, из них 302 погибли).
- В лавиноопасных зонах о. Сахалин находится 55 населенных пунктов (9 городских и 46 сельских поселений) и проходит около 400 км автомобильных и железных дорог.
- Самый лавиноопасный город острова – Невельск, где площадная пораженность территории лавинными процессами составляет 45% от территории города.
- На о. Сахалин ущерб чаще причиняют лавины небольшого объема, сходящие со склонов морских и речных террас, а не сходящие в горной части лавины большого объема, что вызвано расположением территорий населенных пунктов и хозяйственных объектов преимущественно в береговой части острова и в днищах речных долин.
- Наибольшему воздействию лавин подвержены населенные пункты и объекты инфраструктуры, расположенные у подножия уступов морских террас на западном и восточном побережьях о. Сахалин в Невельском, Холмском, Томаринском и Макаровском районах.

ГЛАВА 6 КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СНЕГООПАСНОСТИ





од термином «опасность» нами понимается показатель активности опасных процессов, протекающих на данной территории объективно, вне зависимости от степени ее освоенности [Казаков, 2015].

6.1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СНЕГООПАСНОСТИ

Для каждого процесса было выделено четыре категории снегоопасности (табл. 6.1-1). Параметры выделения категорий снегоопасности основываются на качественной оценке последствий проявления процессов и явлений на городской территории. По каждому из рассматриваемых процессов и явлений был выбран свой параметр, наиболее полно отражающий его характеристику.

Воздействие лавин на территории городов оценивалось в зависимости от площадной пораженности территории, поскольку этот параметр дает представление о доле лавиноопасных зон в общей площади города без учета параметров лавин (объемы, повторяемость и пр.). Для оценки степени

Таблица 6.1-1. Параметры выделения категорий снегоопасности

Процессы и явления	Параметр	Единицы измерения	Категория снегоопасности и соответствующее количество баллов			
			низкая	средняя	высокая	очень высокая
			1 балл	2 балла	3 балла	4 балла
Сильные снегопады	Максимальное количество твердых осадков за 12 ч	мм	<10	10–20	20–30	>30
Сильные метели	Максимальная продолжительность за зиму	час	<200	200–400	400–600	>600
Снеговые нагрузки	Максимальное значение веса снегового покрова	кПа	<2	2–3	3–5	>5
Снежные полигоны	Для городов – объем складированного снега на момент закрытия полигона	тыс. м ³	<200	200–400	400–800	>800
Снежные лавины	Для городов – площадная пораженность территории	%	<10	10–20	20–40	>40
	Для всей территории острова – среднее количество лавиносборов на пог. км	шт.	<1	1–5	5–10	>10

лавинной опасности всей территории острова использовался такой параметр, как среднее количество лавиносборов на пог. км речной долины или морского берега.

Определяющим параметром для снеговых нагрузок является максимальное значение веса снегового покрова, для сильных метелей – максимальная продолжительность за зиму (в связи с отсутствием наблюдений в настоящее время использованы данные [Справочник по климату СССР, 1985]), сильных снегопадов – максимальное количество твердых осадков за 12 ч (за период 2005–2016 гг.).

Снежные полигоны оценены по объему складированного снега на момент закрытия.

В связи с отсутствием ГМС в горных районах острова комплексная оценка снегоопасности о. Сахалин выполнена только для равнинных районов острова. Для оценки степени опасности равнинных территорий от интенсивных снегопадов и особо опасных метелей данные ГМС были интерполированы с учетом климатического районирования и рельефа острова.

Каждой категории снегоопасности присваивалось от 1 до 4 баллов (табл. 6.1-1). По итогам оценки снегоопасности территории баллы по каждому параметру суммировались и, таким образом, стало возможным выявить города или районы острова, для которых характерна наибольшая суммарная нагрузка от воздействия рассматриваемых процессов.

6.2. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СНЕГООПАСНОСТИ о. САХАЛИН

Комплексная оценка снегоопасности о. Сахалин была проведена нами отдельно для городских поселений и для территории острова.

6.2.1. Снегоопасность городских поселений

Итогом оценки степени снегоопасности территорий городских поселений о. Сахалин является карта-схема, на которой обозначены процессы, представляющие наибольшую опасность для населения и хозяйства городов (рис. 6.2-1).

Анализ карты-схемы показывает, что степень снегоопасности варьирует в разных районах острова. Наибольшая степень подверженности воздействию снежных лавин характерна для городов, расположенных на побережьях острова (г. Шахтерск, г. Углегорск, г. Холмск, г. Невельск и др.), что обусловлено расположением территорий жилой застройки этих городов непосредственно у подножия уступов морских террас, где протяженность лавиноопасной зоны может превосходить 80% их протяженности.

Максимальные значения снеговых нагрузок на территории населенных пунктов острова изменяются незначительно и относятся к высокой и очень высокой категориям снегоопасности, что связано с большим количеством выпадающих твердых осадков и длительным периодом залегания снежного покрова.

Сильные метели имеют наибольшую продолжительность в городах Оха, Углегорск, Холмск, Невельск. Это связано с большими скоростями ветра и их высокой повторяемостью в прибрежных районах острова.



Центр муниципального образования	Площадь пораженности территории лавинными процессами, %	Максимальное значение веса снегового покрова, кПа	Максимальная продолжительность сильных метелей за зиму, час ^Ф	Максимальное количество твердых осадков за 12 ч, мм	Объем складированного снега на момент закрытия полигона, тыс. м ³ **
	1	2	3	4	5
г. Оха	1	4,0	865	27	100
пгт. Ноглики	0	4,0	165	27	-
г. Александровск-Сахалинский	2	4,0	246	18	-
пгт. Тымовское	0	5,5	36	19	-
пгт. Смирных	0	3,2	36	19	-
г. Поронайск	0	4,0	72	49	100
г. Шахтерск	13	4,5	440	30	-
г. Углегорск	13	4,5	440	30	-
г. Макаров	12	4,8	197	38	100
г. Томари	12	4,5	208	25	-
г. Долинск	0	6,0	167	39	200
г. Холмск	29	4,5	636	31	200
г. Южно-Сахалинск	<1	6,0	76	30	1200
г. Корсаков	4	4,5	95	30	250
г. Анива	0	4,8	95	30	-
г. Невельск	45	4,5	472	19	200

Примечание. * Со скоростью ветра более 15 м/с. ** Прочерк - нет сведений

Категории снегоопасности



Комплексная снегоопасность городских поселений, балл

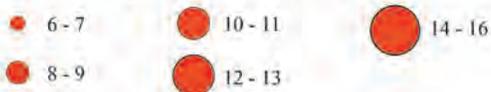


Рис. 6.2-1. Карта-схема снегоопасности городских поселений о. Сахалин

Максимальная интенсивность снегопадов характерна для южных районов острова (напомним, здесь мы не рассматриваем горную часть острова, где интенсивность снегопадов может быть гораздо выше), где количество твердых осадков за 12 часов может превышать 30 мм, что обусловлено траекториями прохождения циклонов над островом в зимний период.

Объем складированного на полигонах снега зависит не только от количества выпадающих твердых осадков, но и от площади территории города, нуждающейся в расчистке, и, следовательно, не имеет выраженной зависимости от метеорологических условий.

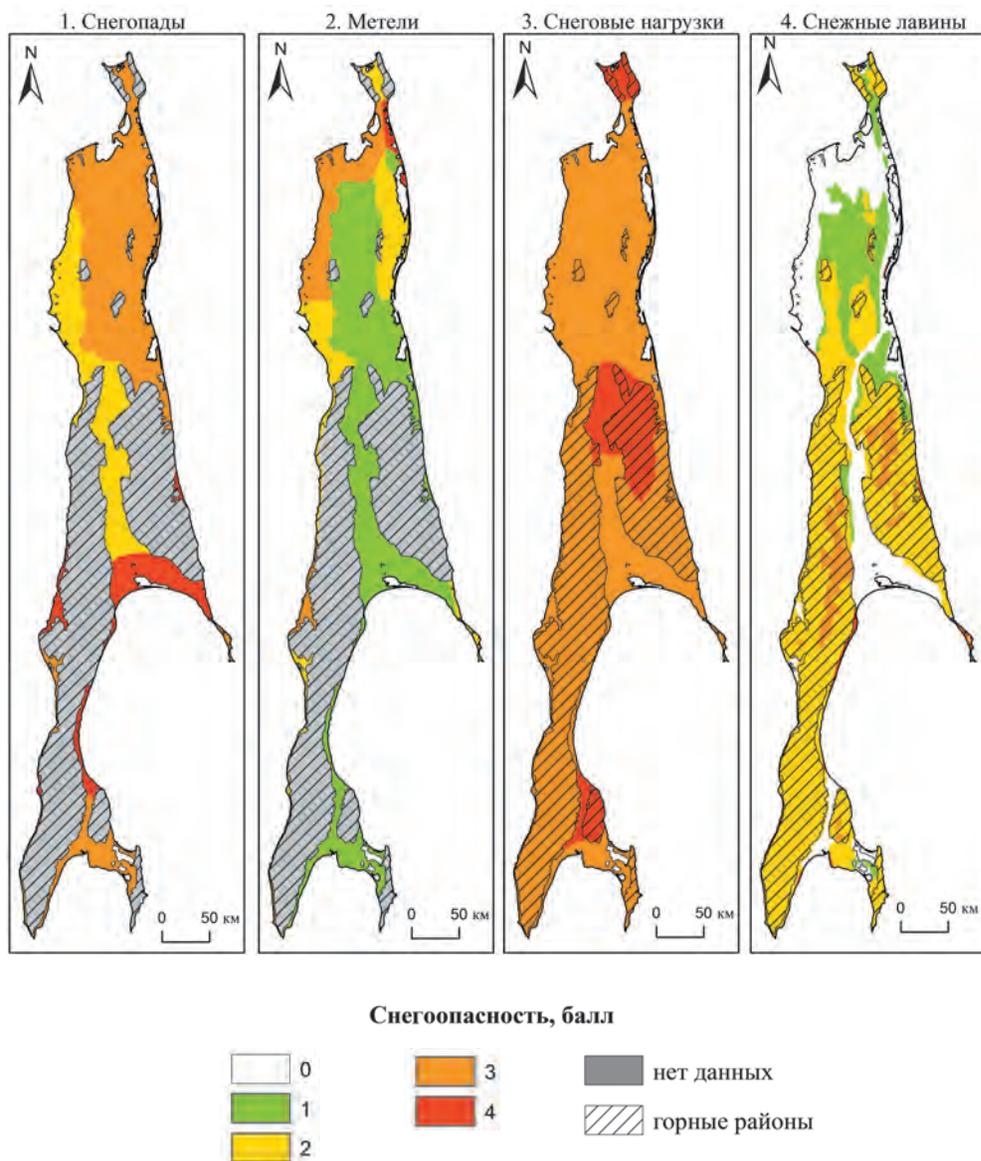
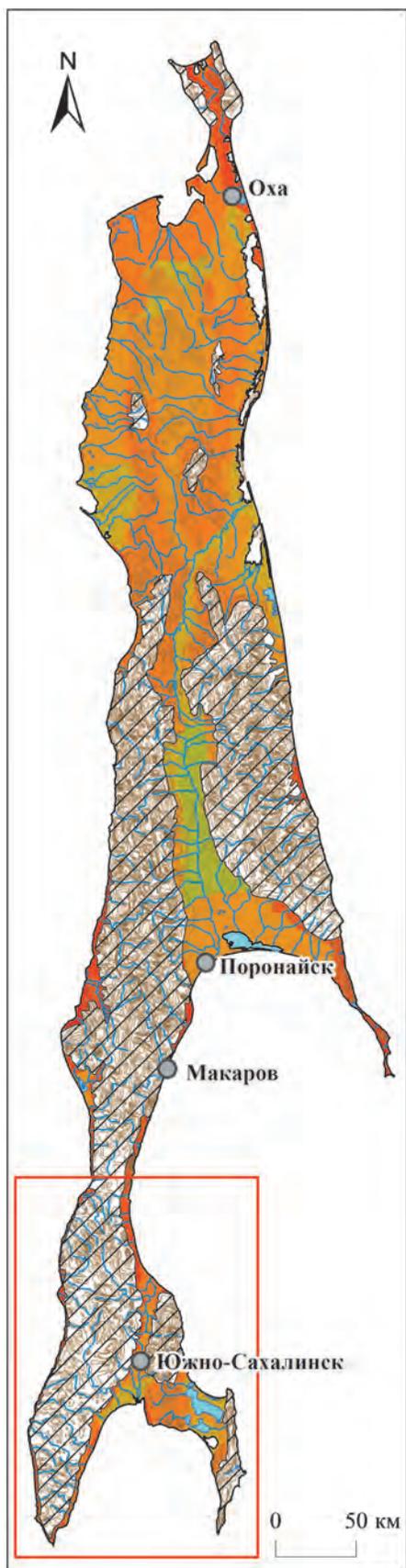
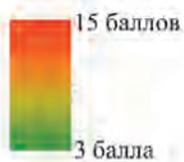


Рис. 6.2-2. Карты-схемы снегоопасности равнинных территорий о. Сахалин для каждого из четырех процессов (снегопады, сильные метели, снеговые нагрузки и снежные лавины)



Снегоопасность территории, балл



 горные районы (оценка не производилась)

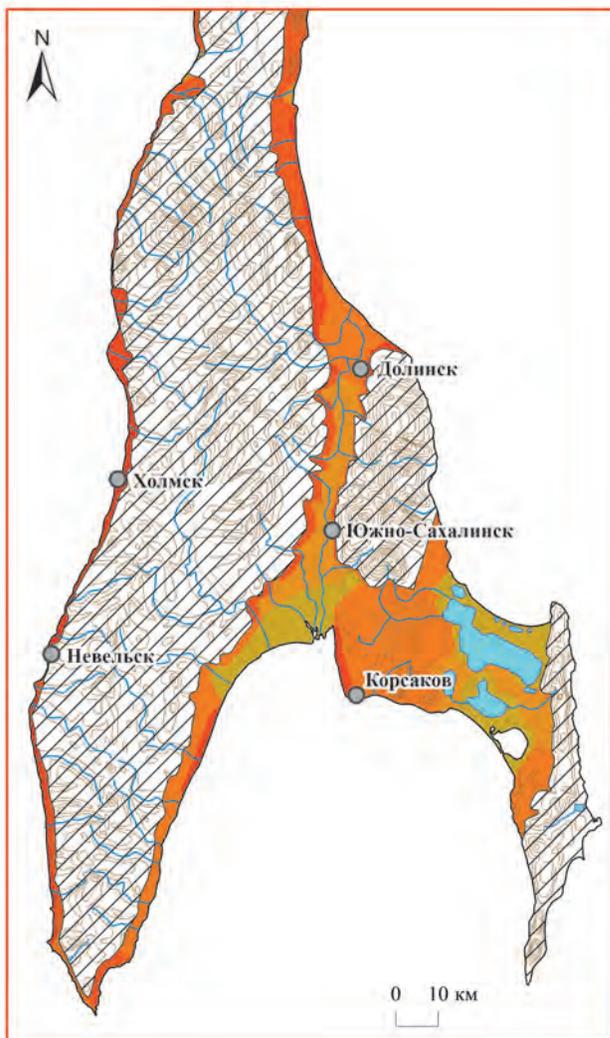


Рис. 6.2-3. Карта-схема снегоопасности равнинных территорий о. Сахалин

Таким образом, наиболее высокую степень снегоопасности имеют города: Оха, Шахтерск, Углегорск, Макаров, Холмск, Невельск, Южно-Сахалинск, Корсаков, Долинск. Они расположены (за исключением Оха, Южно-Сахалинск и Долинск) на морских берегах южной части острова, где высокая степень снегоопасности обеспечивается благоприятным сочетанием гидрометеорологических и геоморфологических условий.

6.2.2. Снегоопасность равнинных территорий

В ходе комплексной оценки снегоопасности равнинных территорий острова были разработаны карты-схемы снегоопасности по каждому из рассматриваемых процессов (рис. 6.2-2).

Итогом комплексной оценки снегоопасности является карта-схема, отражающая суммарное количество баллов (рис. 6.2-3).

Таблица 6.3-1. Меры по защите от опасных процессов, связанных со снегом

Процесс/ явление	Мероприятия по защите	
	организационные	инженерные
Сильные снегопады	<ul style="list-style-type: none"> • Остановка движения транспорта; • отмена занятий в образовательных учреждениях 	<ul style="list-style-type: none"> • Планирование городской застройки с учетом преобладающих направлений ветров
Сильные метели		
Снегозано-симось	<ul style="list-style-type: none"> • Остановка движения транспорта; • отмена занятий в образовательных учреждениях 	<ul style="list-style-type: none"> • Строительство снегозадерживающих заборов вдоль транспортных магистралей; • посадка лесозащитных полос вдоль транспортных магистралей; • сооружение снежных валов вдоль транспортных магистралей
Снеговые нагрузки	<ul style="list-style-type: none"> • Своевременная расчистка кровель зданий и сооружений 	<ul style="list-style-type: none"> • Проектирование и строительство зданий и сооружений с учетом возможной величины снеговой нагрузки; • использование кровель с тепловыделяющим покрытием
Снежные полигоны	–	<ul style="list-style-type: none"> • Обоснованный выбор мест расположения снежных полигонов; • использование альтернативных решений (снегоплавильные заводы и установки)
Снежные лавины	<ul style="list-style-type: none"> • Остановка движения транспорта; • запрет доступа в лавиноопасные зоны для населения; • активное воздействие (искусственный спуск лавин) 	<ul style="list-style-type: none"> • Строительство снегоудерживающих и/или снегоперераспределяющих сооружений в зонах зарождения лавин; • строительство лавинозадерживающих, лавиноотклоняющих и лавинотормозящих сооружений (дамбы, лавинорезы, противолавинные галереи и т.п.)

Как видно из рис. 6.2-3, наиболее высокая суммарная степень снегоопасности по четырем рассматриваемым процессам (сильные снегопады и метели, снеговые нагрузки, снежные лавины) характерна для прибрежных районов острова: на восточном побережье п-ова Терпения (Поронайский район), на западном побережье севернее мыса Ламанон (Углегорский район) и между мысом Слепиковского и мысом Лопатина (Холмский и Невельский районы). Это обусловлено, главным образом, сочетанием большого количества лавиносборов на пог м в береговых лавинных комплексах и высокой продолжительностью метелей на берегах острова.

6.3. МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ

Ввиду повсеместного охвата территории о. Сахалин опасными процессами, связанными со снегом, строительство инженерной защиты для защиты объектов и сооружений, а также населения острова невозможно, так как возведение различных защитных сооружений (например, противолавинных галерей) является технически сложным и экономически затратным мероприятием. В некоторой мере снизить ущерб возможно за счет организационных мероприятий, к которым относится, например, приостановка движения транспорта во время сильных метелей. Краткий обзор возможных мероприятий по защите населения и хозяйства от сильных снегопадов, сильных метелей, снеготранспорта, снеговых нагрузок, воздействия снежных полигонов и снежных лавин приведен в табл. 6.3-1.

ВЫВОДЫ

- Наиболее высокая степень снегоопасности характерна для городов Оха, Шахтерск, Углегорск, Макаров, Холмск, Южно-Сахалинск, Корсаков и для следующих районов острова: на восточном побережье п-ова Терпения (Поронайский район), на западном побережье севернее мыса Ламанон (Углегорский район) и между мысом Слепиковского и мысом Лопатина (Холмский и Невельский районы).
- Эти территории (за исключением г. Оха и г. Южно-Сахалинск) расположены на берегах острова, где высокая степень снегоопасности обеспечивается благоприятным сочетанием гидрометеорологических и геоморфологических условий.
- Комплексная оценка снегоопасности может служить основой для разработки мероприятий по минимизации ущерба от опасных процессов и явлений, связанных со снегом (обоснование мероприятий по защите).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если рассматривать опасные процессы и явления, связанные со снегом, с точки зрения ущерба для населения и хозяйства о. Сахалин, можно отметить следующее. Наибольшее количество жертв вызывают снежные лавины, повреждения и разрушения зданий и сооружений – лавины и снеговые нагрузки. Сильные снегопады и метели, а также снегозаносимость причиняют главным образом косвенный экономический ущерб за счет необходимости расчистки территорий населенных пунктов, автомобильных и железных дорог. Снежные полигоны вызывают ухудшение экологической ситуации в прилегающих районах, а также активизацию опасных экзогенных геологических процессов.

К наиболее снегоопасным на острове относятся следующие участки: восточное побережье п-ова Терпения (Поронайский район), западное побережье о. Сахалин севернее мыса Ламанон (Углегорский район) и между мысом Слепиковского и мысом Лопатина (Холмский и Невельский районы), а также города: Оха, Шахтерск, Углегорск, Макаров, Холмск, Невельск, Южно-Сахалинск, Корсаков, Долинск.

В целом на о. Сахалин наиболее высокая степень снегоопасности характерна для территорий, расположенных на берегах острова, что обусловлено благоприятным сочетанием гидрометеорологических и геоморфологических условий, в том числе большой продолжительностью метелей, высокой интенсивностью снегопадов и большим количеством лавиносборов на пог км берега.

В регионах с длительным периодом залегания снежного покрова проблема снегоопасности урбанизированных территорий стоит достаточно остро. В настоящее время на о. Сахалин решить эту проблему практически невозможно, можно только уменьшить последствия от многоснежных зим за счет территориального планирования населенных пунктов, инженерной защиты и организационных мер.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Катастрофическая лавина: 1) лавина редкой повторяемости, возникающая при оптимальном сочетании лавинообразующих факторов и распространяющаяся далеко за пределы минерального конуса выноса, сформированного обычными лавинами в данном лавиносборе; 2) лавина, вызвавшая значительный материальный ущерб и человеческие жертвы [Гляциологический словарь, 1984].

Лавинная опасность территории – это показатель активности лавинных процессов, протекающих на данной территории объективно, вне зависимости от степени ее освоенности [Казаков, 2015].

Метель – перенос снега ветром над поверхностью земли [Гляциологический словарь, 1984].

Особо опасная метель – это метель продолжительностью 12 часов и более, наблюдающаяся при скорости ветра 25 м/с и более, видимость ухудшается до 50 м и менее в течение более чем 3 часов [Справочник по климату СССР, 1985].

Очень сильный снег – значительные твердые осадки (снег, ливневый снег) с количеством выпавших осадков не менее 20 мм за период времени не более 12 ч [РД 52.88.699-2008].

Природный лавинный комплекс – комплекс, который включает в себя лавиносбор, снежный покров, из которого формируется лавина, саму лавину, лавинные отложения, а также часть прилегающей территории, которая влияет на лавинные процессы [Божинский, Лосев, 1987].

Сильная метель – перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч [РД 52.88.699-2008]. На территории Сахалинской области действуют критерии опасных гидрометеорологических явлений, разработанные с учетом местных природно-климатических особенностей на основании типового Перечня опасных природных гидрометеорологических явлений, согласованные с Росгидрометом и Правительством Сахалинской области. Согласно этим критериям, для территории о. Сахалин сильная метель – общая или низовая метель в течение 12 часов и более при максимальной скорости ветра 20 м/с и более и видимости менее 500 м [<http://sakhmeteo.ru/ourforecasts/oya.php>]

Снеговая нагрузка – это нагрузка, испытываемая сооружением от массы снега [Гляциологический словарь, 1984].

Снегозапас, запас воды в снежном покрове – масса воды в твердом и жидком виде, содержащаяся в данный момент в снежном покрове; определяется путем умножения толщины снега на его плотность и выражается эквивалентным слоем воды (мм или см) либо удельной массой снега (г/см³ или кг/м³) [Гляциологический словарь, 1984].

Снегоперенос – перемещение снега ветром [Гляциологический словарь, 1984].

Снегозаносимость – степень распространения снежных заносов на дорогах, предприятиях и в поселках; степень подверженности данного объекта снежным заносам [Гляциологический словарь, 1984].

Снежная лавина: 1) пришедшие в движение на склоне скользящие и низвергающиеся снежные массы; 2) тело лавины, сформированное из пришедшего в движение снежного покрова [Гляциологический словарь, 1984].

Снежность – характеристика природных условий территории, связанных с наличием снежного покрова; включает условия выпадения и отложения твердых осадков, возникновения, существования и схода снежного покрова, данные о количестве выпадающего из атмосферы льда и максимальных снегозапасах [Гляциологический словарь, 1984].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аккуратов, В.Н. О расчете максимальной дальности выброса лавин / В.Н. Аккуратов, Э.Б. Красносельский, В.А. Иткин // Снег и лавины Хибин: сб. статей. – М., 1967. – С. 349–356.
2. Александров, С.М. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Остров Сахалин / С.М. Александров. – М.: Наука, 1973. – 183 с.
3. Арсеньев, А.И. Инженерная гляциология в горном деле / А.И. Арсеньев, А.Б. Красносельский, В.И. Усынин // Труды I Всесоюзного координационного совещания по инженерной гляциологии. – Апатиты, 1973. – С. 27–30.
4. Атлас береговой зоны Сахалина. – Владивосток: ФГУП «ИПК Дальпресс», 2002. – 51 с.
5. Атлас Сахалинской области / под ред. П.А. Леонова. – М.: ГУГК, 1967. – 135 с.
6. Атлас снежно-ледовых ресурсов Мира: в 2 т. / гл. ред. В.М. Котляков. – М.: Российская академия наук, 1998. – 2 т. – 272 с.
7. Благовещенский, В.П. Определение максимальных дальностей выброса лавин методом статистического анализа видимых границ / В.П. Благовещенский // Материалы гляциологических исследований. – вып. 23. – 1975. – С. 222–227.
8. Боброва, Д.А. Расчетная и фактическая максимальная дальность выброса лавин / Д.А. Боброва // Геориск. – Вып. 4. – 2011. – С. 24–26.
9. Боброва, Д.А. Факторы лавинообразования на равнинных территориях о. Сахалин / Д.А. Боброва // Лед и снег. – № 4. – 2013. – С. 60–66.
10. Божинский, А.Н. Основы лавиноведения / А.Н. Божинский, К.С. Лосев. – Л.: ГИМИЗ, 1987. – 280 с.
11. Бялобжеский, Г.В. Борьба со снегом на автомобильных дорогах. Вопросы использования снега и борьба со снежными заносами и лавинами / Г.В. Бялобжеский. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 82–89.
12. Володичева, Н.А. Характеристика лавинной опасности Курильских островов / Н.А. Володичева // Лавины Сахалина и Курильских островов: сб. статей. – Л., 1971. – С. 26–39.
13. ВСН 02-73. Указания по расчету снеголавинных нагрузок при проектировании сооружений. – М.: Гидрометеиздат, 1973. – 21 с.
14. Генесина, А.С. Основные синоптические процессы в зимний период над Сахалинской областью / А.С. Генесина // Снег и лавины Сахалина: сб. статей. – Л., 1975. – С. 5–12.
15. Генсиоровский, Ю.В. Расчет максимальных снегозапасов на основе ландшафтно-индикационных свойств снежного покрова / Ю.В. Генсиоровский // Материалы гляциологических исследований. – вып. 102. – 2007. – С. 73–79.
16. Генсиоровский, Ю.В. Периодичность метелевых зим на о. Сахалин и проблемы снегозаносимости урбанизированных территорий / Ю.В. Генсиоровский // Геориск. – № 4. – 2010. – С. 32–36.
17. Генсиоровский, Ю.В. Применение методики построения карт ландшафтно-стратиграфических комплексов снежного покрова для малоизученных территорий на ранних стадиях проектирования для оценки снегозаносимости территории (на примере о. Сахалин) / Ю.В. Генсиоровский, М.С. Древило // Труды III Международной конференции «Лавины и смежные вопросы». – Кировск, 2007. – С. 128–134.
18. Генсиоровский, Ю.В. Определение снеговых нагрузок на сооружения при проведении инженерных изысканий: разработка региональных нормативных документов по снеговым нагрузкам (на примере Сахалинской области) / Ю.В. Генсиоровский, Н.А. Казаков, С.П. Жируев и др. // Геориск. – № 3. – 2011. – С. 14–20.
19. Генсиоровский, Ю.В. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин): автореф. дисс. канд. геол. – мин. наук / Ю.В. Генсиоровский. – Иркутск, 2011. – 19 с.
20. География лавин / ред. С.М. Мягков, Л.А. Канаев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 332 с.
21. Гляциологический словарь / под ред. В.М. Котлякова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 526 с.

22. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.
23. Гордеев, В.Н. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Ляшенко, В.А. Пашинский и др. – М.: ИАСВ, 2007. – 476 с.
24. Гришин, И.С. Связь метелевого переноса с продолжительностью метелей / И.С. Гришин // *Материалы гляциологических исследований*. – вып. 21. – 1973. – С. 96–101.
25. Грудев, И.Д. Определение нормативных и расчетных значений снеговых нагрузок / И.Д. Грудев, В.В. Филиппов, Т.А. Корнилов и др. // *Промышленное и гражданское строительство*. – № 4. – 2007. – С. 10–12.
26. Данилов, Б.С. Кластерный анализ в EXCEL / Б.С. Данилов // *Строение литосферы и геодинамика: материалы конф.* – Иркутск, 2001. – С. 18–19.
27. Динамика масс снега и льда: сб. трудов. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 456 с.
28. Древило, М.С. Геоэкологические исследования снежного покрова на основе его ландшафтно-индикационных свойств (о. Сахалин): дис. канд. геол. – мин. наук / М.С. Древило. – М., 2000. – 143 с.
29. Древило, М.С. Мониторинг снежного покрова о. Сахалин / М.С. Древило, С.П. Жируев, В.И. Окопный и др. // *Материалы гляциологических исследований*. – вып. 89. – 2000. – С. 89–94.
30. Дюнин, А.К. Механика метелей / А.К. Дюнин. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения АН СССР, 1963. – 378 с.
31. Жируев, С.П. Лавинная опасность на автомобильных и железных дорогах Сахалина и Курил / С.П. Жируев, В.И. Окопный, Н.А. Казаков и др. // *Геориск*. – № 4. – 2010. – С. 50–57.
32. Жируев, С.П. Интенсивность проявления лавинных процессов в Сахалинской области / С.П. Жируев, Н.А. Казаков, Ю.В. Генсировский и др. // *Тезисы докладов IV Международной конференции «Лавины и смежные вопросы»*. – Апатиты, 2011. – С. 57.
33. Заварина, М.В. Строительная климатология / М.В. Заварина. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 312 с.
34. Земцова, А.И. Климат Сахалина / А.И. Земцова. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 197с.
35. Зюзин, Ю.А. Суровый лик Хибин / Ю.А. Зюзин. – Мурманск: реклам. полиграфия, 2006. – 236 с.
36. Иванов, А.В. Краткая характеристика основных лавинообразующих факторов и распространение лавин на территории Сахалинской области / А.В. Иванов // *Известия Сахалинского отд. геогр. общ. СССР*. – Южно-Сахалинск, 1970. – С. 85–92.
37. Иванов, А.В. Общий обзор лавинного режима острова Сахалин / А.В. Иванов // *Лавины Сахалина и Курильских островов: сб. статей*. – Л., 1971 а. – С. 4–25.
38. Иванов, А.В. Массовый сход лавин на южном Сахалине в 1969–70 г. / А.В. Иванов // *Лавины Сахалина и Курильских островов: сб. статей*. – Л., 1971 б. – С. 74–88.
39. Иванов, А.В. Лавины Сахалина и краткий обзор мероприятий по борьбе с ними / А.В. Иванов и др. – Южно-Сахалинск: СУГМС, 1980. – 74 с.
40. Иванов, А.В. Некоторые результаты натурных исследований лавинного режима в условиях муссонного климата / А.В. Иванов, А.Б. Васильев // *Лавины Сахалина: сб. статей*. – Л., 1975. – С. 34–55.
41. Исаенко, Э.П. О снежных лавинах на участках железных дорог Южного Сахалина / Э.П. Исаенко, Ю.А. Марин // *Лавины Сахалина и Курильских островов: сб. статей*. – Л., 1971. – С. 102–107.
42. 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 / Н.А. Казаков. – Южно-Сахалинск, 2000. – 38 с.
43. Казаков, Н.А. Методология расчёта рисков от воздействия лавинных и селевых процессов на территории, объекты и сооружения / Н.А. Казаков // *Геориск*. – № 1. – 2015. – С. 10–14.
44. Казаков, Н.А. Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье / Н.А. Казаков, Ю.В. Генсировский // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. – вып. 4. – 2007. – С. 342–347.

45. Казаков, Н.А. Лавинный режим Восточно-Сахалинских гор / Н.А. Казаков, В.И. Окопный, С.П. Жируев и др. // Материалы гляциологических исследований. – вып. 87. – 1999. – С. 211–215.
46. Казакова, Е.Н. Зависимость динамических характеристик лавин на Сахалине от их генетических типов / Е.Н. Казакова // Геориск. – № 4. – 2009. – С. 10–13.
47. Казакова, Е.Н. Лавинная опасность населенных пунктов Сахалинской области / Е.Н. Казакова // Геориск. – № 4. – 2010. – С. 58–60.
48. Казакова, Е.Н. Давление лавины на препятствие в низкорье и высокогорье на примере Сахалина и Западного Кавказа / Е.Н. Казакова // Геориск. – 2011. – № 4. – С. 18–20.
49. Казакова, Е.Н. Снежные карнизы на морских террасах Южного Сахалина / Е.Н. Казакова // Криосфера Земли. – Т. XVII, № 3. – 2013. – С. 94–99.
50. Казакова, Е.Н. Природные и антропогенные лавинные комплексы морских берегов (на примере о. Сахалин): автореф. дисс. канд. геогр. наук / Е.Н. Казакова. – Южно-Сахалинск, 2014. – 24 с.
51. Казакова, Е.Н. Антропогенные и природно-антропогенные лавинные комплексы (на примере о. Сахалин) / Е.Н. Казакова, Д.А. Боброва // Геориск. – № 4. – 2015. – С. 20–23.
52. Казакова, Е.Н. Лавинные катастрофы Сахалинской области / Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина // Материалы гляциологических исследований. – № 103. – 2007. – С. 184–188.
53. Климат Южно-Сахалинска / под ред. Ц.А. Швер, Д.Ф. Лазарева. Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 256 с.
54. Козик, С.М. Расчет движения снежных лавин / С.М. Козик. – Л.: Гидрометиздат, 1962. – 74 с.
55. Комплексный справочник. Особо опасные гидрометеорологические явления. Сахалинская область. – Южно-Сахалинск: СахУГМС, 1973. – 174 с.
56. Корнилов, Т.А. Разработка территориальных строительных норм «Снеговые нагрузки» / Т.А. Корнилов, А.В. Рыков, А.Г. Алексеев // Тезисы докладов Международной конференции «Стихия. Строительство. Безопасность». – Владивосток, 1997. – С. 215–216.
57. Красносельский, Э.Б. Возникновение снежных лавин в карьерах и защита от них / Э.Б. Красносельский // Исследования снега и лавин в Хибирах: сб. науч. ст. – Л., 1975. – С. 133–139.
58. Лазарева, Д.Ф. Климатическая характеристика снегопереноса на Сахалине / Д.Ф. Лазарева // Снег и лавины Сахалина: сб. статей. – Л., 1975 а. – С. 13–24.
59. Лазарева, Д.Ф. Количественная характеристика суровости климата для работы машин и механизмов в условиях Сахалинской области / Д.Ф. Лазарева // Природные ресурсы Сахалина, их охрана и использование: сб. статей. – Южно-Сахалинск, 1975 б. – С. 41–54.
60. Лобкина, В.А. Ущерб от снеговых нагрузок в Российской Федерации. Причины и последствия / В.А. Лобкина // Геориск. – № 1. – 2012. – С. 50–53.
61. Лобкина, В.А. Перекристаллизация снега в толще в ландшафтных фациях, различных по условиям увлажнения (юг о. Сахалин) / В.А. Лобкина // Криосфера Земли. – № 3. – 2013 а. – С. 89–93.
62. Лобкина, В.А. Циклы снежности на острове Сахалин / В.А. Лобкина // Инженерные изыскания. – № 3. – 2013 б. – С. 60–66.
63. Лобкина, В.А. Геоэкологические проблемы участков, занятых снежными полигонами в городах (на примере г. Южно-Сахалинск) / В.А. Лобкина, Ю.В. Генсировский, Н.Н. Ухова // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – № 5. – 2016. – С. 328–338.
64. Лобкина, В.А. Методика расчета снегопереноса для малоизученных территорий (о. Сахалин) / В.А. Лобкина, Е.Н. Казакова, Ю.В. Генсировский // Лед и Снег. – вып. 3. – 2012. – С. 58–61.
65. Лосев, К.С. Прикладное лавиноведение / К.С. Лосев, А.Н. Божинский, В.Ф. Гракович. – М.: ВИНТИ, серия «Гляциология», 1991. – 172 с.
66. Мельник, Д.М. О методе сравнительного изучения метелей / Д.М. Мельник, А.А. Комаров, В.А. Хохлов // Лавины Сахалина и Курильских островов: сб. статей. – Л., 1971. – С. 134–139.
67. Микишин, Ю.А. Геоморфология берегов залива Терпения / Ю.А. Микишин // Береговая зона дальневосточных морей. – Л., 1991. – С. 98–104.

68. *Монастырский, И.Ф.* Распределение снежного покрова в горных районах Сахалина / И.Ф. Монастырский // Лавины Сахалина и Курильских островов: сб. статей. – Л., 1971. – С. 140–144.
69. Научно-прикладной справочник по климату СССР (Сахалинская область). – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 300 с.
70. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 18.01.2010 № 20. – М.: Юрайт-Издат, 2011. – 66 с.
71. *Полунин, Г.В.* Динамика и прогноз экзогенных процессов / Г.В. Полунин. – М.: Наука, 1989. – 231 с.
72. *Полунин, Г.В.* Литологические комплексы и проявления экзогенных процессов о. Сахалин / Г.В. Полунин, В.А. Бузлаев // Карта масштаба 1: 500 000. – М.: ГУГК, 1984.
73. *Разумов, В.В.* Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация. Дальневосточный Федеральный округ / В.В. Разумов и др. – М.: ООО «Издательско-продюсерский центр «Дизайн. Информация. Картография», 2008. – 322 с.
74. РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. – М.: Росгидромет, 2008. – 30 с.
75. *Ревякин, В.С.* Снежный покров и лавины Алтая / В.С. Ревякин, В.И. Кравцова. – Томск: Изд-во Томского университета, 1977. – 217 с.
76. *Рунич, А.В.* Обоснование метода расчета движения лавин для инженерных целей / А.В. Рунич // Труды ВГИ: сб. науч. ст. – Л., 1972. – Вып. 18. – С. 26–60.
77. *Ряшенко, Т.Г.* Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь) / Т.Г. Ряшенко. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. – 287 с.
78. *Ряшенко, Т.Г.* Лессовые грунты Монголо-Сибирского региона / Т.Г. Ряшенко, В.В. Акулова, Н.Н. Ухова и др. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2014. – 241 с.
79. *Ряшенко, Т.Г.* Химический состав дисперсных грунтов: возможности и прогнозы (юг Восточной Сибири) / Т.Г. Ряшенко, Н.Н. Ухова. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2008. – 131 с.
80. *Самойлюк, В.И.* Лавинная опасность на юге Сахалина / В.И. Самойлюк, О.В. Самойлюк, В.Е. Сучков // Материалы гляциологических исследований. – Вып. 77. – 1993. – С. 162–165.
81. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. – М.: Стандартинформ, 2011. – 27 с.
82. *Селиверстов, Ю.Г.* Условия образования катастрофических лавин на равнинных территориях / Ю.Г. Селиверстов // Природные риски: анализ, оценка, картографирование: материалы Международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения С.М. Мягкова. – М., 2013. – С. 173–178.
83. *Напрасников, А.Т.* Снегоопасность юга Восточной Сибири и Дальнего Востока / А.Т. Напрасников, В.Р. Алексеев, А.В. Кириченко. // Карта масштаба 1: 2 500 000. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2005.
84. *Сократов, С.А.* Антропогенное влияние на лавинную и селевую активность / С.А. Сократов, Ю.Г. Селиверстов, А.Л. Шныпарков и др. // Лед и снег. – № 2 (122). – 2013. – С. 121–128.
85. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 94 с.
86. Справочник по климату СССР. Вып. 13. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 356 с.
87. Справочник по климату СССР. Вып. 34. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 350 с.
88. Справочник по климату СССР. Особо опасные метеорологические явления. Вып. 34. – Южно-Сахалинск, 1985. – 287 с.
89. *Сучков, В.Е.* Метелевый режим Сахалина и его роль в лавинообразовании / В.Е. Сучков // Лед и снег. – вып. 4 (112). – 2010. – С. 53–61.
90. Фондовый отчет Сахалинского управления Гидрометслужбы «Характеристика метелей Сахалина (1964–1974 г.г.)». – Южно-Сахалинск, 1975. – 222 с.

91. *Шарапов, С.Н.* Особенности защиты железнодорожных путей от снежных заносов в районах с сильными метелями (на примере Сахалинского отделения Дальневосточной железной дороги): автореф. дисс. канд. техн. наук / С.Н. Шарапов. – Алма-Ата, 1988. – 32 с.
92. *Шарапов, С.Н.* Оценка объемов снегопереноса в прибрежной полосе о. Сахалин / С.Н. Шарапов // Вопросы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог Сибири. Межвузовский сборник научных трудов. – Новосибирск, 1984. – С. 86–94.
93. Электронный ресурс: <http://sakhmeteo.ru/ourforecasts/oya.php>
94. *Christen, M.* RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain / M. Christen, J. Kowalski, P. Bartelt // Cold Regions Science and Technology. – № 63. – 2010. – P. 1–14. doi: 10.1016/j.coldregions.2010.04.005
95. *Gensiorovsky, Y.V.* Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk) / Y.V. Gensiorovsky, N.N. Ukhova, V.A. Lobkina // International Snow Science Workshop. – Grenoble, France, 2013. – P. 1181–1184.
96. *Kazakova, E.N.* Distribution of the population and enterprises in avalanche-hazardous zones of Sakhalin oblast / E.N. Kazakova, V.A. Lobkina // Geography and Natural Resources. – Vol. 34, 4. – 2013. – P. 345–349. doi: 10.1134/S1875372813040070
97. *Kobayashi, D.* 1972. Studies of snow transport in low-level drifting snow / D. Kobayashi. – Contrib. Inst. Low. Temp. Sci., Ser. A 24.
98. *Matsuzawa, M.* Method for Calculating the Amount of Accumulated Snow Transported during a Single Blizzard / M. Matsuzawa, Y. Ito, M. Ueda // Conference Papers, Presentations and Workshops. 2010.
99. *Naaim-Bouvet, F.* Back analysis of drifting-snow measurements over an instrumented mountainous site / F. Naaim-Bouvet, H. Bellot, M. Naaim // Annals of Glaciology. – Vol. 51 (54). – 2010. P. 207–217.
100. *Perla, R., Cheng T.T., McClung D.M.* A two-parameter model of snow-avalanche motion / R. Perla, T.T. Cheng, D.M. McClung // Journal of Glaciology. – Vol. 26 (94). – 1980. P. 197–207.
101. *Podolskiy, E.* Wave of avalanche disasters in response to colonization: a century of statistics from the world's deadliest avalanche-prone islands / E. Podolskiy // International Snow Science Workshop. – Grenoble, France, 2013. – P. 1135–1137.
102. *Podolskiy, E.A.* Evaluating ablation and environmental impact of anthropogenic snow patches (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia) / E.A. Podolskiy, V.A. Lobkina, Y.V. Gensiorovsky and et. al. // Cold Regions Science and Technology. – Vol. 114. – 2015. – P. 44–60.
103. *Podolskiy, E.A.* Physical and societal statistics for a century of snow-avalanche hazards on Sakhalin and the Kuril Islands (1910–2010) / E.A. Podolskiy, K. Izumi, V.E. Suchkov and et. al. // Journal of Glaciology. doi: 10.3189/2014jogG13J143
104. *Radok, U.* Snow drift / U. Radok // Journal of Glaciology. – Vol. 19, № 8. – 1977. – P. 123–139.
105. *Rooney, J.F.* The Urban Snow Hazard in the United States: An Appraisal of Disruption / J.F. Rooney // Geographical Review. – Vol. 57, № 4. – 1967. – P. 538–559.
106. *Salm, B.* A short and personal history of snow avalanche dynamics / B. Salm // Cold Regions Science and Technology. – Vol. 39. – 2004. – P. 83–92. doi:10.1016/j.coldregions.2004.06.004
107. *Seliverstov, Yu.* Assessment and mapping of snow avalanche risk in Russia / Yu. Seliverstov, T. Glazovskaya, A. Shnyarkov and et. al. // Annals of Glaciology. – Vol. 49. – 2008. – P. 205–209. doi: 10.3189/172756408787814672
108. *Voellmy, A.* Über die Zerstörungskraft von Lawinen / A. Voellmy // Schweizerische, Bauzeitung. – Vol. 73. – 1955. – P. 159–165, 212–217, 246–249, 280–285 (four parts).

Научное издание

*Екатерина Николаевна Казакова
Валентина Андреевна Лобкина*

СНЕГООПАСНОСТЬ о. САХАЛИН

Технический редактор *В.М. Мошкина*
Компьютерная верстка *С.В. Филатов*

Подписано к печати 18.10.2016 г.
Печать офсетная. Бумага мелованная. Формат 70x108/16.
Усл.п. л. 9,8. Уч.-изд.л. 8,52. Тираж 100 экз. Заказ 79

ФГУП «Издательство Дальнаука»
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7
Тел. 231-23-59. E-mail: dalnauka@mail.ru
<http://www.dalnauka.ru>

Отпечатано
в Информационно-полиграфическом хозрасчетном центре
ТИГ ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7