

Определение снеговых нагрузок на сооружения при проведении инженерных изысканий: разработка региональных нормативных документов по снеговым нагрузкам (на примере Сахалинской области)

Determination of snow loads on structures for engineering survey in the Sakhalin region

Ключевые слова: остров Сахалин; Курильские острова; снежный покров; снегонакопление; снеговая нагрузка; градиент осадков; строительные нормы и правила; региональные строительные нормативы; снеговой район.

Key words: the Sakhalin Island; the Kurile Islands; snow cover; snow accumulation; snow load; precipitation gradient; construction regulations; regional construction regulations; snow region.

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы определения снеговой нагрузки при Abstract: the article deals with determination of snow loads for engineering проведении инженерных изысканий в равнинных и горных районах Сахалинской области. Дается краткая характеристика формирования снежного покрова на территории данного региона. Приводятся разработанные авторами рекомендации по recommendations developed by the authors for calculating snow loads are расчетам снеговых нагрузок.

survey in plain and mountain areas of the Sakhalin Region. A brief description of forming snow cover in the region is given. The presented.

Сахалинская область является одним из тех регионов Российской Федерации, население и хозяйство которых особенно страдают от негативного воздействия явлений, связанных с длительным периодом выпадения твердых осадков и залегания снежного покрова [2]. Большое количество выпадающего снега способствует его значительному накоплению на кровлях зданий и сооружений в течение зимнего сезона (рис. 1-3). В связи с этим на террито-

рии Сахалинской области неоднократно возникали вызванные сильными снегопадами чрезвычайные ситуации, когда в результате снеговых нагрузок повреждались и обрушивались крыши зданий и сооружений (например, на юге острова Сахалин в марте 1947 г., феврале 1969 г., январе-марте 1970 г., феврале 1987 г.). Высокая вероятность возникновения в данном регионе таких чрезвычайных ситуаций является следствием сочетания физико-геогра-

фических условий (климата и рельефа).

Причинами обрушения кровель под весом снежного покрова являются конструктивные недостатки зданий и сооружений. В большинстве случаев основной причиной таких аварий является принятие заниженных величин снеговых нагрузок, принимаемых по СНиП 2.01.07-85* [15], еще на стадии проектирования.

Продолжительность залегания снежного покрова в северной и центральной частях Сахалина составляет 180–200 дней в долинах и на морских побережьях и до 240 дней в горах, а в южной части — 145–160 и 180 дней соответственно. Толщина снежного покрова в долинах и на побережьях составляет 70–120 см, в горах — более 400 см.

На юге и в центре гряд Курильских островов продолжительность залегания снежного покрова на морском побережье и в долинах рек составляет 100–120 дней, а на севере (в тех же высотных зонах) — 190–210 дней. В горных частях островов длительность залегания может достигать 240–260

дней. Мощность снежного покрова на Курильских островах, так же как и на Сахалине, сильно изменяется от побережья к горной части. На юге средняя мощность снежного покрова на побережье составляет 31 см (по данным гидрометеостанции «Южно-Курильск» на острове Кунашир), а в горах она увеличивается с высотой и может достигать 300 см и более. Еще большей толщины снежный покров может достигать в горах северных островов (например, на острове Парамушир — 450 см и более) [7, 8, 13].

При оценке снежности территории следует учитывать, что горы занимают три четверти площади Сахалинской области, а количество твердых осад-

ков, выпадающих в горах за зимний сезон (который длится в зависимости от высоты от 6 до 8 месяцев), значительно превышает зарегистрированное на гидрометеорологических станциях (ГМС), большинство из которых расположено в пределах прибрежных и долинных зон (табл. 1).

Зарегистрированный на Сахалине часовой максимум осадков составил 43 мм/ч (03.01.1991 г. на Чамгинском перевале в Восточно-Сахалинских горах). Разница по количеству осадков, выпадающих за один снегопад в горной и в долинной местности, может достигать 250 мм (см. табл. 1).

Суммарная снеговая нагрузка на горизонтальную поверхность за два

Таблица 1

Сравнительная характеристика сумм твердых осадков за сезон и за снегопад в долинах и горах Центрального Сахалина

Параметр	Пункт наблюдений			
парамет р	Тымовское (абс. выс. 94 м)	Чамгинский перевал (абс. выс. 800 м)		
Среднемноголетняя сумма твердых осадков за зимний сезон, мм	207	760		
Сумма осадков, выпавших во время снегопада 2–10.01.1991 г., мм	73	329		
Суточный максимум осадков 2.01.1991 г., мм	23	127		

Таблица 2

Сравнительные характеристики снеговых нагрузок по СНиП 2.01.07-85* для всей территории Сахалинской области и по «Рекомендациям по расчету снеговых нагрузок на сооружения в Сахалинской области» для равнинных и прибрежных районов

Климатический район	СНиП 2.01.07-85* [15]			«Рекомендации по расчету снего- вых нагрузок на сооружения в Сахалинской области»		
	Индекс снегового района	Абс. высо- ты, м	Снеговая нагрузка, кПа	Индекс снегового района	Абс. высо- ты, м	Снеговая нагрузка, кПа
Поронайская долина	IV	0-200	2,40	V	0-200	3,0
Северо-Сахалинская низменность, Восточно-Сахалинские горы, восточные склоны Западно-Сахалинских гор, юго-западное побережье острова Сахалин, юго-восточное побережье острова Сахалин, южные Курильские острова	V	0–1800	3,20		50–200	3,2
Восточно-Сахалинские горы, Западно-Сахалинские горы, Сусунайская низменность, средние и северные Курильские острова	VI	0–2300	4,00	VI	0–200	4,0
Тымовская долина	VII	50-500	4,80	VII	50-200	4,5
Северо-Сахалинская равнина	-	-	-		50-300	
Корсаковское плато	-	-	-		0-200	
Юго-западное побережье острова Сахалин	-	-	-		0-300	
Юго-восточное побережье острова Сахалин	-	-	-		0-200	4,3
Восточное побережье острова Сахалин	-	-	-	VIII	0-200	4,8
Сусунайская долина	-	-	-	IX	0-200	6,0
Сусунанская долина	-	-	-		50-200	5,5
Тымовская долина	-	-	-		50-200	6,0
Пиль-Диановская низменность, остров Шумшу	-	-	-	X	0-100	6,5
Северное побережье острова Парамушир	-	-	-	XI	0-200	10,0

сильных снегопада подряд может превысить 5,5 кПа. Циклоны в рассматриваемом регионе часто следуют один за другим. Так, за январь—март 1970 г. на юге острова Сахалин выпало до 5 месячных норм осадков. За этот период в г. Южно-Сахалинске выпало

88% (728 мм) от годовой нормы осадков (822 мм) [1]. Еще большее количество твердых осадков выпало за тот же период на Сусунайском хребте. По данным наблюдений [9] на абсолютных отметках 200–600 м запас воды в снежном покрове превышал 1000 мм,



Рис. 1. После метели (март 1970 г., г. Южно-Сахалинск, фото из архива Т.Н. Шустовой)

а суммарная снеговая нагрузка на горизонтальную поверхность достигла 10,0 кПа.

Совмещенные графики многолетнего хода твердых и смешанных осадков в районе г. Южно-Сахалинска по профилю от днища долины реки Сусуя через Сусунайский хребет к побережью Охотского моря (рис. 4) показывают, что с высотой количество выпавших осадков сильно увеличивается, составляя в среднем 500 мм в высотном диапазоне 200-500 м против 262 мм в днище долины реки Сусуя (в диапазоне 20–50 м). Соответственно сильна разница и в величине суммарной снеговой нагрузки на горизонтальную поверхность — 5,0 кПа в горах против 2,6 кПа в долинах. Здесь, правда, следует отметить, что в отдельные годы количество твердых осадков на низовых станциях может значительно превышать среднегодовые значения.

Таким образом, становится ясным, что при проектировании зданий и сооружений на территории Сахалинской области весьма серьезной задачей является точное определение величины снеговой нагрузки. Путям решения этой проблемы и посвящена настоящая статья.

В СНиП 2.01.07-85* [15] на территории РФ выделено 8 снеговых районов с максимальной нагрузкой 5,6 кПа в VIII районе. На территории Сахалинской области согласно картам 1^* и 1-а обязательного приложения 5 к СНиП 2.01.07-85* [15] выделяются

Таблииа 3

Расчетные значения веса снегового покрова в горных снеговых районах (A) Сахалинской области, выделенных в соответствии с картой «Районирование территории Сахалинской области по весу снегового покрова»

Острова	Снеговая область	Индекс горного снегового района (A)	Абсолютные высоты <i>h</i> , м	Расчетное значение веса снегового по- крова s_g на границе горного района x , к Π а (кгс/м 2)	Вертикальный градиент прира- щения веса сне- гового покрова на 100 м превы- шения, кПа (кгс/м²)	Расчетное значение веса снегового покрова s_g , к Π а $(\kappa \Gamma c/m^2)$	
	I Северная	IA1	200–600	6,5 (650)	1,0 (100)	В горных снеговых	
		IA2	200–400	4,5 (450)	0,5 (50)	районах Сахалинской области, обозначенных	
		IA3	200–600	4,5 (450)	0,7 (70)	на карте обязательного	
Остров Сахалин II Центральная	IIA1	300-1500	5,5 (550)		приложения как A, принимать по данной		
		IIA2	200-1300	4,5 (450)	1,0 (100)	таблице, однако в снеговых районах с индексами IIA1 и IIA3 при абсолютной высоте	
	II Центральная	IIA3	300-800	5,5 (550)			
		IIA4	200–900	3,2 (320)			
	IIA5	100–300	5,0 (500)	0,5 (50)	местности $h > 300 \text{ м}$		
		IIIA1	200–1000	4,5 (450)	1.0 (100)	рассчитывать	
III Южная	IIIA2	200–1000	6,0 (600)	1,0 (100)	по формуле: $s_g = x + y / 100 (h - 300)$		
		IIIA3	100–600	4,3 (430)	0,5 (50)	(кПа) (в остальных районах	
Куриль-	IV Северная	IVA1	200–2300	10,0 (1000)	2,5 (250)	рассчитывать	
ские ост-	V Центральная	VA1	200–1500	4,0 (400)	2,0 (200)	по формуле: $s_g = x + y / 100 (h - 200)$	
рова	VI Южная	VIA1	200–1800	3,0 (300)	1,5 (150)	$s_g = x + y + 100 (n - 200)$ (кПа)	

снеговые районы с IV по VII. Причем район максимальных снеговых нагрузок (VII — 4,8 кПа) приходится на центральную часть Сахалина (долину реки Тымь).

Карта снеговых районов острова Сахалин представлена в [15] в масштабе 1:11 500 000, Курильских островов — 1:22 000 000 (рис. 5). При работе с картами в масштабах такого уровня проектировщики и строители зачастую не могут даже приблизительно определить, к какому снеговому району относится территория строительства объекта. Более того, горные территории Сахалина и Курильских островов на указанных картах не выделены, и зоны максимальных снеговых нагрузок отнесены к районам с небольшими нагрузками. В частности, территория Восточно-Сахалинских гор отнесена к VI району с величиной нагрузки 4,0 кПа, однако в действительности максимальное количество твердых осадков здесь может превышать 1300 мм, или 13,0 кПа (при средней величине 800 мм, или 8,0 кПа) [2]. То же самое можно сказать и о других снеговых районах Сахалина и Курильских островов.

В таблице 4 СНиП 2.01.07-85* [15] рекомендуется рассчитывать значения максимального веса снегового покрова с вероятностью превышения один раз в 25 лет по данным маршрутных снегосъемок и наблюдений на гидрометеорологических станциях Росгидромета. Однако результаты ландшафтно-стратиграфических снегосъемок, проводившихся авторами в Сахалинской области, в Хибинах, на Западном Кавказе и в Восточной Сибири в 1980-2011 годах, показали, что расчет веса снегового покрова только на основе данных наблюдений на ГМС Росгидромета дает ошибочные результаты, особенно для горных территорий, поскольку 78% от общего количества гидрометеорологических станций и постов Сахалинской области расположено на абсолютных отметках 0-50 м и только около 21% в высотной зоне 50-200 м (а выше 340 м имеется всего лишь одна станция). Кроме того, данные снегомерных съемок за 1980-2011 гг., проведенных в различных ландшафтах, показали, что разница между количеством выпавших осадков и снегонакоплением под кронами деревьев в лесу в одной высотной зоне может достигать 50% и более [3, 4, 8].

Таким образом, применение мелкомасштабных карт снеговых районов, составленных на основе данных о снежном покрове и твердых осадках, полученных на прибрежных и долинных ГМС, приводит к сильному занижению реальных величин снеговых нагрузок, что не позволяет в долговременной перспективе эффективно обеспечивать безопасные и



Рис. 2. Перераспределение снега на подветренном скате крыши (январь 2011 г., г. Южно-Сахалинск, фото В.А. Лобкиной)



Рис. 3. Снегонакопление на крыше пристройки к многоэтажному зданию (г. Южно-Сахалинск, фото Ю.В. Генсиоровского)

Таблица 4

Расчетные значения веса снегового покрова в равнинных и прибрежных

Индекс снегового района	Абс. высоты, м	Расчетное значение веса снегового покрова s_g , кПа (кгс/м²)		
V	0–200	3,0 (300)		
	50–200	3,2 (320)		
VI	0–200	4,0 (400)		
VII	50–200			
	50–300	4,5 (450)		
	0–200	4,3 (430)		
	0-300			
	0–200	4,3 (430)		
VIII	0–200	4,8 (480)		
IX	0–200	6,0 (600)		
	50–200	5,5 (550)		
	50–200	6,0 (600)		
X	0–100	6,5 (650)		
XI	0–200	10,0 (1000)		

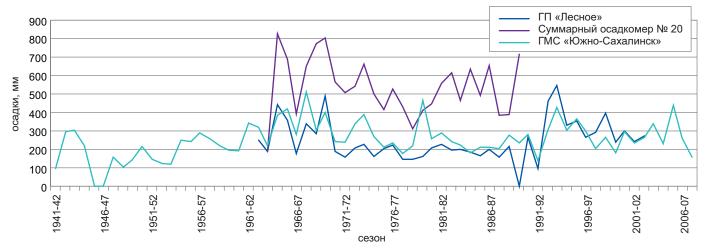


Рис. 4. Совмещенный график многолетнего хода твердых и смешанных осадков, выпадающих в различных высотных зонах Южного Сахалина, по данным ГМС «Южно-Сахалинск» (Сусунайская низменность, абс. высота 22 м), гидрологического поста «Лесное» (берег Охотского моря, абс. высота 5 м), суммарного осадкомера № 20 (Сусунайский хребет, абс. высота 470 м)

благоприятные условия жизнедеятельности населения.

В ряде субъектов Российской Федерации были разработаны региональные нормативные документы по расчету снеговых нагрузок в развитие СНиП 2.01.07-85*. Это ТСН 20-302-2002 [17] и ТСН 20-301-97 [16]. Однако и к этим нормативным документам, предназначенным для использования проектировщиками и строителями на территориях соответствующих субъектов РФ, приложены мелкомасштабные карты, что, безусловно, может приводить к ошибкам при расчетах снеговых нагрузок.

С точки зрения авторов, только наличие региональных рекомендаций по расчету снеговых нагрузок и средне- и крупномасштабных карт районирования территории по весу снегового покрова позволит в должной мере обеспечить надежность и безопасность объектов капитального строительства относительно негативного воздействия снеговых нагрузок.

Авторами была построена карта «Районирование территории Сахалинской области по весу снегового покрова» в масштабе 1:1 000 000 (рис. 6). При ее создании была применена методика на основе стратиграфических комплексов снежного покрова (его ландшафтно-индикационных свойств) [2, 4, 8]. На основе этой карты были разработаны «Рекомендации по расчету снеговых нагрузок на сооружения в Сахалинской области» [14].

На территории области авторами было выделено 25 снеговых районов (против 8 в [15]), из них 14 горных и 11 равнинных и прибрежных. В таблице 2 снеговые нагрузки для них сравниваются с таковыми для снеговых районов согласно СНиП 2.01.07-85* [15].

Для каждого из выделенных районов для обоснования величин снеговых нагрузок были определены характеристики снежного покрова и рассчитано количество осадков.

Как уже отмечалось, поскольку суммы твердых осадков, выпадающих на равнинных и прибрежных территориях, гораздо ниже сумм осадков, выпадающих в горах [9], использование данных равнинных и прибрежных ГМС при расчете снеговой нагрузки на горной территории (даже низкогорной) приводит к сильному занижению ее значений. Подчеркнем еще раз, что характерным примером такой ошибки является СНиП 2.01.07-85* [15]. По этой причине расчеты снеговых нагрузок для разных высотных зон Сахалинской области были выполнены авторами с учетом вертикальных градиентов твердых осадков и высоты снежного покрова, динамики метаморфизма снежной толщи в разных ландшафтных и климатических зонах, а также характеристик структуры и текстуры снежной толщи в разных ландшафтных зонах.

Сумма осадков в разных высотных зонах рассчитывалась с учетом вертикального градиента осадков [9]:

$$X = \int_{\mathbb{R}^n} x + (F \times H_n) (\Delta S_n / S), \qquad (1)$$

где X, x — суммы осадков, выпавших на исследуемой территории и на ближайшей гидрометеорологической станции соответственно, мм; F — вертикальный градиент осадков в исследуемом районе, мм на 100 м превышения; H_n — высотный интервал зоны, м абс.; S — площадь территории (бассейна реки и т.д.), для которой выполняется расчет, км²; ΔS_n — площадь территории (бассейна реки и т.д.), лежащая в высотном интервале H_n , км².

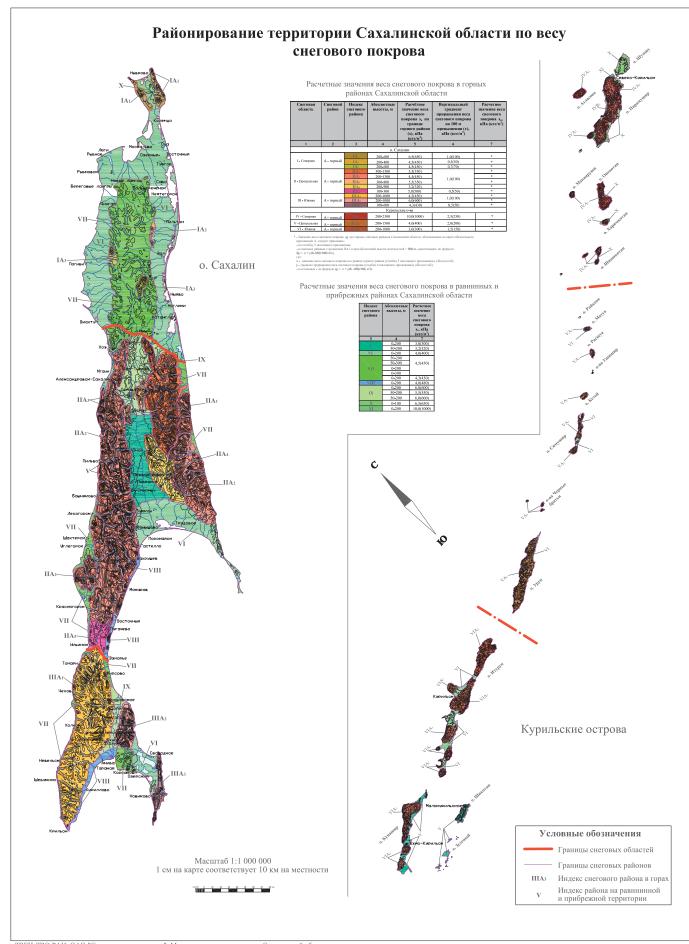
При расчетах количества твердых осадков и характеристик снежного покрова в горах использовались материалы наблюдений, проводившихся в горах Сахалинской области в 1959—1993 годах [12], и результаты ландшафтно-



Рис. 5. Части карт районирования территории Российской Федерации по весу снегового покрова 1-а и 1* из СНиП 2.01.07-85* [15] для Сахалина и Курильских островов

стратиграфических снегосъемок, выполнявшихся авторами в 1980–2011 годах.

Результаты исследований показали гораздо бо́льшие величины снеговых нагрузок на горизонтальную поверхность по сравнению со значениями, приводимыми в СНиП 2.01.07-85* (см. табл. 2). Так, согласно СНиП 2.01.07-85* [15] снеговая нагрузка в равнинной части Сахалинской области не превышает 4,80 кПа. Результаты же прове-



ДВГИ ДВО РАН; ОАО "Сахалингражданпроект"; Министерство строительства Сахалинской области. Южно-Сахалинск, 2009

денных исследований показали, что величина снеговой нагрузки в отдельных прибрежных и равнинных районах достигает 6,5 кПа на Сахалине и 10,0 кПа на острове Парамушир (в районе г. Северо-Курильска).

Расчетные значения веса снегового покрова и формулы для расчета снеговой нагрузки в горах Сахалинской области приведены в табл. 3, а для равнинных и прибрежных районов — в табл. 4.

Выводы

Разработанная методика определения снеговых нагрузок позволяет рассчитывать их значения для горных территорий и малоизученных районов.

При расчетах снеговых нагрузок необходимо учитывать ландшафтно-индикационные свойства снежного покрова и вертикальные градиенты осадков и высоты снежного покрова.

Значения снеговых нагрузок (и количество снеговых районов), приве-

денные в СНиП 2.01.07-85* [15], для бо́льшей части территории Российской Федерации (особенно для горных районов) не соответствуют нагрузкам, которые наблюдаются в действительности (как правило, сильно занижают их значения).

Применение мелкомасштабных карт приложений 1-а и 1* СНиП 2.01.07-85* [15] при расчетах снеговых нагрузок приводит к ошибкам при определении снегового района и, как следствие, к просчетам при проектировании несущих конструкций зданий и сооружений, что влечет за собой вероятность возникновения аварийных ситуаций при их эксплуатации.

Для реального установления границ снеговых районов, особенно в горной местности, для территорий субъектов Российской Федерации необходимо разрабатывать средне- и крупномасштабные карты районирования территорий по весу снегового покрова.

Во вновь разрабатываемые нормативные документы для инженерных

изысканий в строительстве нужно включать требования о необходимости проведения исследований комплекса характеристик снежного покрова, в том числе определения структурно-стратиграфических характеристик снежного покрова рассматриваемого района.

Для Сахалинской области была впервые разработана карта районирования ее территории по весу снегового покрова в масштабе 1:1 000 000 с учетом характеристик стратиграфических комплексов снежного покрова в разных ландшафтах и использованием методики расчета снеговых нагрузок на сооружения в горных районах с учетом вертикального градиента осадков.

Для территории Сахалинской области были впервые подготовлены, утверждены министерством строительства области и рекомендованы к применению при проектно-изыскательских работах рекомендации по расчету значений снеговых нагрузок на сооружения для данного региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Генесина А.С.* Основные синоптические процессы в зимний период над Сахалинской областью // Снег и лавины Сахалина. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. С. 5–12.
- 2. Генсиоровский Ю.В. Периодичность метелевых зим на острове Сахалин и проблемы снегозаносимости урбанизированных территорий // Геориск. 2010. № 4.
- 3. *Генсиоровский Ю.В.* Расчет максимальных снегозапасов на основе ландшафтно-индикационных свойств снежного покрова // Материалы гляциологических исследований. 2007. Вып. 102. С. 73–79.
- 4. Генсиоровский Ю.В., Древило М.С., Казаков Н.А. Применение методики построения карт ландшафтно-стратиграфических комплексов снежного покрова для малоизученных территорий на ранних стадиях проектирования для оценки снегозаносимости территории (на примере острова Сахалин) // Труды III Международной конференции «Лавины и смежные вопросы». Кировск: Апатит-Медиа, 2007. С. 128–134.
- 5. *Генсиоровский Ю.В., Иванова О. В., Кононова Д.А.* Влияние снежных лавин на формирование стока рек Центрального Сахалина // Материалы гляциологических исследований. 2007. Вып. 103. С. 177–179.
- 6. *Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А.* Карта максимальных снегозапасов острова Сахалин // Сборник материалов XIV Гляциологического симпозиума «Гляциология от Международного геофизического года до Международного полярного года». Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2008. С. 30.
- 7. *Грепачевский И.В.* Особенности формирования и распределения максимальных запасов воды в снежном покрове на Сахалине // Снег и лавины Сахалина. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. С. 25–33.
- 8. *Древило М.С., Окопный В.И., Жируев С.П. и др.* Мониторинг снежного покрова острова Сахалин // Материалы гляциологических исследований. 2000. Вып. 89. С. 211–215.
- 9. *Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В.* Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2007. № 4. С. 342–347.
- 10. Казаков Н.А., Окопный В.И., Жируев С.П. и др. Лавинный режим Восточно-Сахалинских гор // Материалы гляциологических исследований. 1999. Вып. 87. С. 211–215.
- 11. *Лазарева Д.Ф.* Климатическая характеристика снегопереноса на Сахалине // Снег и лавины Сахалина. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. С. 13–24.
- 12. Материалы наблюдений за снежным покровом и осадками в горах. Южно-Сахалинск: Изд-во СахУГМС, 1959–1993.
- 13. Окопный В.И. Особенности лавинообразования на южных Курильских островах // Лед и снег. 2011. № 1 (113). С. 58–63.
- 14. Рекомендации по расчету снеговых нагрузок на сооружения в Сахалинской области. Южно-Сахалинск: Министерство строительства Сахалинской области, 2009. Препринт. 13 с.
- 15. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. М.: Госстрой России, 2003.
- 16. ТСН 20-301-97. Нагрузки и воздействия. Снеговые нагрузки. Республика Саха (Якутия). Якутск: Министерство строительства и архитектуры Республики Саха (Якутия), 1998. 28 с.
- 17. ТСН 20-302-2002. Нагрузки и воздействия. Ветровая и снеговая нагрузки. Краснодарский край. Краснодар: Департамент по строительству и архитектуре Краснодарского края, Администрация Краснодарского края, 2003. 16 с.