

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2\(25\)-57-65](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2(25)-57-65)

УДК: 624.042.42

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА СНЕГОВОГО ПОКРОВА И ЗНАЧЕНИЙ ВЫСОТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

## DETERMINATION OF SNOW LOAD ON THE GROUND AND THE VALUES OF THE HIGH-ALTITUDE COEFFICIENT FOR HIGHLANDS OF THE TRANSBAIKAL REGION

И. В. ЛЕБЕДЕВА, канд. техн. наук

Л. М. АРУТЮНЯН, канд. техн. наук

*Приведены результаты исследования веса снежного покрова для горного района Забайкальского края. Выполнен статистический анализ данных о максимальных ежегодных запасах воды в снеговом покрове, полученных на основе маршрутных снегосъемок в предгорьях хребта Удокан на различных высотах, а также данных многолетних наблюдений для метеостанций и постов Забайкальского УГМС и Амурской области Дальневосточного УГМС, расположенных в непосредственной близости к Удоканскому горному району.*

*В соответствии с требованиями СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия» и СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия» установлены расчетные значения веса снежного покрова, превышаемые в среднем один раз в 25 и 50 лет. На основе сравнительного анализа полученной информации выявлена зависимость нормативных и расчетных значений веса снежного покрова от высоты местности над уровнем моря и опреде-*

*The results of a research of snow load on the ground for highlands of the Transbaikal region are presented in the article. A statistical analysis of maximum annual values of snow load on the ground received by routing snow survey for the foothills of the Udokan ridge on different high levels is fulfilled. The long-term maximum annual data for meteorological stations and posts of the Transbaikal Hydrometeorological Department and the Amur region of the Far Eastern Hydrometeorological Department, located close to the Udokan ridge, are also analysed.*

*By requirements of SP 20.13330.2011 «SNiP 2.01.07-85\* Loads and actions» and SP 20.13330.2016 «SNiP 2.01.07-85\* Loads and actions», a design value of snow load on the ground is determined with 25-year mean return period and with 50-year mean return period. A relation between normative (or design) values of snow load on the ground and a height of terrain above sea level is determined by a comparative analysis of the above information. Numerical values of a high-alti-*

лены значения высотного коэффициента согласно методике СП 20.13330.2016.

tude coefficient are ascertained on the principles of SP 20.13330.2016.

**Ключевые слова:**

Вес снегового покрова, высотный коэффициент, нагрузки и воздействия, нормативное значение снеговой нагрузки, расчетное значение снеговой нагрузки

**Key words:**

Design value of snow load, high-altitude coefficient, loads and actions, snow load on the ground, normative value of snow load

**Введение**

Активное строительство зданий и сооружений в горных районах РФ приводит к необходимости проведения дополнительных исследований в горных районах с целью более корректного задания снеговых нагрузок с учетом увеличения веса снегового покрова с высотой над уровнем моря.

Исследования проводились для предполагаемого района строительства в предгорьях хребта Удокан Забайкальского края (рис. 1), который относится к II снеговому району согласно карте 1 приложения Е СП 20.13330.2016, однако в местах со сложным изменением рельефа и высотой над уровнем моря более 500 м необходимо проведение дополнительных исследований для установления высотного коэффициента, определяющего увеличение веса снегового покрова с высотой над уровнем моря.

Установление численных значений этого коэффициента являлось одной из основных целей проведенных исследований.

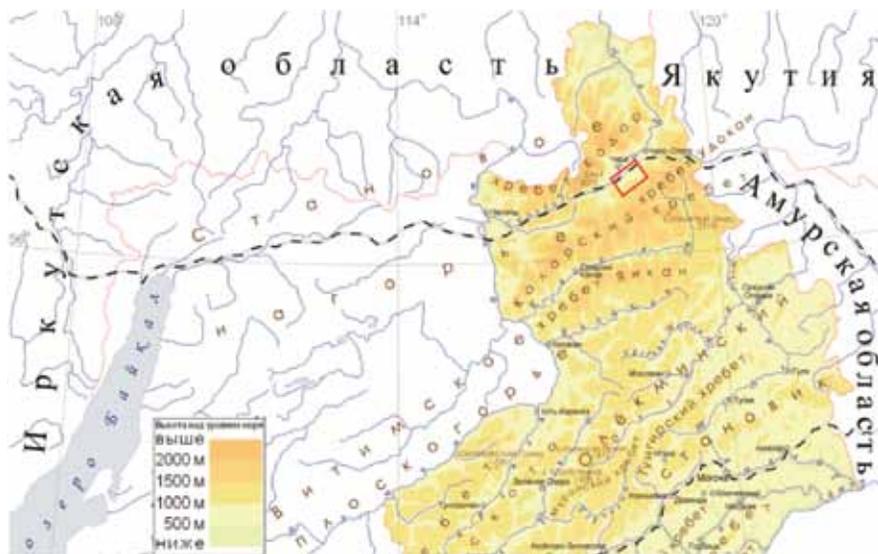


Рис.1. Предгорье хребта Удокан Забайкальского края [район исследования]

В рамках проведенных исследований был выполнен анализ исходных данных о максимальных ежегодных запасах воды в снеговом покрове, полученных на основе маршрутных снегосъемок Забайкальского УГМС, проведенных в горных районах местности, на снего-

мерных маршрутах Наминга – Нирунгнакан, расположенных в непосредственной близости от места проведения исследований.

При оценке веса снегового покрова использованы карты районирования территории РФ по весу снегового покрова, приведенные в СП 20.13330.2016, а также общие гидрометеорологические закономерности, связанные с образованием и перераспределением снежного покрова в горах, описанные в технической литературе [1-4].

## 1. Оценка расчетных значений веса снегового покрова

1.1. Данные о снегомерных участках и максимальных ежегодных запасах воды в снеговом покрове

При определении расчетных значений веса снегового покрова для исследуемого района были использованы данные метеостанций и постов Забайкальского УГМС и Амурской области Дальневосточного УГМС, имеющиеся в архиве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», с 1938 г. по 2017 г.

Были выбраны станции и посты, расположенные на равнинной территории в радиусе до 100 км от исследуемого района: Чара, Большая Лепринда, Нижний Ингамакит, Катугино, Средний Калар, и дополнительные метеостанции в радиусе до 200 км от исследуемого района: Средняя Олекма, Калакан, Моклакан, Усть-Нюкжа, имеющие длительный период наблюдений (табл. 1).

Таблица 1

### Сведения о снегомерных участках Забайкальского и Дальневосточного УГМС

Название станции	Высота над уровнем моря $h$ , м	Площадка		Год начала наблюдений	Число лет наблюдений $n$
		Характер местности	Характер рельефа		
Чара	708	лес	горный	1947	64
Большая Лепринда	982	лес	горный	1950	48
Нижний Ингамакит	1069	лес	горный	1961	21
Катугино	990	лес	горный	1957	36
Средний Калар	750	лес	горный	1947	67
Средняя Олекма	526	лес	горный	1951	44
Калакан	612	лес	горный	1938	68
Моклакан	708	лес	холмистый	1950	41
Усть-Нюкжа	430	лес	крупнохолмистый	1948	69

Для оценки изменения расчетных значений веса снегового покрова (ВСП) с высотой для района проводимых исследований использовались данные снегомерных наблюдений о запасах воды в снеговом покрове, проводимые Забайкальским УГМС (рис. 2) на маршрутах «Наминга – Нирунгнакан» с 1976/77 гг. по 1990/91 гг.

На снегомерном маршруте оборудовано 15 снегопунктов (табл. 2), охватывающих высоты 1200-1840 м.



Рис.2. Маршруты снегосъемок Забайкальского УГМС

Таблица 2

**Сведения о снегомерных участках по маршруту Наминга - Нирунгнакан**

Местоположение	Высота над уровнем моря h, м	Площадка		Год начала наблюдений	Число лет наблюдений n
		Экспозиция	Характер местности		
2 км ниже СЛС по долине р. Наминга	1290	С	лес	1976	12
3,6 км на С от п. Наминга на левом берегу руч. Скользкий	1350	СЗ	поляна	1976	12
Перевал Скользкий, 4 км на С по дороге Наминга – Чара	1600	СЗ	лес	1976	12
На левом берегу р. Наминга в 900 м С от пос. Наминга	1350	С	лес	1976	9
Правый берег руч. Розовый в 700 м выше устья	1440	С	лес	1976	12
На правом берегу р. Наминга в 1,0 км выше руч. Розовый на ЮЮВ от транспортной будки	1430	Ю	лес	1976	12
0,4 км выше устья р. Правая Наминга	1450	ЮЗ	поляна	1976	12
0,6 км на ЮЗ от слияния руч. Заозерный и Лев. Наминга	1560	ЮЗ	на плато	1976	12
В 500 м к СВ от 2-х озер	1546	ЮЗ	на плато	1976	12
На левом берегу р. Правая Наминга в 22 км выше слияния Лев. и Прав. Наминги	1510	ЮВ	лес	1976	12
3,2 км ниже Перевала на пр. берегу р. Наминга	1610	ЮВ	лес	1976	12
Левый борт Перевала Правая Наминга	1780	ЮВВ	на перевале	1976	12
На Ю 1,6 км от руч. Каменный 2,5 км от пос. Западный	1510	СЗ	на каменной россыпи	1976	7
На левом берегу р. Правый Нирунгнакан 0,4 км выше устья	1550	СЗ	на каменной россыпи	1976	4
В истоке руч. Нирунгнакан на лев. берегу на ЮЗ от оз. Нирунгнакан	1840	З	на плато	1976	4

На рис. 3 – 5 показаны графики максимальных ежегодных значений ВСП ( $S_{max}$ , кПа) для маршрутов Наминга – Нирунгнанан, метеостанций и гидрологических постов Забайкальского УГМС и Амурской области Дальневосточного УГМС за 1978-1979 гг., 1979-1980 гг. и 1981-1982 гг.

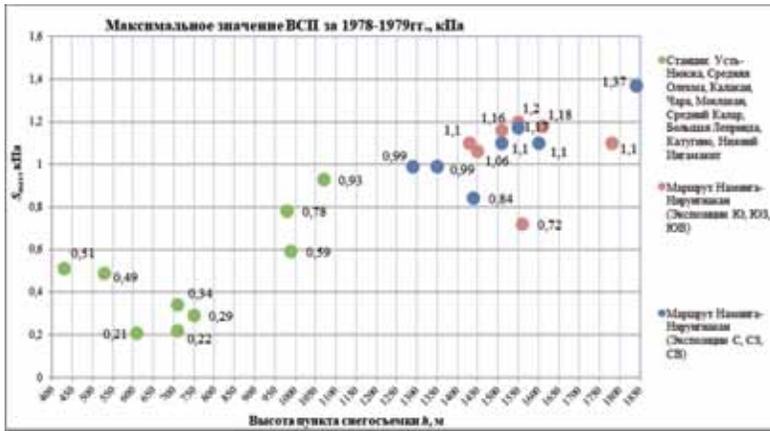


Рис.3. Максимальное значение ВСП за 1978-1979 гг.

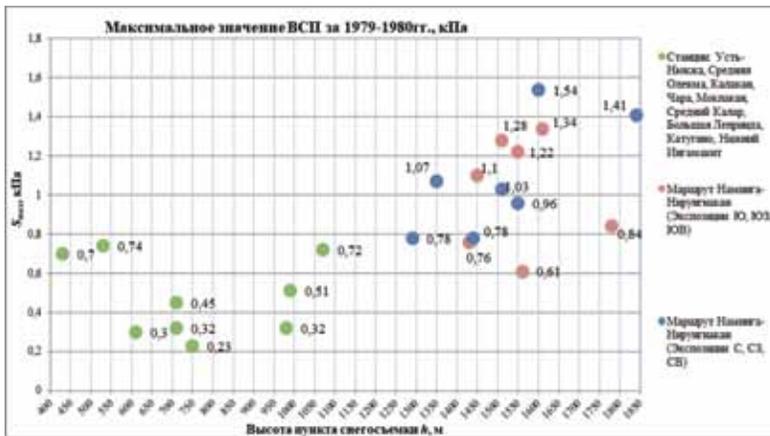


Рис.4. Максимальное значение ВСП за 1979-1980 гг.

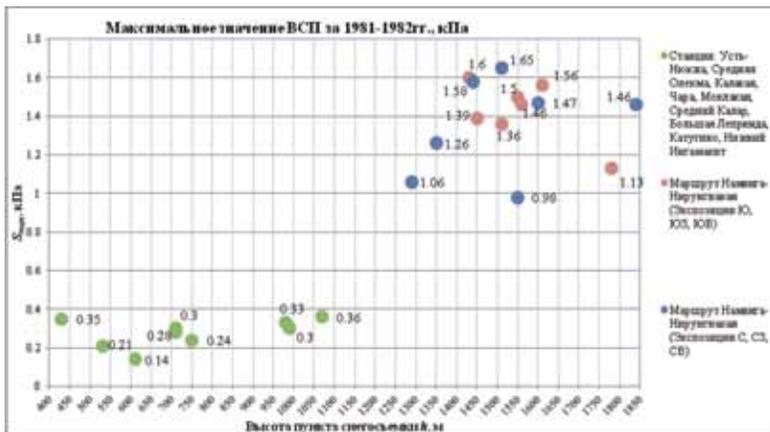


Рис.5. Максимальное значение ВСП за 1981-1982 гг.

1.2. Результаты статистической обработки данных о максимальных ежегодных запасах воды в снеговом покрове для метеостанций и постов, расположенных в исследуемом районе

Результаты статистической обработки данных о годовых максимумах ВСП представлены в табл. 3 и 4. Расчетные значения ВСП с различными периодами повторяемости ( $S_{g,T}$ , кПа) получены с использованием первого предельного распределения экстремальных значений Гумбеля.

Таблица 3

**Результаты статистической обработки данных о годовых максимумах ВСП, кПа, для метеостанций Забайкальского УГМС и Амурской области Дальневосточного УГМС**

Наименование станций	h, м	n, лет	ВСП, кПа	
			$S_{g,25}$	$S_{g,50}$
Чара	708	64	0,73	0,83
Большая Лепринда	982	48	1,29	1,46
Нижний Ингамакит	1069	21	1,34	1,50
Катугино	990	36	1,20	1,37
Средний Калар	750	67	0,71	0,81
Средняя Олекма	526	44	1,17	1,32
Калакан	612	68	0,79	0,90
Моклакан	708	41	0,97	1,09
Усть-Нюкжа	430	69	0,95	1,06

*Примечание:*  
 h – высота над уровнем моря, м;  
 n – число лет наблюдений;  
 $S_{g,25}$  – значение ВСП, превышаемое в среднем один раз в 25 лет, кПа;  
 $S_{g,50}$  – значение ВСП, превышаемое в среднем один раз в 50 лет, кПа.

Таблица 4

**Результаты статистической обработки данных о годовых максимумах ВСП, кПа, для снегомерных участков по маршруту Наминга-Нирунгакан**

Номер снегомерного участка	h, м	n, лет	ВСП, кПа	
			$S_{g,25}$	$S_{g,50}$
№1	1290	12	2,13	2,36
№2	1350	12	2,23	2,45
№3	1600	12	2,97	3,29
№4	1350	9	1,94	2,11
№5	1440	12	1,80	2,0
№6	1430	12	2,13	2,34
№7	1450	12	2,90	3,23
№8	1560	12	2,17	2,44
№9	1546	12	3,10	3,46
№10	1510	12	2,63	2,90
№11	1610	12	2,65	2,92
№12	1780	12	2,67	3,02
№13	1510	7	2,67	2,96

*Примечание:*  
 h – высота над уровнем моря, м;  
 n – число лет наблюдений;  
 $S_{g,25}$  – значение ВСП, превышаемое в среднем один раз в 25 лет, кПа;  
 $S_{g,50}$  – значение ВСП, превышаемое в среднем один раз в 50 лет, кПа.

### 1.3. Определение нормативных и расчетных значений ВСП для исследуемого района

При назначении снеговых нагрузок согласно СП 20.13330.2011 расчетное значение веса снегового покрова должно определяться на основе специально проведенных гидрометеорологических изысканий. По данным ближайшей метеостанции Большая Лепринда, расположенной на высоте 982 м над уровнем моря, расчетное значение веса снегового покрова  $S_g$ , превышаемое в среднем один раз в 25 лет, составляет 1,29 кПа и принимается в качестве расчетного для данной высоты местности и более низких высотных отметок в пределах района проводимого исследования.

При назначении снеговых нагрузок согласно СП 20.13330.2016 нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли для населенных пунктов района исследования, расположенных на высоте не более 500 м над уровнем моря принимается как для II снегового района  $S_g = 1,0$  кПа (100 кгс/м<sup>2</sup>). При этом расчетное значение веса снегового покрова, превышаемое в среднем один раз в 50 лет, с учетом коэффициента надежности по снеговой нагрузке  $\gamma_f = 1,4$  составляет 1,4 кПа.

Однако при высоте местности более 500 м над уровнем моря нормативное и расчетное значения ВСП принимаются с учетом высотного коэффициента, значения которого установлены далее.

## 2. Определение высотного коэффициента

Согласно примечанию к карте 1 приложения Е СП 20.13330.2016, для горных районов при высоте местности над уровнем моря  $h \leq 500$  м нормативное значение веса снегового покрова принимается равным  $S_g$ , кПа, для соответствующего снегового района; при  $h > 500$  м определяемое по формуле

$$S_g(h) = S_g + k_h(h-500), \quad (1)$$

где  $k_h$  определяется по табл. Е.1 или по данным органа гидрометеорологии.

Поскольку в табл. Е.1 исследуемый район не представлен, значения высотного коэффициента определяются по данным ближайших метеостанций.

Анализ данных о максимальных ежегодных запасах воды в снеговом покрове для метеостанций и постов, расположенных на высоте менее 1000 м над уровнем моря, показывает, что значение веса снегового покрова, превышаемое в среднем один раз в 50 лет, не превышает расчетного значения ВСП для II снегового района (1,4 кПа).

Поэтому при высотах, не превышающих 1000 м над уровнем моря, для района проводимого исследования принимается высотный коэффициент  $k_h = 0$ .

Для высот более 1000 м над уровнем моря нормативные значения веса снегового покрова, кПа, определяются по формуле

$$S_g(h) = S_g + k_h(h-1000), \quad (2)$$

где значения высотного коэффициента  $k_h$  для района проведения исследований установлены на основе анализа метеоданных о запасах воды в снеговом покрове на маршрутах Наминга – Нирунгнакан. При этом в качестве базового значения  $S_g$  принято

нормативное значение ВСП для метеостанции Большая Лепринда, расположенной на высоте 982 м над уровнем моря.

Расчет высотного коэффициента для участков северной, северо-западной и западной ориентаций показал, что среднее его значение составляет  $k_h=0,0016\dots0,0019$ ; для участков южной, юго-восточной и юго-западной ориентаций среднее значение высотного коэффициента составило  $k_h=0,0017\dots0,002$ . Установлено, что на склонах гор северной ориентации снега выпадает несколько меньше, чем на южных склонах, но в целом это различие несущественно.

Таким образом, рекомендуемые значения высотного коэффициента для района проведенных исследований составляют: при  $h \leq 1000$  м  $k_h = 0$ ; при  $h > 1000$  м  $k_h = 0,002$ .

По результатам анализа исходных данных о максимальных ежегодных запасах воды в снеговом покрове выявлена закономерность снижения роста градиента снеговой нагрузки при высотах свыше 1850 м вследствие усиленного снегопереноса и выдувания снега, а также некоторого уменьшения плотности облачности, приносящей осадки. Поэтому при высоте  $h > 2000$  м принимается постоянное значение снеговой нагрузки, соответствующее высоте  $h=2000$  м.

### Заключение

1. Проведенные исследования показали, что для зданий и сооружений, возводимых в районе предгорья хребта Удокан Забайкальского края для высот местности  $h \leq 1000$  м, расчетное значение веса снегового покрова  $S_g$ , превышаемое в среднем один раз в 25 лет (согласно СП 20.13330.2011), составляет 1,29 кПа.

2. Для участков местности, расположенных на высотах  $h \leq 1000$  м, нормативное значение веса снегового покрова  $S_g$  согласно СП 20.13330.2016 составляет 1,0 кПа. При этом расчетное значение веса снегового покрова  $S_g$ , превышаемое в среднем один раз в 50 лет, составляет 1,4 кПа.

3. Для участков местности, расположенных на высотах  $h > 1000$  м, нормативное значение веса снегового покрова определяется по формуле  $S_g(h) = S_g + k_h(h - 1000)$ , кПа. При этом значение высотного коэффициента принимается  $k_h = 0,002$ .

4. Для участков местности, расположенных на высотах  $h > 2000$  м, значение снеговой нагрузки принимается постоянным и соответствует высоте  $h = 2000$  м.

5. Полученное на основе проведенных исследований значение высотного коэффициента для горного района Забайкальского края может быть, по нашему мнению, включено в таблицу Е.1 приложения Е СП 20.13330.2016 при внесении изменений и дополнений в текст документа.

### Библиографический список

1. География лавин, под ред. С. М. Мягкова, Л. А. Канаева. — М.: Изд-во МГУ, 1992
2. Анисимов М.И. Снег и снежные обвалы. — М.: Изд. Академии наук СССР. — 1958. — 100 с.
3. Дюнин А.К. В царстве снега – Новосибирск: Наука; Сибирское отделение.. – 1983. – 161 с.

4. *Напрасников А.Т., Плюснин В.М.* Закономерности распределения снежного покрова Байкало-Монгольского региона // География и природные ресурсы. 2015. №2. С. 171-176.

## Авторы:

Ирина Владимировна ЛЕБЕДЕВА, канд. техн. наук, заместитель заведующего лабораторией надежности сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Irina LEBEDEVA, Ph.D. (Engineering), Duty head of Structure Reliability Department, TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: ilebedeva61@gmail.com

тел.: +7 (916) 561-23-72

Лилит Маратовна АРУТЮНЯН, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории надежности сооружений, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Lilit ARUTYUNYAN, Ph.D. (Engineering), Senior Researcher of Structure Reliability Department TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lns.lilit@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-77-95