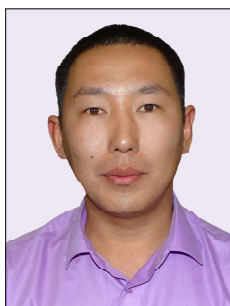


УДК 551.5 +551.31+551.32+551.34
DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-7-62-76

ОСОБЕННОСТИ СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ЭЛЬКОНСКОМ ГОРНОМ МАССИВЕ

FEATURES OF SNOW ACCUMULATION AND SNOW COVER PARAMETERS ON THE ELKON MOUNTAIN RANGE



А. Р. Кириллин,
Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск
mouks@ya.ru

A. Kirillin,
Melnikov Permafrost Institute SB RAS,
Yakutsk



М. Н. Железняк,
Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск
fe1956@mail.ru

M. Zheleznyak,
Melnikov Permafrost Institute SB RAS,
Yakutsk



А. Ф. Жирков,
Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск
zhirkov_af@mail.ru

A. Zhirkov,
Melnikov Permafrost Institute SB RAS,
Yakutsk



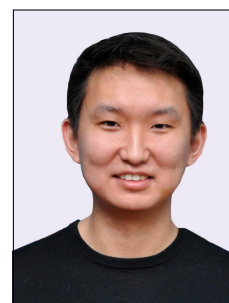
И. Е. Мисайлов,
Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск
ventura-83@mail.ru

I. Misailov,
Melnikov Permafrost Institute SB RAS,
Yakutsk



А. Г. Верхотуров,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита
wera10606@yandex.ru

A. Verkhoturov,
Transbaikal State University,
Chita



М. А. Сивцев,
Институт мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск
sivtsevi@mail.ru

M. Sivtsev,
Melnikov Permafrost Institute SB RAS,
Yakutsk

При интенсивном промышленном освоении Южной Якутии, в частности Эльконского горного массива, природная среда испытывает огромную антропогенную нагрузку. Для оценки состояния окружающей природной среды важно получить информацию о ее фоновом состоянии до начала интенсивного техногенного воздействия. Снежный покров представляет оптимальным индикатором химического загрязнения атмосферного воздуха и атмосферных осадков, так как является одним из значительных природных факторов, формирующих природные условия. Для принятия эффективных превентивных мер по

ликвидации тяжелых последствий необходимы достоверные данные по особенностям и условиям формирования снежного покрова.

Объектом исследования является Эльконский горный массив, расположенный в северной части Алдано-Станового нагорья. Предметом – особенности формирования снежного покрова в этом регионе.

Цель исследования – определение основных метеопараметров и физических характеристик, влияющих на условия формирования снежного покрова.

В исследовании применялся комплекс методов, включающий снегомерную съемку и режимные наблюдения за параметрами снега на ключевых участках.

В результате исследования получены новые данные о региональных особенностях формирования снежного покрова. Практическая направленность исследования состоит в повышении достоверности инженерно-геологического и геокриологического картирования и прогнозирования экологических изменений

Ключевые слова: Эльконский горст; плотность снега; высота снега; теплопроводность снега; снегомерная съемка; экспозиция; склон; осадки; температура; геоморфология; карта

With the intensive industrial development of South Yakutia, in particular the Elkon mountain range, the natural environment is experiencing an enormous anthropogenic load. To assess the state of the natural environment, it is important to obtain information about its background state before the start of an intensive technogenic impact. Snow cover seems to be the optimal indicator of chemical pollution of atmospheric air and atmospheric precipitation, as it is one of the significant natural factors that form natural conditions. To take effective preventive measures to eliminate severe consequences, reliable data on the characteristics and conditions of snow cover formation are required.

The object of research is the Elkon mountain range, located in the northern part of the Aldan-Stanovoy Upland. The subject is the peculiarities of the formation of snow cover in this region.

The purpose of the study is to determine the main meteorological parameters and physical characteristics that affect the conditions for the formation of snow cover.

A set of methods was used in the study, including snow survey and routine observations of snow parameters in key areas.

As a result of the study, new data were obtained on the regional features of the formation of snow cover. The practical focus of the study is to improve the reliability of engineering-geological and geocryological mapping and forecasting environmental changes

Key words: Elkon Horst; snow density; snow height; snow thermal conductivity; snow-measuring; exposition; slope; precipitation; temperature; geomorphology; map

Введение. Перспективы развития делают Южную Якутию одним из важнейших регионов России. Здесь сосредоточены богатые месторождения полезных ископаемых, такие как золото, уголь, железо, полиметаллы и др. Эльконский горст, расположенный в северной части Алдано-Станового нагорья, обладает уникальными запасами природных ресурсов. На площади 1500 км² выявлено около 40 золото-урановых месторождений, содержащих приблизительно 80 % резервных запасов урана Российской Федерации. Планами промышленного освоения Южной Якутии предусмотрено строительство крупного горнодобывающего предприятия в этом районе. С экологических позиций важно получить информацию о фоновом состоянии окружающей природной среды до начала интенсивного техногенного воздействия.

Без знания природных условий невозможно создать необходимые условия для эффективной эксплуатации ресурсного потенциала и обеспечения экологической безопасности территории.

Одним из значимых факторов формирования природных условий в регионе является снежный покров, влияние которого определяется его характеристиками (высота, время выпадения, плотность и ее динамические изменения в период снегонакопления, теплофизические свойства, продолжительность залегания и таяния и т. п.).

Актуальность исследования заключается в получении новых достоверных данных об особенностях формирования снежного покрова в предгорных и среднегорных областях Алданского нагорья, которые позволят повысить обоснованность проектных и прогноз-

ных инженерных решений, необходимых для управления освоением территорий и сохранения безопасного экологического состояния окружающей среды.

Объектом исследования стал Эльконский горный массив, расположенный в Восточной Сибири, на севере Алданского нагорья.

Целью исследования является выявление региональных особенностей формирования снежного покрова. Знание этих параметров позволяет дать детальную характеристику особенностей инженерно-геологических условий территории и повысить достоверность прогноза изменения природной среды.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- оценить природные условия территории исследования;
- выявить особенности распределения снежного покрова в пространстве и времени для различных геоморфологических условий;
- оценить физические и теплофизические свойства свойства снежного покрова.

Материалы и методы исследования. Объект исследований – Эльконский горст в региональном плане расположен в Восточной Сибири, на севере Алданского нагорья, в среднем течении р. Алдан, в 10...70 км южнее г. Томмот. Административно территория исследований общей площадью 1600 км²

относится к Алданскому району Республики Саха (Якутия). В орографической классификации – среднегорье с максимальными высотами водоразделов 1200...1449 м, в днищах речных долин 540...660 м, которое имеет название Эльконский горный массив. Максимальная высотная отметка в районе горы Курунг – 1449 м, минимальная – в днище речной долины р. Элькон 540 м. Абсолютные превышения водоразделов над днищами речных долин составляют 400...900 м.

Согласно климатической классификации Б. П. Алисова [2] территория Эльконского горста находится в III климатическом поясе (умеренная циркуляция) в 11-й климатической области (Континентальная Восточносибирская область). В районе Эльконского горста основное климатообразующее влияние оказывает отрог азиатского антициклона. Формирование здесь высокого атмосферного давления начинается в сентябре и сопровождается резким похолоданием.

Зима характеризуется преобладанием штилей, малой облачностью и сильными устойчивыми морозами. В летнее время эта территория находится в размытом барическом поле. Вследствие усиления циклонической деятельности преобладающие ветры западного, юго-западного и северо-западного направлений несут большое количество осадков и поддерживают высокую влажность воздуха (рис. 1).

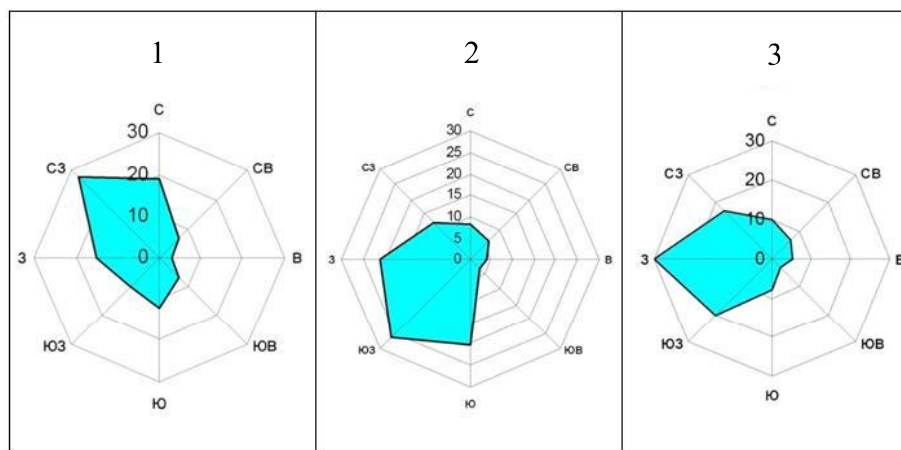


Рис. 1. Розы ветров по некоторым метеостанциям северной части Алданского нагорья: 1 – Томмот, 2 – Алдан, 3 – Горелый (Эмельджак) / Fig. 1. Wind roses for some meteorological stations in the northern part of the Aldan Highlands: 1 – Tommot, 2 – Aldan, 3 – Gorely (Emeldzhak)

Атмосферные осадки на рассматриваемой территории в течение всего года обуславливаются главным образом циркуляцией атмосферы, ее сезонными изменениями и интенсивностью циклонической деятельности.

В районе выпадает сравнительно большое количество осадков (430...700 мм), которое по сезонам года распределяется весьма неравномерно. Наибольшее количество осадков выпадает на высоких участках территории, находящихся на наветренных склонах по отношению к влагонесущим потокам, а наименьшее – в понижениях и долинах рек [5].

Предметом исследования является снежный покров, который как элемент климата характеризуется следующими показателями: датами появления и схода, образования и разрушения устойчивого снежного покрова, числом дней со снежным покровом, высотой, плотностью и запасом воды в снежном покрове.

Наибольшее среднегодовое число дней со снежным покровом (230...250 дней) наблюдается на наиболее возвышенных участках Алданского нагорья.

Снежный покров формируется за счет выпадающего снега, радиационного инея, изморози, ледяной пыли при сильных морозах и различных механических примесей. На-

званные источники формирования снежного покрова обладают большой изменчивостью во времени и обуславливают неравномерность его распределения в пространстве [19].

Распределение и структура снежного покрова зависят не только от интенсивности и продолжительности выпадения снега, но и от ветрового переноса (переотложение снега), связанного с характером рельефа и типом растительности. Частицы, переносимые ветром на большие расстояния, не могут сохранить постоянный размер в связи с механическим разрушением и испарением, последнее во время метелей ограничивает дальность переноса снежинок [7].

В работе Г. Д. Рихтера [14] установлено, что в зависимости от состояния поверхности снежного покрова (плотности, влажности, наличия наста, ледяных корок и т. п.) перенос снега начинается при скоростях ветра 4...10 м/с, в исключительных случаях от 2 м/с.

Основными методами исследования являлись снегомерная съемка и режимные наблюдения за параметрами снежного покрова на ключевых участках.

Определения высоты и плотности покрова выполнены по 4 профилям, на 34 ключевых участках в различных геоморфологических условиях (рис. 2).

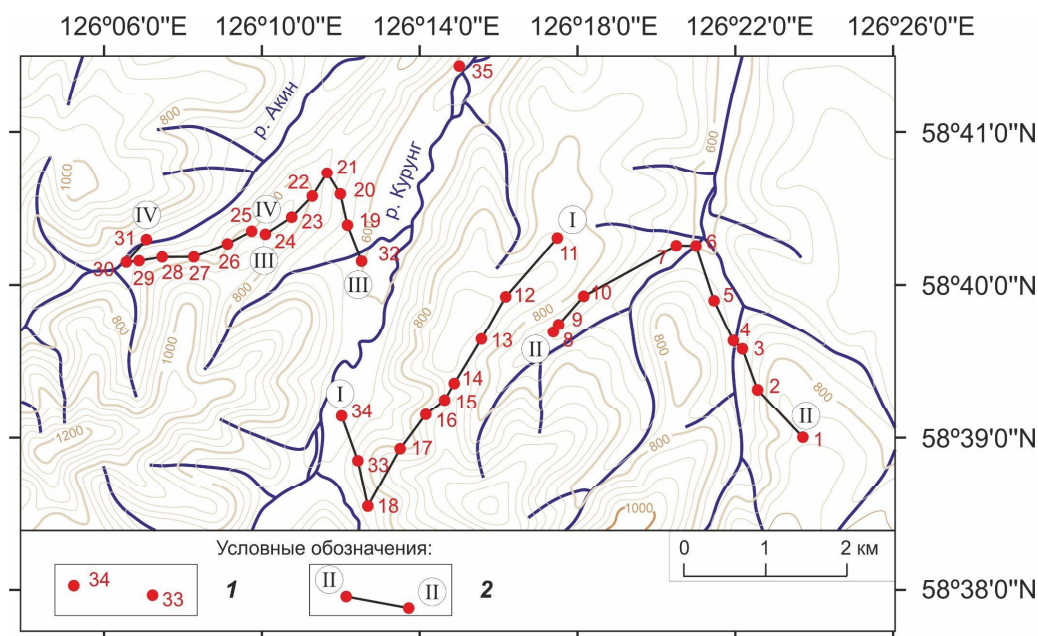


Рис. 2. Карта-схема расположения снегомерных вешек: 1 – снегомерная вешка и ее номер; 2 – линии снегомерных профилей / Fig. 2. Map-diagram of the location of the snow measuring batten: 1 – snow marker and its number; 2 – lines of snow profiles

Полевые наблюдения на выбранных участках в зиму 2014–2015 гг. проводили в период максимального накопления снега. Снегомерная съемка в течение двух зим (2015–2017) проводилась каждые 15 дней.

В ходе маршрутной снегомерной съемки высоту и плотность снежного покрова вдоль выбранных профилей измеряли традиционными способами. Для определения высоты снега применяли 1-метровую рейку с ценой деления 1 см. Плотность снега определяли с помощью весового снегомера ВС-43.

Ключевые участки выбирали как места сравнительно равномерного залегания снежного покрова. Расстояние между отдельными участками составляло приблизительно 100...200 м. Каждый ключевой участок обеспечивали 2...3 точками измерений. Точки располагались друг от друга на расстоянии 1...2 м. По результатам замеров плотности снега в отдельных точках (разрезах) вычисляли среднее арифметическое искомым величины. Плотность снега измеряли послойно для его отложений различной структуры. Контрольные замеры плотности снега проводили по всей высоте снежного покрова.

Изучением теплопроводности снежного покрова исследователи занимались на протяжении многих лет, однако общепринятого метода определения до сих пор не существует. Большинство исследователей приняло, что плотность снега является основным фактором, определяющим изменчивость теплопроводности снега [1; 4; 6; 8–11; 13; 15; 18]. Главной причиной несоответствия результатов у разных исследователей явилось различие в температурных условиях проведения опытов [12].

В данной работе рассмотрены следующие эмпирические зависимости теплопроводности снега от плотности:

Зависимость Б. В. Проскурякова [13]

$$\lambda_{\text{сн}} = 0,02093 + 1,01\rho_{\text{сн}}. \quad (1)$$

Эмпирическая зависимость А. В. Павлова

$$\lambda_{\text{сн}} = 0,00349 + 0,000352\rho_{\text{сн}} - 2,06 \cdot 10^{-7}\rho_{\text{сн}}^2 + 2,62 \cdot 10^{-9}\rho_{\text{сн}}^3. \quad (2)$$

Данная зависимость соответствует чисто кондуктивной теплопроводности, так как получена по экспериментальным данным при температуре $-25\text{ }^\circ\text{C}$ [12]. При температуре $-10\text{...}-20\text{ }^\circ\text{C}$ может быть использована упрощенная зависимость [10]

$$\lambda_{\text{сн}} = 10^{-5}\rho_{\text{сн}}. \quad (3)$$

Формула Н. И. Шендера получена по результатам расчетов термического сопротивления снежного покрова из натуральных наблюдений за температурным режимом снежного покрова в течение всего зимнего периода в задаче о промерзании грунтов

$$\lambda_{\text{сн}} = 0,06 + 0,564\rho_{\text{сн}} + 1,31\rho_{\text{сн}}^2. \quad (4)$$

Данное выражение в скрытом виде содержит в себе и зависимость $\lambda_{\text{сн}}$ от температуры снега [15].

В работе М. Штурма приводятся зависимости [18]

$$\lambda_{\text{сн}} = 0,023 + 0,234 \cdot 10^{-3}\rho_{\text{сн}}, \quad \text{при } \rho_{\text{сн}} < 156 \text{ кг/м}^3, \quad (5)$$

$$\lambda_{\text{сн}} = 0,138 - 1,01 \cdot 10^{-3}\rho_{\text{сн}} + 3,233 \cdot 10^{-6}\rho_{\text{сн}}^2, \quad \text{при } 156 < \rho_{\text{сн}} < 600 \text{ кг/м}^3. \quad (6)$$

В своих работах Н. И. Осокин [6–9] рассмотрел 20 известных эмпирических зависимостей и на их основе вывел следующую:

$$\lambda_{\text{сн}} = 9,165 \cdot 10^{-2} - 3,814 \cdot 10^{-4}\rho_{\text{сн}} + 2,905 \cdot 10^{-6}\rho_{\text{сн}}^2. \quad (7)$$

В начале апреля 2015 г. при максимальном снегонакоплении проводились натурные исследования теплопроводности снега. Для этого использовался серийно выпускаемый прибор KD-2Pro, основанный на методе цилиндрического зонда. На ключевых участках пройдено 25 шурфов с послойным описанием структуры и измерением плотности и теплопроводности.

Результаты исследования и их обсуждение. Эльконский горст имеет сильно расчлененный рельеф поверхности и характеризуется наличием глубоких врезов. Это благоприятствует ветровому перераспределению выпадающего снега, обуславливает неоднородность снежного покрова и зависимость его толщины и плотности от экспозиции склонов и абсолютной высоты местности.

По нашим наблюдениям, высота снежного покрова в районе Эльконского горста в большинстве случаев варьирует в пределах 68...143 см, плотность снега – 140...336 кг/м³. С увеличением высотной отметки местности в пределах рассматриваемой территории увеличивается высота и плотность снежного покрова (рис. 3).

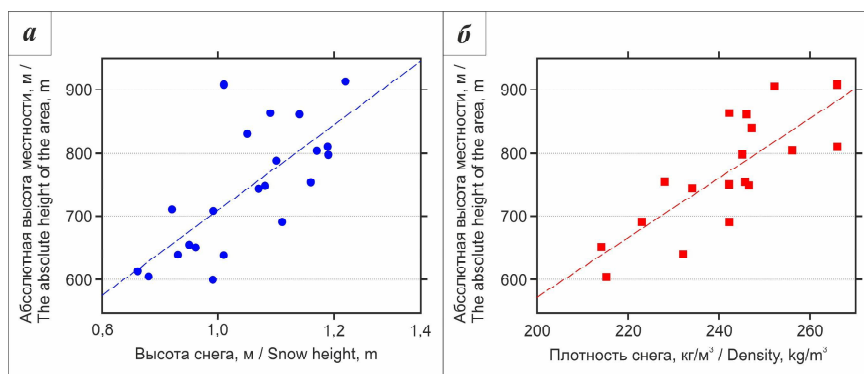


Рис. 3. Зависимость высоты (а) и плотности (б) снежного покрова от абсолютной отметки местности /
Fig. 3. Dependence of the height (а) and density (б) of snow cover on the absolute elevation of the area

На пологих склонах и в долинах рек и ручьев растительность представлена густым (более сомкнутым) лиственнично-березовым лесом, который практически сводит на нет возможность ветрового перераспределения. В противовес этому на крутых склонах, гольцах и приводораздельных участках низкорослая и разреженная растительность (часто полное ее отсутствие), благоприятствует неравномерному распределению снежного покрова при ветровой деятельности.

В процессе снегомерных съемок в исследуемом районе охарактеризованы продолжительность и особенности формирования снежного покрова по пяти этапам Н. Н. Галахова [3]:

1. Предзимье. Появление первого снежного покрова на приводораздельных участках Эльконского горста приходится на первую-вторую декаду сентября, а в долинах это происходит позднее на 1...3 недели и при более низких температурах воздуха. В некоторые годы первый снежный покров остается на зиму, в другие же годы бывает несколько временных снежных покровов.

2. Стабильный снежный покров. Устойчивым снежным покровом считается снежный покров, который лежит непрерывно в течение всей зимы. На Эльконском горсте он образуется в третьей декаде сентября или в первой декаде октября. Продолжительность его залегания составляет порядка 7...8 месяцев и обусловлена температурными условиями холодного периода года, геоморфологическими условиями, величиной облачности и солнечного сияния, количеством выпадающих твердых осадков, высотой накопившегося снежного покрова, характером растительного покрова.

3. Пестрый ландшафт. Разрушение снежного покрова начинается во второй декаде марта, сразу после перехода среднесуточной температуры воздуха через -15°C до окончания устойчивых морозов или близко к этой дате. Этот период составляет 4...6 недель.

4. Послезимье. Временные снежные покровы (весенние снегопады) на рассматриваемой территории характерны для первой декады апреля. Изредка бывают майские мокрые снегопады. Апрельско-майские временные снежные покровы наблюдаются после перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C и нередко сопровождается ветрами. Период этих явлений – 1...4 недели.

5. Снежники. В связи с большой вертикальной расчлененностью рельефа и перераспределением снега ветровым переносом, происходит усиленное снегонакопление на подветренных склонах, в западинах, распадках, оврагах и т. д. Эти скопления снега сходят очень медленно, особенно под прикрытием растительности. Их сход продолжается при положительных среднесуточных температурах воздуха в теплый период года вплоть до второй декады июля.

Распределение снежной толщи в пределах рассматриваемого региона неравномерно. Основными факторами, играющими значительную роль в неравномерности распределения снежного покрова, являются: 1) экспозиция склона; 2) абсолютная высота и комплекс форм рельефа местности (водораздел, склон, долина и т. д.); 3) растительный покров.

В зимний период преобладание северо-западного переноса основных воздушных масс обуславливает различие в высоте снеж-

ного покрова на склонах различных экспозиций. Так на склонах северных экспозиций (С и СЗ) его величина значительно меньше, чем на склонах южных экспозиций (Ю и ЮВ) и в среднем составляет 98 см – на первых и 118 см – на вторых. В период 2014–2020 гг.

малая высота снежного покрова (89 см) и его более ранний сход наблюдалась на западных (З и СЗ) склонах. В табл. 1 приведены усредненные данные высоты снежного покрова по многолетним наблюдениям.

Таблица 1 / Table 1

Высота снежного покрова (в период начала снеготаяния) для различных геоморфологических условий (2014–2020 гг.) / Height of snow cover (during the beginning of snow melting) for various geomorphological conditions (2014–2020)

Элемент рельефа / Terrain element	Склон С эксп. / North slope	Склон В эксп. / East slope	Склон ЮВ эксп. / Southeast slope	Склон ЮЗ эксп. / Southwest slope	Склон З эксп. / Western slope	Склон СЗ эксп. / Northwest slope	Речные долины / River valleys	Плоские водоразделы / Flat watersheds
Количество вешек, шт. / Number of batten, pcs.	4	4	6	3	3	5	6	5
Высота (h _{сн})*, см / Snow height, cm	$\frac{83 \div 130}{108}$	$\frac{71 \div 132}{105}$	$\frac{82 \div 143}{118}$	$\frac{80 \div 140}{104}$	$\frac{72 \div 105}{89}$	$\frac{70 \div 117}{98}$	$\frac{70 \div 110}{84}$	$\frac{68 \div 140}{106}$

Примечание: *высота снежного покрова $\frac{\text{минимальное} + \text{максимально}}{\text{среднее}}$ /

Note: *the snow depth values $\frac{\text{minimum} + \text{maximum}}{\text{average}}$

На основании анализа полученных наблюдений выведены уравнения регрессии, описывающие формирования высоты снежного покрова (h_{сн}, см) во времени (τ, сут):

1. Плоские водоразделы

$$h_{сн}(\tau) = 18,54 \cdot \ln(\tau) - 6,74, R^2 = 0,90. \quad (8)$$

2. Речные долины

$$h_{сн}(\tau) = 14,54 \cdot \ln(\tau) - 3,46, R^2 = 0,91. \quad (9)$$

3. Склоны восточной экспозиции

$$h_{сн}(\tau) = 21,79 \cdot \ln(\tau) - 5,93, R^2 = 0,91. \quad (10)$$

4. Склоны западной экспозиции

$$h_{сн}(\tau) = 17,57 \cdot \ln(\tau) - 6,13, R^2 = 0,91. \quad (11)$$

5. Склоны северной экспозиции

$$h_{сн}(\tau) = 21,51 \cdot \ln(\tau) - 4,92, R^2 = 0,92. \quad (12)$$

6. Склоны северо-западной экспозиции

$$h_{сн}(\tau) = 17,97 \cdot \ln(\tau) - 7,24, R^2 = 0,94$$

7. Склоны юго-восточной экспозиции

$$h_{сн}(\tau) = 29,33 \cdot \ln(\tau) - 41,53, R^2 = 0,92. \quad (14)$$

8. Склоны юго-западной экспозиции

$$h_{сн}(\tau) = 20,29 \cdot \ln(\tau) - 6,18, R^2 = 0,94. \quad (15)$$

На основании режимных наблюдений выделено 4 группы (по диапазонам изменения высоты снежного покрова), характерных для различных геоморфологических условий:

1) с высотой снежного покрова 60...80 см, характерна для долин рек и ручьев и подножий склонов;

2) диапазон 80...100 см, характерна для горных склонов СЗ, З, ЮЗ экспозиции и для плоских водоразделов с абсолютной высотой более 1200 м;

3) с высотой снежного покрова 100...120 см, свойственна склонам СВ, В, ЮВ экспозиции и плоским вершинам водоразделов с отметками 1120...1200 м.

4) диапазон более 120 см, характера для склонов Ю и ЮВ экспозиции и для вогнутых водоразделов с абсолютными высотами 1000...1120 м.

На основании полученных данных составлена карта-схема распределения снежного покрова на территории Эльконского горста (рис. 4).

Плотность снежного покрова определяет его теплопроводность, термическое сопротивление, прозрачность и некоторые другие физические параметры снега [16; 17].

Для определения значений плотности снежного покрова на Эльконском горсте автором использовались материалы снегомерных съемок и данные метеостанций Алдан и Томмот. Для ряда элементов рельефа выявлены предельные и средние значения плотности устойчивого снежного покрова (табл. 2).

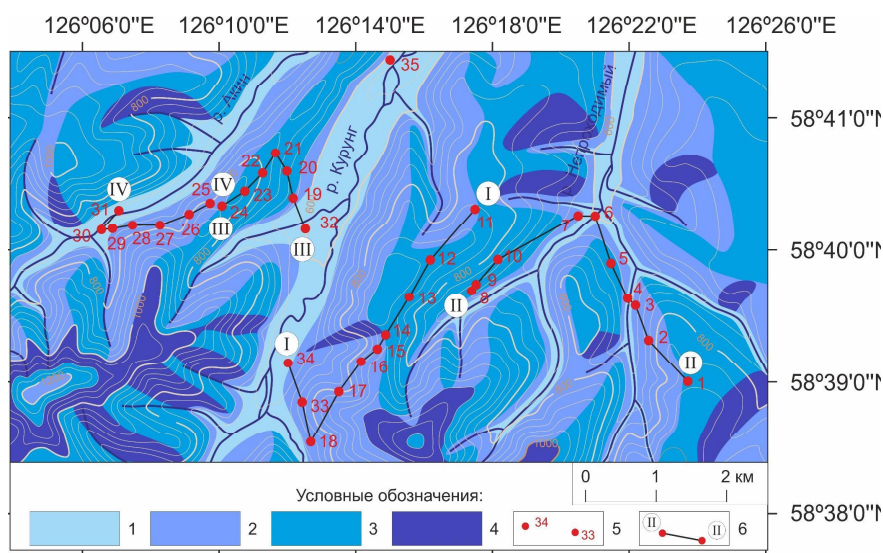


Рис. 4. Карта-схема высоты снежного покрова на территории Эльконского горного массива. Условные обозначения: Высота снега 1 – 60...80 см; 2 – 80...100 см; 3 – 100...120 см; 4 – 120 см и более; 5 – снегомерная вешка и ее номер; 6 – линии снегомерных профилей / Fig. 4. Schematic map of the snow cover height in the territory of the Elkon mountain range. Legend: Snow height 1 – from 60 to 80 cm; 2 – from 80 to 100 cm; 3 – from 100 to 120 cm; 4 – from 120 cm and more; 5 – an oversized pole and its number; 6 – lines of snow profiles

Таблица 2 / Table 2

Плотность ($\rho_{сн}$) снежного покрова (в период начала снеготаяния) на различных элементах рельефа (2014–2020 гг.) / Density ($\rho_{сн}$) of snow cover (during the period of the snow melting beginning) on various elements of the relief (2014–2020)

Элемент рельефа / Terrain element	Склон С эксп. / North slope	Склон В эксп. / East slope	Склон ЮВ эксп. / Southeast slope	Склон ЮЗ эксп. / Southwest slope	Склон З эксп. / Western slope	Склон СЗ эксп. / Northwest slope	Речные долины / River valleys	Плоские водоразделы / Flat watersheds
Кол-во вешек, шт. / Number of batten, pcs.	4	4	6	3	3	5	6	5
Плотность*, кг/м ³ / Density, kg/m ³	$\frac{213 \div 321}{243}$	$\frac{192 \div 210}{203}$	$\frac{172 \div 272}{219}$	$\frac{210 \div 285}{253}$	$\frac{230 \div 282}{253}$	$\frac{140 \div 297}{228}$	$\frac{194 \div 366}{247}$	$\frac{177 \div 332}{235}$

Примечание: * значение плотности снежного покрова $\frac{\text{минимальное} + \text{максимальное}}{\text{среднее}}$ /

Note: * of the density of snow cover $\frac{\text{minimum} + \text{maximum}}{\text{average}}$

Установлено, что к началу снеготаяния плотность снежного покрова варьирует в пределах 140...366 кг/м³. На наветренных склонах (С, Ю-З экспозиций) формируется более плотный снежный покров, чем на подветренных (В, Ю-В) склонах.

Результаты расчетов эффективной теплопроводности снега при максимальном снегонакоплении приведены в табл. 3.

Для одной и той же плотности расчетные данные теплопроводности снега по зависимостям разных авторов могут отличаться более чем в два раза (рис. 5).

Расхождение в полученных значениях можно объяснить тем, что авторами опыты

проводились при различных температурных условиях. Также имеются региональные особенности изменений структуры снежного покрова, которые повлияли в выводе эмпирических зависимостей.

По результатам натурных исследований 2015 г., теплопроводность снега изменяется в пределах 0,15...0,66 Вт/(м·К). В табл. 4 приведены данные измерений и расчетов по двум шурфам. Натурные данные теплопроводности снега близки по значению с расчетными данными, полученными по формуле Н. И. Шендера, связи с этим, в дальнейшем при построениях и расчетах нами использовалась именно эта зависимость.

Таблица 3 / Table 3

Эффективная теплопроводность снежного покрова ($\lambda_{сн}$) для различных геоморфологических условий Эльконского горста / Effective thermal conductivity of snow cover (λ_{sn}) for different geomorphological conditions of the Elkon horst

Авторы эмпирических зависимостей / Authors of empirical dependencies	Элемент рельефа / Terrain element							
	Склон С эсп. / North slope slope	Склон В эсп. / East slope	Склон ЮВ эсп. / Southeast slope	Склон ЮЗ эсп. / Southwest slope	Склон З эсп. / Western slope	Склон СЗ эсп. / Northwest slope	Речные долины / River valleys	Плоские водораз- делы / Flat water- sheds
	Теплопроводность ($\lambda_{сн}$), Вт/(м·К) / Thermal conductivity (λ_{sn}), W / m·K							
Б. В. Проскуряков / B. V. Proskuryakov	0,24 ÷ 0,35	0,21 ÷ 0,23	0,19 ÷ 0,30	0,23 ÷ 0,31	0,25 ÷ 0,31	0,16 ÷ 0,32	0,22 ÷ 0,39	0,20 ÷ 0,36
	0,27	0,23	0,24	0,28	0,28	0,25	0,27	0,26
А. В. Павлов / A. V. Pavlova	0,09 ÷ 0,18	0,08 ÷ 0,09	0,07 ÷ 0,14	0,09 ÷ 0,15	0,11 ÷ 0,15	0,06 ÷ 0,16	0,08 ÷ 0,23	0,07 ÷ 0,19
	0,11	0,09	0,10	0,12	0,12	0,10	0,12	0,11
Н. И. Шендер / N. I. Shender	0,24 ÷ 0,38	0,22 ÷ 0,24	0,20 ÷ 0,31	0,24 ÷ 0,33	0,26 ÷ 0,32	0,16 ÷ 0,34	0,22 ÷ 0,44	0,20 ÷ 0,39
	0,27	0,23	0,25	0,29	0,29	0,26	0,28	0,27
М. Штурм / M. Shturm	0,07 ÷ 0,15	0,06 ÷ 0,07	0,06 ÷ 0,10	0,07 ÷ 0,11	0,08 ÷ 0,11	0,06 ÷ 0,12	0,06 ÷ 0,20	0,06 ÷ 0,16
	0,08	0,07	0,07	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08
Н. И. Осокин / N. I. Osokin	0,14 ÷ 0,27	0,13 ÷ 0,14	0,11 ÷ 0,20	0,14 ÷ 0,22	0,16 ÷ 0,22	0,10 ÷ 0,23	0,13 ÷ 0,34	0,12 ÷ 0,29
	0,17	0,13	0,15	0,18	0,18	0,16	0,17	0,16

Примечание: в колонках значения плотности снежного покрова $\frac{\text{минимальное} + \text{максимальное}}{\text{среднее}}$ /

Note: in the columns of the density of snow cover $\frac{\text{minimum} + \text{maximum}}{\text{average}}$

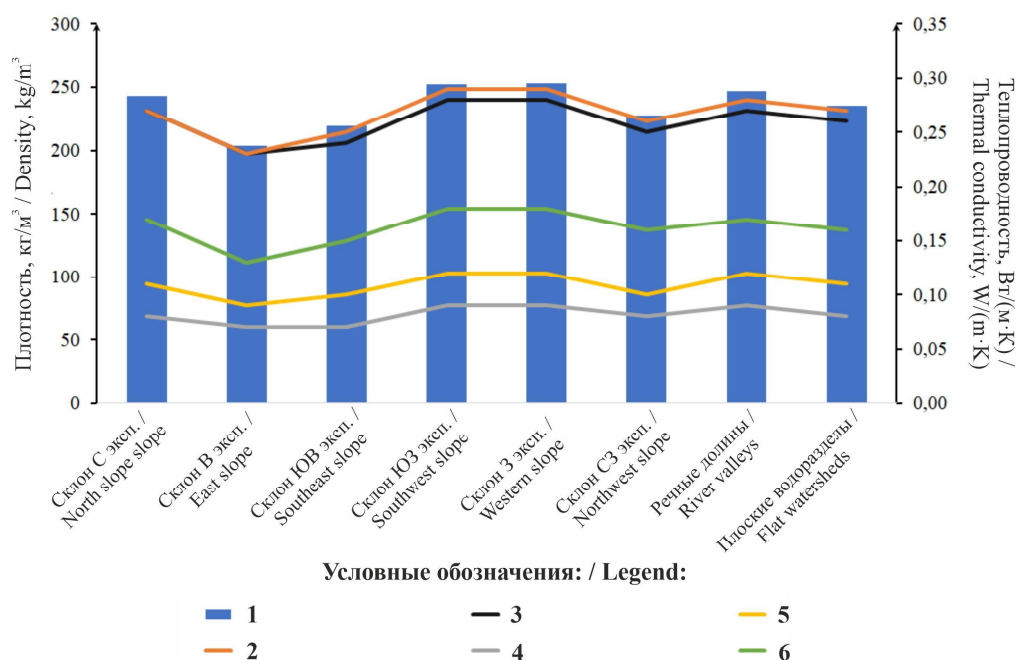


Рис. 5. Значения эффективной теплопроводности снега (по расчетным формулам различных авторов) в зависимости от его плотности на разных элементах рельефа Эльконского горста:

1 – натурные данные плотности снега, кг/м³; Теплопроводность снега по формулам разных авторов: 2 – Н. И. Шендер; 3 – Б. В. Проскуряков; 4 – М. Штурм; 5 – А. В. Павлов; 6 – Н. И. Осокин / Fig. 5. Values of effective thermal conductivity of snow (according to the calculation formulas of various authors) depending on its density on different relief elements of the Elkon Horst 1 - snow density, kg / m³; thermal conductivity of snow according to the formulas of different authors: 2 – N. I. Shender; 3 – B. V. Proskuryakov; 4 – M. Shturm; 5 – A. V. Pavlov; 6 – N. I. Osokin

Таблица 4 / Table 4

Натурные данные послойного описания и измерений плотности и теплопроводности снега (на примере двух шурфов) / Field data of layer-by-layer description and measurements of density and thermal conductivity of snow (on the example of the two shaft)

Номер шурфа / Number shaft	Интервал, см / Depth, cm	Описание / Specification	Плотность, кг/м³ / Density, kg/m³	Уровень замера $\lambda_{сн}$, см / Measurement height, cm	Температура, °C / Temperature, °C	$\lambda_{сн}$, Вт/(м*К)	
						Натурные данные / Field data	Расчетные по формуле Н. И. Шендера / Calculated according to the formula of N. I. Shender
9	90...75	I	280	85	-9,4	0,29	0,32
	75...53	II	250	65	-10,0	0,28	0,28
	53...20	III	236	35	-5,6	0,27	0,27
	20...10	IV	380	15	-3,6	0,45	0,46
	10...0	V	514	5	-3,2	0,66	0,70
21	110...89	I	243	100	-9,1	0,27	0,27
	89...70	II	279	80	-10,0	0,30	0,32
	70...40	III	267	55	-8,4	0,30	0,30
	40...10	III	287	25	-7,3	0,30	0,33
	10...0	V	411	5	-7,0	0,48	0,51

Примечание: I – мелкозернистый плотный; II – среднезернистый рыхлый; III – крупнозернистый рыхлый; IV – крупнозернистый плотный; V – крупнозернистый сильно плотный (глубинная изморозь) / Note: I – fine-grained dense; II – medium-grained loose; III – coarse loose; IV – coarse-grained, dense; V – coarse-grained very dense (deep rime)

В начальный период формирования снежного покрова (октябрь-декабрь) отмечается повышение эффективной теплопроводности, связанное с интенсивным увеличением его высоты и уплотнением ни-

жезалегающих слоев за счет веса выпадающего снега (рис. 6). В дальнейшем эффективная теплопроводность снега изменяется менее интенсивно в связи с сокращением количества выпадающих осадков.

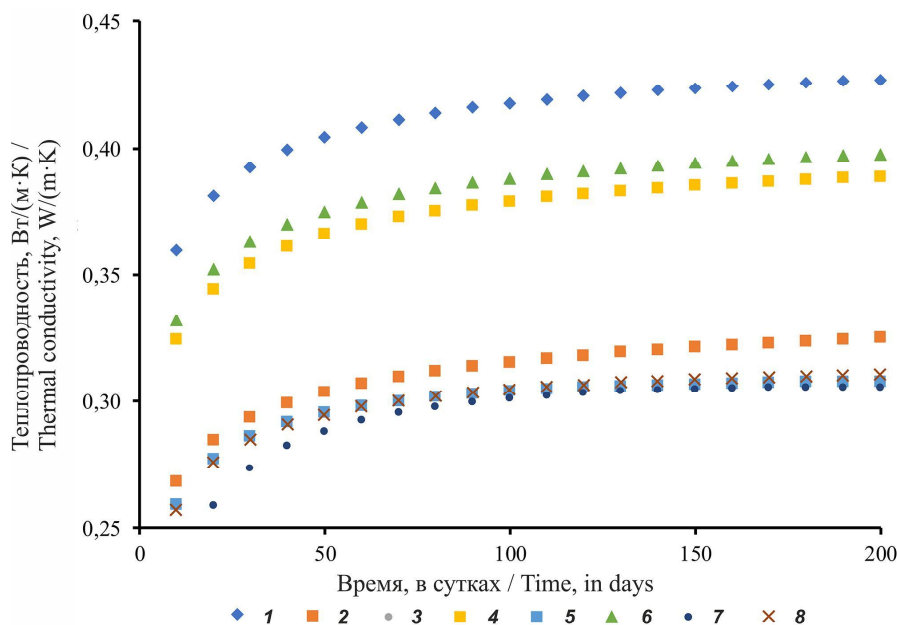


Рис. 6. Изменение эффективной теплопроводности снежного покрова в период его формирования. Условные обозначения: 1 – плоские водоразделы; 2 – долины рек; 3 – склоны восточной экспозиции; 4 – склоны западной экспозиции; 5 – склоны северной экспозиции; 6 – склоны северо-западной экспозиции; 7 – склоны юго-восточной экспозиции; 8 – склоны юго-западной экспозиции / Fig. 6. Changes in the effective thermal conductivity of the snow cover during its formation. Legend: 1 – flat watersheds; 2 – river valleys; 3 – slopes of the eastern exposure; 4 – western exposure slopes; 5 – slopes of the northern exposure; 6 – slopes of the northwest exposure; 7 – slopes of southeastern exposure; 8 – slopes southwest exposure

В процессе выполненных исследований выявлены профили снежного покрова, типичные для ряда представительных элементов рельефа Эльконского горста. Эти профили обеспечены данными о высоте, плотности и эффективной теплопроводности снега в указанном районе:

I. Профиль снежного покрова склонов северной экспозиции. В разрезе этого покрова (высотой в среднем 108 см) различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу вверх:

- 1) 0...43 см высоты – крупнозернистый снег, $\rho_{сн} = 258 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,29 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 2) 43...65 см высоты – среднезернистый снег, $\rho_{сн} = 300 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 3) 65...88 см высоты – мелкозернистый снег, $\rho_{сн} = 243 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,27 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 4) 88...108 см высоты – рыхлый снег $\rho_{сн} = 127 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,15 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

II. Профиль снежного покрова склонов восточной экспозиции. В разрезе этого покрова различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу вверх:

- 1) 0...37 см – крупнозернистый снег, $\rho_{сн} = 344 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,41 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 2) 37...60 см – среднезернистый снег с $\rho_{сн} = 230 \text{ кг/м}^3$ и $\lambda_{сн} = 0,26 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 3) 60...85 см – мелкозернистый снег, $\rho_{сн} = 236 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,27 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 4) 85...105 см – рыхлый свежесвыпавший снег, $\rho_{сн} = 108 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,14 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

III. Профиль снежного покрова склонов юго-восточной экспозиции. В разрезе этого покрова (высотой в среднем 118 см) различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу вверх:

- 1) 0...10 см – глубинная изморозь, $\rho_{сн} = 344 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{сн} = 0,41 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

2) 10...52 см – крупнозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 259 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,29 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

3) 52...74 см – среднезернистый снег,
 $\rho_{CH} = 289 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,33 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

4) 74...98 см – мелкозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 250 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,28 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

5) 98...118 см – рыхлый свежеснеговывающий снег,
 $\rho_{CH} = 132 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

IV. Профиль снежного покрова склонов юго-западной экспозиции. В разрезах этого покрова (высотой в среднем 104 см) различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу:

1) 0...9 см – глубинная изморозь,
 $\rho_{CH} = 350 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,42 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

2) 9...42 см – крупнозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 257 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,29 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

3) 42...62 см – среднезернистый снег,
 $\rho_{CH} = 285 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,33 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

4) 62...84 см – мелкозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 243 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,27 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

5) 84...104 см – рыхлый свежеснеговывающий снег,
 $\rho_{CH} = 117 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,14 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

V. Профиль снежного покрова склонов западной экспозиции. В разрезе этого покрова (высотой в среднем 104 см) различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу вверх:

1) 0...5 см – глубинная изморозь,
 $\rho_{CH} = 370 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,45 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

2) 5...37 см – крупнозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 292 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,34 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

3) 37...59 см – среднезернистый снег,
 $\rho_{CH} = 280 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,32 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

4) 59...74 см – мелкозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 242 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,27 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

5) 74...89 см – рыхлый свежеснеговывающий снег,
 $\rho_{CH} = 116 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,14 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

VI. Профиль снежного покрова склонов северо-западной экспозиции. В разрезе этого покрова (высотой в среднем 98 см) различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу:

1) 0...7 см – глубинная изморозь,
 $\rho_{CH} = 313 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,36 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

2) 7...43 см – крупнозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 258 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,29 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

3) 43...61 см – среднезернистый снег,
 $\rho_{CH} = 295 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,34 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

4) 61...81 см – мелкозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 234 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,26 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

5) 81...98 см – рыхлый свежеснеговывающий снег,
 $\rho_{CH} = 117 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,14 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

VII. Профиль снежного покрова речных долин. В разрезе этого покрова (высотой в

среднем 84 см) различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу вверх:

1) 0...34 см – крупнозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 268 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,31 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

2) 34...52 см – среднезернистый снег,
 $\rho_{CH} = 283 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,32 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

3) 52...69 см – мелкозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 249 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,28 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

4) 69...84 см – рыхлый свежеснеговывающий снег,
 $\rho_{CH} = 127 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,15 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

VIII. Профиль снежного покрова плоских водоразделов. В разрезе этого покрова (высотой в среднем 106 см) различаются по его высоте и структуре следующие слои снизу вверх:

1) 0...45 см – крупнозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 275 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,31 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

2) 45...65 см – среднезернистый снег,
 $\rho_{CH} = 312 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,36 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

3) 65...86 см – мелкозернистый снег,
 $\rho_{CH} = 267 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,30 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

4) 86...106 см – рыхлый свежеснеговывающий снег,
 $\rho_{CH} = 133 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_{CH} = 0,16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Наименьшая высота снежного покрова (см. табл. 1) отмечается в долинах рек и ручьев Эльконского горста. Это обусловлено наличием там густой растительности, задерживающей часть снежного покрова на кронах и отсутствием ветрового переноса снега.

К особенностям формирования структуры снежного покрова рассматриваемой территории можно отнести:

– появление глубинной изморози в нижней части снежного покрова на склонах восточной, юго-восточной, южной, юго-западной и западной экспозиций, что связано с повышенной (относительно других склонов) инсоляцией и залеганием на поверхности кристаллических пород, имеющих высокие значения теплопроводности;

– в начале осенне-зимнего периода свежеснеговывающий снег начинает кристаллизоваться при отдаче тепла нагретой поверхностью пород, затем он уплотняется со временем от веса верхне-лежащих слоев.

Заключение. Снежный покров является одной из важных характеристик природной среды, без учета и знаний которой невозможна оценка экологической обстановки региона и прогноз изменения состояния окружающей природной среды. Полученные результаты позволили выявить региональные особенности формирования снежного покрова. Впервые получены многолетние данные о высоте

и плотности снежного покрова для различных геоморфологических условий и выявлены закономерности их распределения в пространстве и во времени.

Установлено, что территория Эльконского горста отличается крайне разнообразными условиями формирования снежного покрова. Его высота варьирует в пределах 68...143 см, а плотность – 140...482 кг/м³.

Получена корреляционная (прямо пропорциональная) зависимость усредненных данных многолетних наблюдений параметров снежного покрова от высоты местности. Дана временная характеристика залегания и параметров снежного покрова по этапам его существования: предзимье, стабильный снежный покров, пестрый ландшафт, послезимье, снежники.

Получены предельные и осредненные значения высоты, плотности и эффективной теплопроводности снежного покрова для различных геоморфологических условий. Получены данные о структуре, плотности, высоте и эффективной теплопроводности снежного покрова, построены характерные разрезы для различных ландшафтных условий.

Результаты полученных исследований дают обоснованное представление об особенностях формирования снежного покрова (на примере Эльконского горста) в предгорных и среднегорных областях Алданского нагорья, а также позволяют повысить достоверность инженерно-геологического и геокриологического картирования и прогнозирования экологических изменений.

Список литературы

1. Абельс Г. Ф. Суточный ход температуры снега и определение зависимости между теплопроводностью снега и его плотностью // Метеорологический сборник. Т. 4. СПб., 1893. 65 с.
2. Борисов А. А. Климаты СССР в прошлом, настоящем и будущем. Л.: ЛГУ, 1975. 432 с.
3. Галахов Н. Н. Аспекты снежного покрова // Второе межведомственное координационное совещание по изучению снега и снежного покрова: сб. ст. Нальчик, 1956. С. 45–52.
4. Иосида З. Физические свойства снега // Лед и снег. М.: Мир, 1966. С. 376–424.
5. Кириллин А. Р., Макаров В. Н. Геохимия снежного покрова горных мерзлотных ландшафтов Эльконского ураново-рудного района // Наука и образование. 2016. № 4. С. 64–69.
6. Котляков В. М., Сосновский А. В., Осокин Н. И. Оценка коэффициента теплопроводности снега по его плотности и твердости на Западном Шпицбергене // Лед и снег. 2018. Т. 58, № 3. С. 343–352.
7. Осокин И. М. География снежного покрова Востока Забайкалья. Чита, 1969. 192 с.
8. Осокин Н. И., Самойлов Р. С., Сосновский А. В., Чернов Р. А. Оценка влияния потепления климата на деградацию мерзлоты (на теплофизическое состояние мерзлых пород) // Материалы гляциологических исследований. 2005. № 99. С. 144–150.
9. Осокин Н. И., Сосновский А. В., Чернов Р. А. Коэффициент теплопроводности снега и его изменчивость // Криосфера Земли. 2017. Т. 21, № 3. С. 60–68.
10. Павлов А. В. Мониторинг криолитозоны. Новосибирск: ГЕО, 2008. 225 с.
11. Павлов А. В. Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах территории СССР. Якутск, 1975. 302 с.
12. Павлов А. В. Теплофизика ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1979. 285 с.
13. Проскураков Б. В. Указания по подготовке грунта к разработке в зимних условиях. М.: Бюро технической помощи института Госсельстрой, 1956. 18 с.
14. Рихтер Г. Д. Снежный покров, его формирование и свойства. М.; Л.: АН СССР, 1945. 120 с.
15. Шендер Н. И. Рекомендации по прогнозу температурного режима грунтов. Якутск: ИМ, 1986. 57 с.
16. Huning L. S., Agha Kouchak A. Mountain snowpack response to different levels of warming // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2018. Vol. 115, No. 43. P. 10932–10937.
17. Jiansheng Hao, Farong Huang, Ditaο Chen, Shuyong Mu, Lanhai Li. Performance of snow density measurement systems in snow stratigraphies // Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems. 2020. No. 14. P. 1–25.
18. Shturm M., Holmegren J., Konig V., Morris K. The thermal conductivity of seasonal snow // Journal of Glaciology. 1997. Vol. 43, No. 143. P. 26–41.
19. Zhao Jing-yi, Chen Ji, Wu Qing-bai, Hou Xin. Snow cover influences the thermal regime of active layer in Urumqi River Source, Tianshan Mountains, China // Journal of Mountain Science. 2018. Vol. 15, No. 12. P. 2622–2636.

References

1. Abels G. F. *Meteorologicheskiiy sbornik. T. 4* (Meteorological collection. Vol. 4). St. Petersburg, 1893. 65 p.
2. Borisov A. A. *Klimaty SSSR v proshlom, nastoyashchem i budushchem* (Climates of the USSR in the past, present and future). Leningrad: LSU, 1975. 432 p.
3. Galakhov N. N. *Vtoroye mezhvedomstvennoye koordinatsionnoye soveshchaniye po izucheniyu snega i snezhnogo pokrova: sb. st.* (Second interdepartmental coordination meeting on the study of snow and snow cover: collected articles). Nalchik, 1956, pp. 45–52.
4. Iosida Z. *Led i sneg* (Ice and snow), Moscow: Mir, 1966, pp. 376–424.
5. Kirillin A. R., Makarov V. N. *Nauka i obrazovaniye* (Science and Education), 2016, no. 4, pp. 64–69.
6. Kotlyakov V. M., Sosnovsky A. V., Osokin N. I. *Led i sneg* (Ice and Snow), 2018, vol. 58, no. 3, pp. 343–352.
7. Osokin I. M. *Geografiya snezhnogo pokrova Vostoka Zabaykaliya* (Geography of the snow cover of the Eastern Transbaikalia). Chita, 1969. 192 p.
8. Osokin N. I., Samoilo R. S., Sosnovsky A. V., Chernov R. A. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy* (Materials of glaciological research), 2005, no. 99, pp. 144–150.
9. Osokin N. I., Sosnovsky A. V., Chernov R. A. *Kriosfera Zemli* (Cryosphere of the Earth), 2017, vol. 21, no. 3, pp. 60–68.
10. Pavlov A. V. *Monitoring kriolitozony* (Monitoring of the permafrost zone). Novosibirsk: GEO, 2008. 225 p.
11. Pavlov A. V. *Teploobmen pochvy s atmosferoy v severnykh i umerennykh shirotah territorii SSSR* (Heat exchange between soil and atmosphere in the northern and temperate latitudes of the USSR). Yakutsk, 1975. 302 p.
12. Pavlov A. V. *Teplofizika landshaftov* (Thermal physics of landscapes). Novosibirsk: Nauka, 1979. 285 p.
13. Proskuryakov B. V. *Ukazaniya po podgotovke grunta k razrabotke v zimnikh usloviyah* (Instructions on soil preparation for development in winter conditions). Moscow: Bureau of Technical Assistance of the Gosstroy Institute, 1956. 18 p.
14. Richter G. D. *Snezhnyy pokrov, yego formirovaniye i svoystva* (Snow cover, its formation and properties). Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1945. 120 p.
15. Shender N. I. *Rekomendatsii po prognozu temperaturnogo rezhima gruntov* (Recommendations for predicting the temperature regime of soils). Yakutsk: IM, 1986. 57 p.
16. Huning L. S., Agha Kouchak A. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America), 2018, vol. 115, no. 43, pp. 10932–10937.
17. Jiansheng Hao, Farong Huang, Ditao Chen, Shuyong Mu, Lanhai Li. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems* (Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems), 2020, no. 14, pp. 1–25.
18. Shturm M., Holmegren J., Konig V., Morris K. *Journal of Glaciology* (Journal of Glaciology), 1997, vol. 43, no. 143, pp. 26–41.
19. Zhao Jing-yi, Chen Ji, Wu Qing-bai, Hou Xin. *Journal of Mountain Science* (Journal of Mountain Science), 2018, vol. 15, no. 12, pp. 2622–2636.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта СО РАН IX.135.2.1. «Геотемпературное поле и трансформация криолитозоны Северной Азии и горных областей Центральной Азии» и при финансовой поддержке грантов РФФИ № 18-55-53041 ГФЕН_а и № 20-55-53036 ГФЕН_а.

Коротко об авторах

Кириллин Анатолий Русланович, науч. сотрудник лаборатории геотермии криолитозоны, Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия. Область научных интересов: теплофизические исследования грунтов и горных пород, геотермия, региональная геокриология
mouks@ya.ru

Железняк Михаил Николаевич, д-р геол.-минер. наук, директор, Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия. Область научных интересов: геотермия, геотеплофизические поля криолитозоны, геотермический мониторинг, региональная геокриология

Жирков Александр Федотович, канд. техн. наук, науч. сотрудник лаборатории геотермии криолитозоны, Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия. Область научных интересов: теплообмен в криолитозоне, влияние различных природных факторов на формирование температурного режима грунтов, теплофизические свойства почв и горных пород

Мисайлов Иван Евгеньевич, науч. сотрудник лаборатории геотермии криолитозоны, Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия. Область научных интересов: геотемпературное поле и криолитозона краевой северной части Тунгусской синеклизы и железорудных месторождений Алданской антеклизы, мониторинговые геотермические исследования Южной Якутии

Верхотуров Алексей Геннадьевич, канд. геол.-минер. наук, доцент, зав. кафедрой прикладной геологии и технологии геологической разведки, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: инженерная геология, экология криолитозоны, геотехнология
weral0606@yandex.ru

Сивцев Максим Алексеевич, инженер лаборатории геотермии криолитозоны, Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия. Область научных интересов: теплообмен в криолитозоне, влияние различных природных факторов на формирование температурного режима грунтов, теплофизические свойства почв и горных пород

Briefly about the authors

Anatoly Kirillin, research scientist, Permafrost Geothermics laboratory, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia. Sphere of scientific interest: thermal and physical properties of soils and rocks, geothermy, regional geocryology

Mikhail Zhekeznyak, doctor of geological and mineralogical sciences, director of the Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia. Sphere of scientific interest: subsurface temperature distributions in permafrost areas, geothermal monitoring, regional permafrost studies

Aleksander Zhirkov, candidate of technical sciences, Research Scientist, Permafrost Geothermics laboratory, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia. Sphere of scientific interest: thermal and physical properties of soils and rocks, permafrost temperature monitoring, effect of infiltration on the ground thermal regime, radiation balance

Ivan Misailov, research scientist, Permafrost Geothermics laboratory, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia. Sphere of scientific interest: geothermal observations, exogenous geological processes and landforms, temperature field and permafrost in the Aldan Shield and in the transitional zone from the Yenisey-Khatanga Trough to the Tunguska Basin

Aleksey Verkhoturov, candidate of geological and mineralogical sciences Transbaikalian State University Chita, Russia. Sphere of scientific interest: Sphere of scientific interest: engineering geology, ecology of permafrost, geotechnology

Maksim Sivtsev, engineer, Permafrost Geothermics laboratory, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia. Sphere of scientific interest: heat and mass transfer in permafrost, the influence of various natural factors on the formation of the temperature regime of soils, thermophysical properties of soils and rocks

Образец цитирования

Кириллин А. Р., Железняк М. Н., Жирков А. Ф., Мисайлов И. Е., Верхотуров А. Г., Сивцев М. А. Особенности снегонакопления и параметры снежного покрова на Эльконском горном массиве // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 7. С. 62–76. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-7-62-76.

Kirillin A., Zhekeznyak M., Zhirkov A., Misailov I., Verkhoturov A., Sivtsev M. Features of snow accumulation and snow cover parameters on the Elkon mountain range // Transbaikalian State University Journal, 2020, vol. 26, no. 7, pp. 62–76. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-7-62-76.

Статья поступила в редакцию: 22.07.2020 г.
Статья принята к публикации: 17.09.2020 г.