

## СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЛЕДНИКИ

УДК: 551.578.46

DOI: 10.15372/KZ20240405

EDN: CIVZMN

СНЕГОЗАПАСЫ В ЛЕСУ И ПОЛЕ НА РАВНИННОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ  
ПРИ СОВРЕМЕННОМ КЛИМАТЕ

А.В. Сосновский\*, Н.И. Осокин

Институт географии РАН, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29, Россия

\*Автор для контакта; e-mail: alexandr\_sosnovskiy@mail.ru

Современные климатические изменения оказывают значительное влияние на параметры снежного покрова, в том числе на распределение снегозапасов на равнинных территориях в лесу и поле. Проведено сравнение средних многолетних максимальных снегозапасов в лесу и поле за разные климатические периоды. Среднее значение максимальных снегозапасов в поле за текущий климатический период 1991–2020 гг. увеличилось на 4 % по сравнению с периодом 1966–1990 гг. и снизилось в лесу на 6 %. Снегозапасы в лесу и поле за период 2001–2010 гг. составили 127 и 123 мм, а за период 2011–2020 гг. они снизились до 121 и 120 мм соответственно. Отношение максимальных снегозапасов в лесу к их значению в поле (коэффициент снегонакопления) за периоды 1966–1990, 1981–2010 и 1991–2020 гг. постоянно снижалось. Коэффициент снегонакопления за эти периоды составил 1.16, 1.08 и 1.05 соответственно. За период 1991–2020 гг. наибольшие значения коэффициента приурочены к северо-востоку и северо-западу Европейской части территории России и к югу Западной Сибири, где максимальная высота снежного покрова в лесу была значительно выше, чем в поле. Наименьшие значения наблюдались в отдельных районах центра и юго-востока Европейской территории России, на юге Восточной Сибири. Построены карты распределения снегозапасов и коэффициента снегонакопления на равнинной территории России за разные климатические периоды. Подтверждена тенденция выравнивания максимальных снегозапасов в лесу и поле за текущий климатический период (1991–2020 гг.).

**Ключевые слова:** снегозапасы, лес, поле, климатические периоды.

**Ссылка для цитирования:** Сосновский А.В., Осокин Н.И. Снегозапасы в лесу и поле на равнинной территории России при современном климате // Криосфера Земли, 2024, т. XXVIII, № 4, с. 52–61. DOI: 10.15372/KZ20240405. EDN: CIVZMN.

SNOW STORAGE IN FORESTS AND FIELDS ON PLAIN TERRITORIES  
OF RUSSIA UNDER MODERN CLIMATE

A.V. Sosnovsky\*, N.I. Osokin

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny lane 29, Moscow, 119017 Russia

\*Corresponding author; e-mail: alexandr\_sosnovskiy@mail.ru

Climate change affects the parameters of snow cover, including the distribution of snow storage on plain territories under forests and in fields. A comparison of the average long-term maximum snow storage in forests and fields for different climatic periods is carried out. The average value of snow storage on fields for the current climatic period (1991–2020) increased by 4 % compared to the period 1966–1990; in forests, it decreased by 6 %. Average snow storage in forests and fields in 2001–2010 amounted to 127 and 123 mm; in 2011–2020, it decreased to 121 and 120 mm, respectively. The ratio of snow storage in forests to its value in fields – the snow accumulation coefficient – for 1966–1990, 1981–2010, and 1991–2020 has been constantly decreasing and amounted to 1.16, 1.08 and 1.05, respectively. Maps of the distribution of snow storage and the coefficient of snow accumulation within plain territories of Russia for different climatic periods have been constructed. The tendency of leveling the maximum snow storage in forests and fields under the modern climate (1991–2020) has been confirmed.

**Keywords:** snow storage, field, forest, climatic periods.

## ВВЕДЕНИЕ

Снежный покров является защитной оболочкой деятельного слоя земной поверхности в райо-

нах с отрицательными температурами воздуха в зимний период. Он оказывает огромное влияние

на климат, гидротермический режим почв и горных пород, гидрологию рек и озер, опасные стихийные явления, жизнь растений и животных и многие другие процессы и явления [Воейков, 1889; Котляков, 2010; *Snow and Climate...*, 2008]. Снежный покров является важным фактором, влияющим на термический режим почв и многолетнемерзлых пород. В работе [Скачков, 2008] отмечается, что на юге Якутии сохранилась высокая термическая устойчивость многолетнемерзлых пород, несмотря на потепление климата. Это объясняется большой изменчивостью толщины снега и его доминирующей ролью в формировании среднегодовых температур грунтов. Исследования показали, что в Сибири на температуру пород преобладающее влияние (по сравнению с колебаниями температуры воздуха) оказывает высота снежного покрова [Шерстюков, 2008]. В работе [Варламов и др., 2023] показано, что основным регулирующим фактором термического состояния верхних горизонтов криолитозоны Центральной Якутии являются короткопериодные колебания режима снегонакопления. Повышение температуры воздуха не всегда приводит к росту температур пород, так как часто компенсируется снижением термического сопротивления снежного покрова [Осокин, Сосновский, 2016а,б]. Термическое сопротивление снежного покрова, так же как и снегозапасы, зависят от высоты и плотности снежного покрова. При этом на термическое сопротивление снежного покрова оказывает воздействие и его стратиграфия.

Современные климатические изменения оказывают значительное влияние на параметры снежного покрова и, следовательно, на указанные процессы и явления [Осокин и др., 2006; Булыгина и др., 2011; Осокин, Сосновский, 2014; Попова и др., 2018; Сосновский, Осокин, 2019; Irannezhad et al., 2022].

Снежный покров характеризуется рядом параметров, среди которых наиболее важные – его высота и плотность. По данным измерений высоты и плотности снежного покрова рассчитываются снегозапасы, которые в значительной мере определяют величину весеннего стока, влажность пород, влияют на опасные гидрологические явления [Рихтер, 1961].

Для более точной оценки снегозапасов в настоящее время надо знать их соотношение в лесу и поле при климатических изменениях. Это соотношение зависит от многих параметров, таких как ветровой перенос снега, различная интенсивность снеготаяния во время зимних оттепелей, разница в испарении с поверхности снега. Процесс накопления снега в лесу является сложной функцией многих факторов и прежде всего его таксационных характеристик (породного состава лесонасаждений – лиственный, хвойный, смешанный

лес; полноты, ярусности, возраста, сомкнутости лесного полога), а также метеорологических условий периода снегонакопления [Мишон, 2007].

В работе [Сосновский и др., 2018] приведены карты снегозапасов в лесу и поле, построенные по данным метеостанций равнинной территории России. Сравнение снегозапасов за 2001–2010 гг. с периодом 1966–2000 гг. показало их рост в поле на 2 % и снижение в лесу на 7 %. Коэффициент снегонакопления за периоды 1966–2000 и 2001–2010 гг. (отношение максимальных снегозапасов в лесу к их значениям в поле) составил 1.12 и 1.03 соответственно. Одной из причин этого является смена ветрового режима территории [Сосновский и др., 2018].

В [Доклад..., 2023] показано, что по данным маршрутных наблюдений в целом для России с 1976 по 2022 г. отмечается тенденция увеличения максимального снегозапаса (МСЗ) в поле. Средний для России снегозапас по данным маршрутных снегосъемок в поле увеличивается на 2.71 мм за 10 лет. Тогда как в лесу преобладают тенденции уменьшения максимального за зиму запаса воды в снеге на 1.22 мм за 10 лет.

В работе [Гусев и др., 2023] на основе анализа изменения снежного покрова за период 1967–2019 гг. получено, что, несмотря на сокращение продолжительности залегания снежного покрова, происходит увеличение его высоты, в частности, рост максимальных снегозапасов. Оценка различных характеристик формирования снежного покрова на полевых и лесных участках Европейской территории России (ЕТР) показала, что среднее по территории значение коэффициента снегонакопления оказалось больше единицы. При этом отмечается, что климатические изменения ведут к уменьшению со временем значения этой характеристики.

Будем рассматривать изменения снегозапасов в лесу и поле за разные временные периоды. В климатологии используют базовые 30-летние средние значения температуры, суммы осадков и других показателей. Эти 30-летние осредненные значения называются климатическими нормами и могут быть рассчитаны на местном, национальном или мировом уровне. Чтобы учесть быстрые темпы изменения климата, а также практические потребности в актуальной информации о климате, Всемирная метеорологическая организация (ВМО) предложила обновлять климатологические базовые нормы для оперативных целей каждые 10 лет, и период 1991–2020 гг. стал новым текущим базовым периодом [Руководящие указания..., 2017]. Тем не менее будет сохранен период 1961–1990 гг. как исторический базовый период для поддержания долгосрочной оценки изменения климата. Применение двухуровневого базового периода помогает согласовать и привести к од-

ному стандарту различные национальные подходы и облегчить международные сравнения.

Указанные периоды авторы использовали при оценке влияния климатических изменений на максимальные снегозапасы в лесу и поле на равнинных территориях. Данные по снегосьемкам приведены на сайте [meteo.ru](http://meteo.ru) с 1966 г. [<http://meteo.ru>], поэтому для анализа влияния климатических изменений на снежный покров период 1961–1990 гг. заменяется на 1966–1990 гг.

Цель настоящей работы – оценка средних многолетних снегозапасов на равнинной территории России в лесу и поле и их изменения за исторический базовый климатический период 1966–1990 гг., предыдущий (1981–2010), текущий (современный) период (1991–2020) и за две декады XXI в. (2001–2010 и 2011–2020 гг.), которые в значительной степени будут определять распределение снегозапасов в следующий 30-летний климатический период 2001–2030 гг.

### МАТЕРИАЛЫ

Снегозапасы рассчитываются по данным измерений высоты снежного покрова и его плотности в ходе снегомерных работ на маршрутах в поле и лесу в районе расположения метеостанций. Материалы маршрутных снегомерных съемок начиная с 1966 г., а также координаты и названия метеорологических станций России, содержащих индекс ВМО (номер метеостанции, утверждаемый ВМО), приведены на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) [<http://meteo.ru>].

Наблюдения за снежным покровом по регламенту маршрутных снегомерных съемок осуществляются через каждые 10 дней в течение холодного периода и каждые 5 дней в период интенсивного снеготаяния. Длина маршрута составляет 1 или 2 км (в поле и лесу). Каждые 10 м в лесу или 20 м в поле измеряется высота снежного покрова и каждые 100 м в лесу или 200 м в поле измеряется плотность снежного покрова. Измерения проводятся зимой три раза в месяц: 10-го, 20-го числа и в последний день каждого месяца. Весной перед началом и в период снеготаяния производятся учащенные снегосьемки в каждый последний день пятидневки (5, 10, 15, 20, 25-го и последний день месяца).

Рассмотрим изменения средних многолетних максимальных снегозапасов в лесу и поле для метеостанций равнинной территории России. Из 517 метеостанций с маршрутными снегосьемками, представленных на сайте ВНИИГМИ-МЦД, приблизительно 1/6 часть из них имеет маршрутные снегосьемки как в лесу, так и в поле. Рассмотрим 82 метеостанции, которые имеют маршрутные

снегосьемки одновременно и в лесу, и в поле. При этом 2/3 этих метеостанций расположены на ЕТР.

В результате обработки данных по снегозапасам за период с 1966 по 2020 г. для каждой метеостанции получены средние многолетние снегозапасы в лесу и поле за 25-летний (1966–1990 гг.) и 30-летние периоды (1981–2010 и 1991–2020 гг.) и построены карты распределения максимальных снегозапасов в лесу и поле за эти периоды. При этом надо иметь в виду, что карты характеризуют распределение МСЗ и их изменение в районе расположения метеостанций. На значительном удалении от метеостанции и тем более в горных районах картина распределения МСЗ может быть другой.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение снегозапасов в лесу и поле за период 1991–2020 гг. и отношение снегозапасов за период 1991–2020 гг. к их значениям за 1966–1990 гг. представлены на рис. 1.

Диапазон изменения снегозапасов в лесу и поле и характер распределения снегозапасов за период 1991–2020 гг. различаются незначительно (см. рис. 1, а, б). Обработка данных маршрутных снегомерных съемок показала, что за периоды 1966–1990, 1981–2010, 1991–2020 гг. средние значения МСЗ составили для поля 115, 120 и 120 мм и для леса 132, 129 и 125 мм соответственно. При этом наименьшие/наибольшие значения МСЗ за указанные климатические периоды для леса составляли 39/234, 37/234, 36/223 мм и для поля 37/210, 37/223, 29/208 мм соответственно.

За современный климатический период 1991–2020 гг. максимальные снегозапасы как в лесу, так и в поле (порядка 180–220 мм) приурочены к северо-востоку ЕТР – бассейну р. Печора, а минимальные (40–60 мм) приходятся на юг Восточной Сибири и юго-запад ЕТР.

Отношение снегозапасов в лесу за период 1991–2020 гг. к периоду 1966–1990 гг. составляет в среднем 0.94 (см. рис. 1, в). При этом минимальные значения отношения (порядка 0.7) отмечены на западе ЕТР и юго-востоке Западной Сибири, максимальные (порядка 1.3) – на междуречье среднего течения рек Вилюй и Лена.

В поле это отношение составляет в среднем 1.04. Максимальные значения отношения (1.15–1.25) приходятся на восточную часть ЕТР, юг Западной и Восточной Сибири, междуречье среднего течения рек Вилюй и Лена (см. рис. 1, г).

В работе [Доклад..., 2023] отмечается снижение снегозапасов в лесу в центральной и северной частях ЕТР и Западной Сибири и рост снегозапасов в поле в центральной части ЕТР, южных и северных районах Западной Сибири.

Приведенные данные показывают, что за современный климатический период 1991–2020 гг.

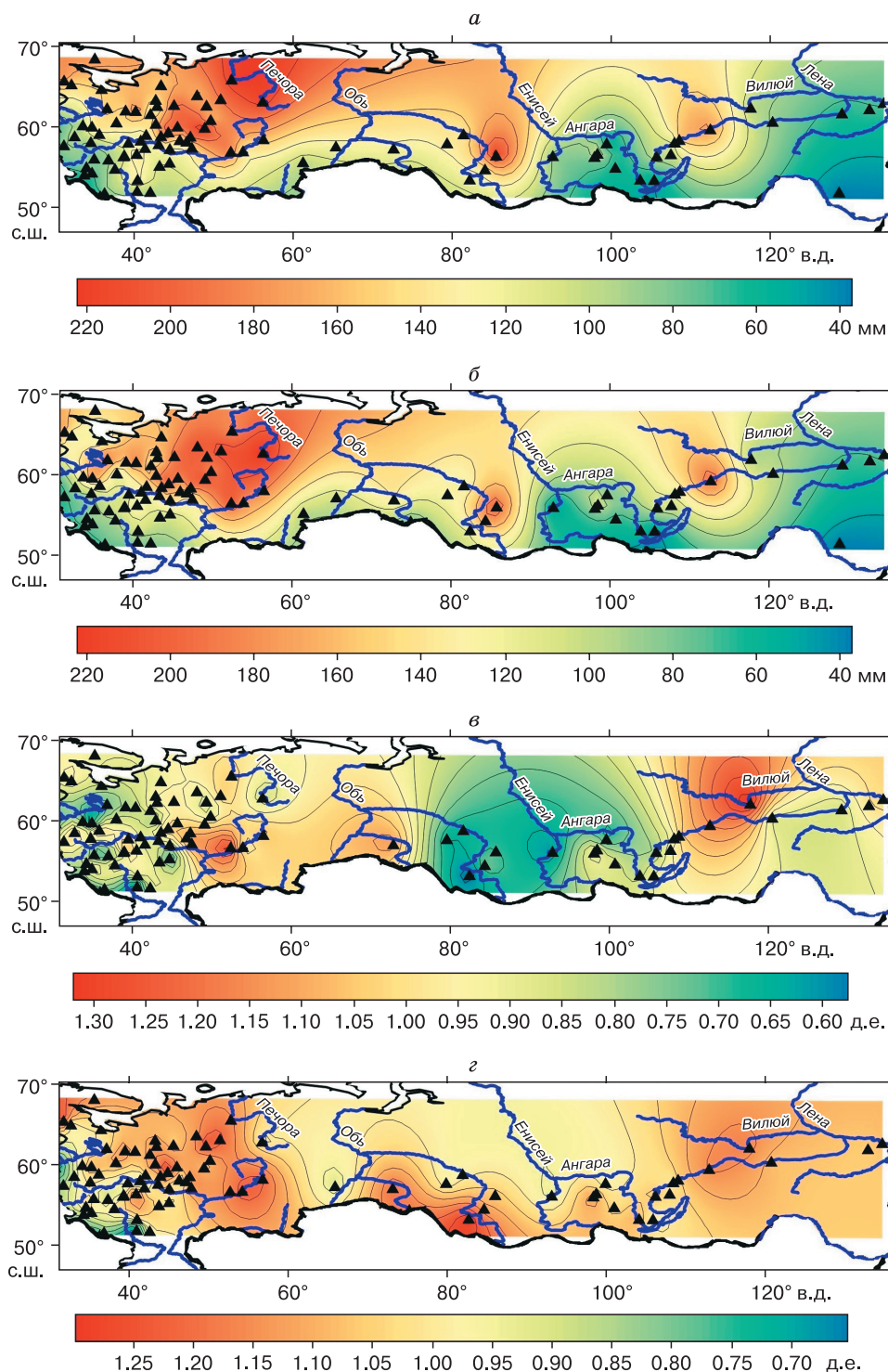


Рис. 1. Снегозапасы в лесу (*a*) и поле (*б*) за период 1991–2020 гг. и отношение снегозапасов в лесу за период 1991–2020 гг. к их значениям за 1966–1990 гг. в лесу (*в*) и в поле (*г*).

Черные треугольники – места расположения метеостанций.



снегозапасы в лесу снизились на 6 % по сравнению с историческим периодом 1966–1990 гг. и выросли в поле на 4 %. В результате из-за разницы в изменении снегозапасов в лесу и поле будет меняться коэффициент снегонакопления.

Рассмотрим изменения коэффициента снегонакопления. За периоды 1966–1990, 1981–2010, 1991–2020 гг. средние значения коэффициента снегонакопления составили 1.16, 1.08 и 1.05 соответственно. При этом минимальные/максимальные значения за эти периоды составляли 0.86/1.97, 0.67/1.45 и 0.64/1.38 (рис. 2, *а*). При построении карты не учитывались аномальные максимальные значения коэффициента снегонакопления для метеостанции Красноярск (индекс ВМО 29570), равные за эти периоды 2.13, 2.28 и 1.74 соответственно.

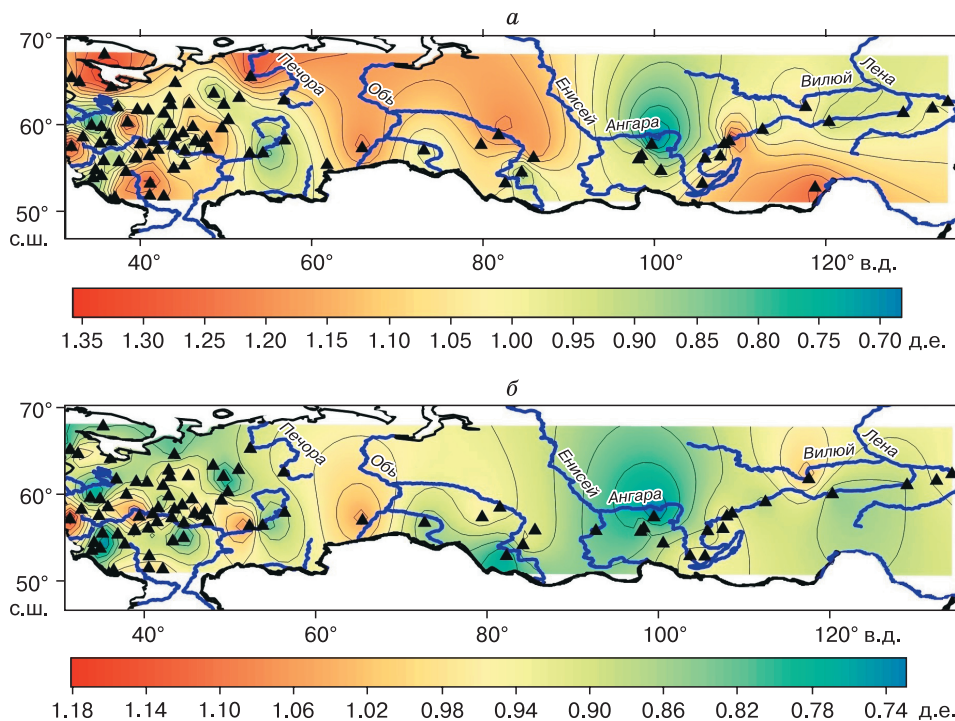
Среднее значение отношения коэффициента снегонакопления за период 1991–2020 гг. к периоду 1966–1990 гг. составляет 0.91. Это отношение принимает минимальные значения (0.7–0.8) и приурочены к бассейну р. Ангара, а максимальные (около 1.15) отмечаются в отдельных районах центральной части ЕТР (см. рис. 2, *б*). За рассмотренные климатические периоды средние значения коэффициента снегонакопления постоянно снижались, что обусловлено уменьшением снегозапасов в лесу и небольшим их ростом в поле.

Рассмотрим снегозапасы за две первые декады XXI в. – 2001–2010 и 2011–2020 гг. Средние

многолетние снегозапасы в лесу/поле за период 2001–2010 гг. составили 127/123, тогда как за период 2011–2020 гг. эти значения несколько снизились и составили 121/120 мм. При этом в 2001–2010 гг. диапазон изменения снегозапасов в лесу и поле составлял 46–242 и 41–215 мм, а в 2011–2020 гг. составлял 38–214 и 43–206 мм.

На рис. 3 представлено распределение отношения снегозапасов за период 2011–2020 гг. к его значению за 1966–1990 гг. в лесу (рис. 3, *а*) и в поле (рис. 3, *б*). По сравнению с отношением за периоды 1991–2020 и 1966–1990 гг. (см. рис. 1, *в*) это значение для леса уменьшилось на 2.8 % (с 0.940 до 0.914). Для поля это снижение составило всего 0.6 % (с 1.042 до 1.036). В целом цветовая гамма на рис. 3, *а* и рис. 3, *б* изменилась незначительно по сравнению с рис. 1, *в* и рис. 1, *г*. Также несущественно изменились минимальные/максимальные значения этой величины за указанные периоды (2011–2020 и 1966–1990 гг.): для леса 0.53/1.34 и поля 0.59/1.40 (см. рис. 3, *а*, *б*) и за периоды (1991–2020 и 1966–1990 гг.): 0.58/1.27 и 0.59/1.33 (см. рис. 1, *в*, *г*).

На рис. 3, *в* дано распределение коэффициента снегонакопления за период 2011–2020 гг. Средние значения коэффициента снегонакопления за этот период составили 1.02 при минимальных/максимальных значениях 0.62/1.53. За период 1991–2020 гг. это значение было несколько вы-



**Рис. 2.** Коэффициент снегонакопления за период 1991–2020 гг. (*а*) и отношение коэффициента снегонакопления за период 1991–2020 гг. к их значениям за 1966–1990 гг. (*б*).

Черные треугольники – места расположения метеостанций.

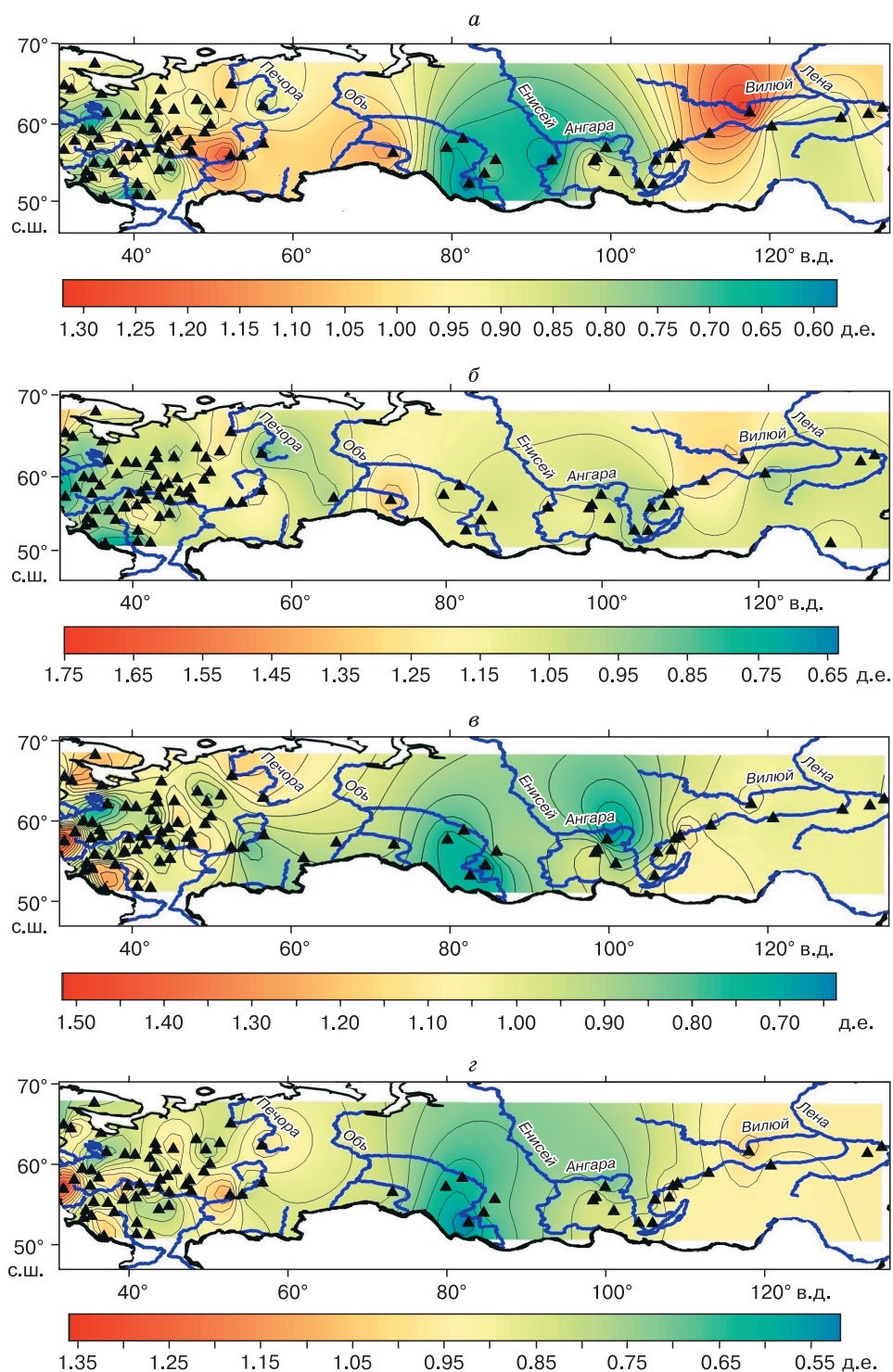


Рис. 3. Отношение снегозапасов в лесу за период 2011–2020 гг. к их значениям за 1966–1990 гг. в лесу (*a*) и поле (*б*); коэффициент снегонакопления за период 2011–2020 гг. (*в*) и отношение коэффициента снегонакопления за период 2011–2020 гг. к его значениям за 1966–1990 гг. (*г*).

Черные треугольники – места расположения метеостанций.

ше – 1.04, при минимальных/максимальных значениях 0.64/1.38 (см. рис. 2, а).

Отношение коэффициента снегонакопления за период 2011–2020 гг. к его значению за 1966–1990 гг. (см. рис. 3, з) составило 0.89 при минимальных/максимальных значениях 0.65/1.37. Это отношение за период 1991–2020 гг. к 1966–1990 гг. (см. рис. 2, б) составляло 0.91 при минимальных/максимальных значениях 0.69/1.20. Таким образом, за последние 10 лет современного 30-летнего климатического периода 1991–2020 гг. средние значения снеготоплив и коэффициента снегонакопления несколько уменьшились по сравнению со средними значениями для всего этого периода.

В работе [Сосновский, Осокин, 2023] приведены графики снижения средних многолетних снеготоплив на равнинной территории России в лесу и поле. Тенденция снижения разности снеготоплив в лесу и поле за базовые климатические периоды показана на рис. 4, а. Значение этой разности за исторический климатический период 1966–1990 гг. составило 17 мм, тогда как за современный климатический период 1991–2020 гг. – всего 5 мм.

Коэффициент снегонакопления за весь период измерений (1966–2020 гг.) составил 1.1. Аномалия коэффициента снегонакопления за разные временные периоды относительно средних многолетних значений за период 1966–2020 гг. приведена на рис. 4, б. Эта аномалия за период 1966–1990 гг. составила 0.06, тогда как за период 1991–2020 гг. равна –0.05. На рис. 4, б видна тенденция снижения коэффициента снегонакопления, что обусловлено тенденцией выравнивания МСЗ в лесу и поле при современном климате. Снижение коэффициента снегонакопления за базовые климатические периоды происходит как в среднем по России, так и в ее регионах (ЕТР, Западной и Восточной Сибири).

Разница в снегонакоплении в лесу и поле в значительной мере обусловлена изменением метеорологического переноса снега. В работе [Сосновский и др., 2018] показано, что тенденция выравнивания МСЗ в лесу и поле обусловлена снижением скорости ветра. Так, анализ скорости ветра на метеостанциях со значительным изменением коэффициента снегонакопления показал, что число наблюдений, при которых скорость ветра находится в диапазоне 6–10 м/с и более 10 м/с существенно снизилась в 2001–2010 гг. относительно периода 1966–2000 гг., особенно на ЕТР. Тенденция изменения скорости ветра, представленная в [Доклад..., 2023], показывает, что во все сезоны года средняя по территории России за 1976–2022 гг. скорость ветра уменьшается. Число дней с ветром более 15 м/с зимой и осенью также уменьшается в большинстве регионов.

На изменение ветрового режима указано и в работе [Гройсман и др., 2014], в которой отмечается, что практически на всей территории России поправки к измеренным осадкам уменьшаются, в том числе из-за ослабления зимних скоростей ветра в Арктике. В ходе исследования режима метелей на территории Томской области было установлено, что за последние три десятилетия произошло уменьшение в 2–3 раза как числа дней с метелью, так и средней продолжительности метелей [Журавлев и др., 2019]. При этом значительное уменьшение повторяемости метелей на фоне снижения скорости ветра обусловлено изменением режима общей циркуляции атмосферы. Так, многолетняя тенденция повышения температуры воздуха в Западной Сибири в зимние месяцы обусловила ослабление градиентов в поле приземного давления и, как следствие, уменьшение скорости ветра и повторяемости метелей. В данных работах показано изменение ветрового режима, числа и интенсивности метелей при совре-

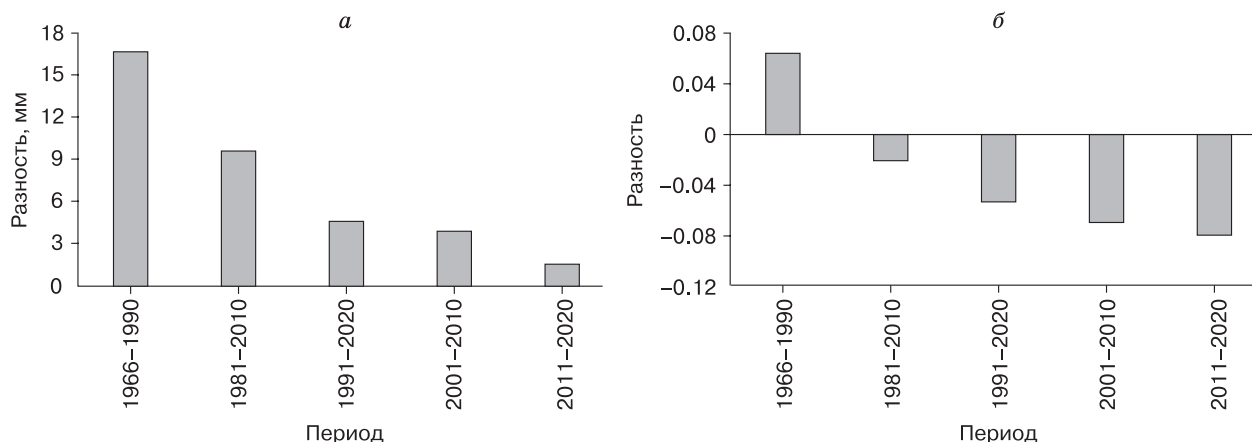


Рис. 4. Разность снеготоплив в лесу и поле (а) и аномалия коэффициента снегонакопления относительно средних многолетних значений за период 1966–2020 гг. (б).

**Средние многолетние значения максимальных снегозапасов в поле и в лесу  
и коэффициент снегонакопления за разные периоды для разных регионов**

Период	Средние многолетние значения максимальных снегозапасов, мм						Коэффициент снегонакопления		
	Поле			Лес					
	ЕТР	Зап. Сибирь	Вост. Сибирь	ЕТР	Зап. Сибирь	Вост. Сибирь	ЕТР	Зап. Сибирь	Вост. Сибирь
1966–2020	128	118	81	139	138	87	1.09	1.20	1.09
1966–1990	125	114	81	143	146	90	1.15	1.29	1.16
1981–2010	131	119	82	140	136	89	1.07	1.17	1.09
1991–2020	131	122	84	136	134	85	1.04	1.11	1.04
2001–2010	134	123	85	136	136	89	1.03	1.12	0.97
2011–2020	128	–	86	132	–	87	1.03	–	1.02

Примечание. ЕТР – Европейская территория России.

менном климате, что может приводить к изменению соотношения снегозапасов между лесом и полем.

Средняя по России величина МСЗ в большей степени показывает тенденцию перераспределения снежного покрова в регионе с наибольшим числом метеостанций, в данном случае это район ЕТР, где расположены 2/3 всех метеостанций со снегосъемками в лесу и поле. Поэтому рассмотрим отдельно значения МСЗ на ЕТР и в других регионах. В таблице приведены средние многолетние значения МСЗ в лесу и поле и коэффициент снегонакопления за разные периоды для ЕТР, Западной и Восточной Сибири.

Для ряда метеостанций Западной Сибири, в основном после 2013 г., отсутствуют данные по снегосъемкам в лесу, тогда как есть данные по снегосъемкам в поле. Возможно, это связано с вырубкой леса при освоении территории или с другими причинами.

Из таблицы следует, что на ЕТР за базовые климатические периоды (1966–1990, 1981–2010 и 1991–2020 гг.) происходил рост МСЗ в поле во всех регионах (за предыдущий и текущий базовые периоды рост был небольшой, порядка 0.4 мм), тогда как в лесу происходило постоянное снижение МСЗ. Поэтому коэффициент снегонакопления за эти периоды постоянно уменьшался. За периоды с 1966–1990 по 1991–2020 гг. коэффициент снегонакопления снизился в ЕТР с 1.15 до 1.04, в Западной Сибири – с 1.29 до 1.11 и в Восточной Сибири – с 1.16 до 1.09.

В XXI в. (декады 2001–2010 и 2011–2020 гг.) тенденция изменения МСЗ в поле разнонаправленна – небольшой рост МСЗ в Сибири и снижение на ЕТР в 2011–2020 гг. относительно периода 2001–2010 гг. Тогда как в лесу происходит снижение МСЗ за эти периоды. Так, во 2-й декаде XXI в. МСЗ в поле на ЕТР снизился на 4.4 % относительно 1-й декады (с 134 до 128 мм) и в лесу – на 3 % (с 136 до 132 мм).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований установлено, что средние многолетние максимальные снегозапасы в поле за текущий климатический период 1991–2020 гг. увеличились на 4 % по сравнению с базовым историческим климатическим периодом 1966–1990 гг. и снизилось в лесу на 6 %.

Отношение средних многолетних максимальных снегозапасов в лесу к их значению в поле (коэффициент снегонакопления) за периоды 1966–1990, 1981–2010 и 1991–2020 гг. постоянно снижалось. Средние значения коэффициента снегонакопления за эти периоды составили 1.16, 1.08 и 1.05 соответственно. За период 1991–2020 гг. наибольшие значения этого отношения приурочены к северо-востоку и северо-западу Европейской территории России и югу Западной Сибири. Среднее значение отношения коэффициента снегонакопления за период 1991–2020 гг. к периоду 1966–1990 гг. составляет 0.91. Это отношение принимает минимальные значения – порядка 0.7–0.8 и приурочены к бассейну р. Ангара, а максимальные – порядка 1.15 отмечены в отдельных районах центральной части ЕТР.

За период 2011–2020 гг. снегозапасы в лесу и поле снизились на 4.7 и 2.4 % по сравнению с периодом 2001–2010 гг. Средние значения коэффициента снегонакопления за периоды 2001–2010 и 2011–2020 гг. составили 1.03 и 1.02 соответственно.

Подтверждена тенденция выравнивания снегозапасов в лесу и поле за текущий климатический период (1991–2020). Одной из причин этого является снижение скорости ветра на территории России, которая отмечена в ряде исследований. Полученные результаты могут быть использованы для корректировки средних снегозапасов на территориях, где есть данные по снегосъемкам только в одном из ландшафтов – или в лесу, или в поле.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института географии РАН № 1021051703465-1 (FMWS-2024-0004).*



## Литература

**Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н.** Снежный покров на территории России и его пространственные и временные изменения за период 1966–2010 гг. // Пробл. эколог. мониторинга и моделирования экосистем, 2011, т. 24, с. 211–227.

**Варламов С.П., Скачков Ю.Б., Скрыбин П.Н., Балута В.И.** Многолетняя изменчивость термического состояния верхних горизонтов криолитозоны Центральной Якутии // Природ. ресурсы Арктики и Субарктики, 2023, т. 28, № 3, с. 398–414.

**Воейков А.И.** Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду и способы исследования // Зап. Рус. геогр. об-ва по общей географии, 1889, т. 18, № 2, 213 с.

**Гройсман П.Я., Богданова Е.Г., Алексеев В.А. и др.** Влияние погрешности в измерениях снегопадов на суммы атмосферных осадков и их тренды по Северной Евразии // Лед и снег, 2014, № 2 (54), с. 29–43.

**Гусев Е.М., Насонова О.Н., Ковалев Е.Э., Шурхно Е.А.** Моделирование динамики характеристик режима формирования снежного покрова на территории Российской Федерации. 2. Лесные участки ЕТР в исторический период // Вод. ресурсы, 2023, № 4 (50), с. 438–450.

**Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год.** М., Росгидромет, 2023, 104 с.

**Журавлев Г.Г., Горбатенко В.П., Тунаев Е.Л.** Метели на территории им. А.И. Воейкова, 2019, № 594, с. 137–151.

**Котляков В.М.** Криосфера и климат // Экология и жизнь, 2010, № 11, с. 51–59.

**Мишон В.М.** Теоретические и методические основы оценки ресурсов поверхностных вод в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения европейской части России: Дис. ... д-ра геогр. наук. Воронеж, 2007, 65 с.

**Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В.** Оценка влияния толщины снежного покрова на деградацию мерзлоты при потеплении климата // Изв. РАН. Сер. геогр., 2006, № 4, с. 40–46.

**Осокин Н.И., Сосновский А.В.** Пространственная и временная изменчивость высоты и плотности снежного покрова на территории России // Лед и снег, 2014, № 4 (54), с. 72–80.

**Осокин Н.И., Сосновский А.В.** Пространственное распределение термического сопротивления снежного покрова на территории России и его влияние на промерзание и протавивание грунтов // Лед и снег, 2016а, № 1 (56), с. 52–60.

**Осокин Н.И., Сосновский А.В.** Влияние термического сопротивления снежного покрова на устойчивость многолетнемерзлых пород // Криосфера Земли, 2016б, т. XX, № 3, с. 105–112.

**Попова В.В., Ширяева А.В., Морозова П.А.** Изменения характеристик снежного покрова на территории России в 1950–2013 годах: региональные особенности и связь с глобальным потеплением // Криосфера Земли, 2018, т. XXII, № 4, с. 65–75.

**Рихтер Г.Д.** Роль снежного покрова в природных процессах. М., Ин-т географии СО АН СССР, 1961, 272 с.

**Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм.** Женева, ВМО, 2017, № 1203, 32 с.

**Скачков Ю.Б.** Оценка современной изменчивости характеристик снежного покрова Якутии // Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения: Материалы Междунар. конф. Тюмень, Экспресс, 2008, с. 271–274.

**Сосновский А.В., Осокин Н.И.** Влияние оттепелей на снежный покров и промерзание грунта при современных изменениях климата // Лед и снег, 2019, № 4 (59), с. 475–482.

**Сосновский А.В., Осокин Н.И.** Динамика снеготопавов в лесу и поле при современном климате // Сб. докл. Междунар. науч. конф. «Пятые Виноградовские чтения. Гидрология в эпоху перемен» (Санкт-Петербург, 5–14 окт. 2023 г.). СПб., Изд-во ВВМ, 2023, с. 496–500.

**Сосновский А.В., Осокин Н.И., Черняков Г.А.** Динамика снеготопавов на равнинной территории России в лесу и в поле при климатических изменениях // Лед и снег, 2018, № 2 (58), с. 183–190.

**Шерстюков А.Б.** Корреляция температуры почвогрунтов с температурой воздуха и высотой снежного покрова на территории России // Криосфера Земли, 2008, т. XII, № 1, с. 79–87.

**Irannezhad M., Ronkanen A.-K., Malekian A.** Editorial: Climate impacts on snowpack dynamics // Front. Earth Sci., 2022, vol. 10, 970981.

**Snow and Climate: Physical Processes, Surface Energy Exchange and Modeling** / Armstrong R.L., Brun E. (eds.). Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2008, 256 p.

**URL:** <http://meteo.ru> (дата обращения: 16.05.2023).

## References

Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Korshunova N.N. Snow cover over the Russian territory and its spatial and temporal changes in 1966–2010. Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem [Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems], 2011, vol. XIV, p. 211–227 (in Russian).

Varlamov S.P., Skachkov Yu.B., Skryabin P.N., Baluta V.I. Long-term variability of the thermal state in the upper horizons of the cryolithozone in Central Yakutia. Arctic and Subarctic Natural Resources [Arctic and Subarctic Natural Resources], 2023, No. 3 (28), p. 398–414 (in Russian).

Voeikov A.I. Snow cover, its influence on soil, climate and weather and methods of research. Zapiski Russkogo geograфического obshchestva po obshchej geografii [Notes of the Russian Geographical Society on General Geography], 1889, No. 2 (18), 213 p. (in Russian).

Groisman P.Y., Bogdanova E.G., Alexeev V.A., Cherry J.E., Bulygina O.N. Impact of snowfall measurement deficiencies on quantification of precipitation and its trends over Northern Eurasia. Led i Sneg [Ice and Snow], 2014, No. 2 (54), p. 29–43 (in Russian).

Gusev E.M., Nasonova O.N., Kovalev E.E., Shurkhno E.A. Modeling the dynamics of the characteristics of the snow cover formation regime on the territory of Russian Federation. 2. Forest areas of the ETR in the historical period. Vodnie resursi [Water Resources], 2023, No. 4 (50), p. 438–450 (in Russian).

Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2022 god [Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2022]. Moscow, Rosgidromet, 2023, 104 p. (in Russian).

Zhuravlev G.G., Gorbatenko V.P., Tunaev E.L. Blizzards on the territory of Tomsk region. Trudi Glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voeikova [Proceedings of the Main Geophysical Observatory named A.I. Voeikova], 2019, No. 594, p. 137–151 (in Russian).

Kotlyakov V.M. Cryosphere and climate. Ekologiya i zhizn' [Ecology and life], 2010, No. 11, p. 51–59 (in Russian).

Mishon V.M. Teoreticheskie i metodicheskie osnovi ocenki resursov poverhnostnih vod v zonah nedostatochnogo i neus-

- toichivogo uvlajneniya evropeiskoi chasti Rossii [Theoretical and methodological foundations of resources of surface waters assessment in zones of insufficient and unstable humidification at European territory of Russia]: Doctoral thesis in Geography. Voronezh, 2007, 65 p. (in Russian).
- Osokin N.I., Samoilov R.S., Sosnovsky A.V. Assessment of the effect of snow cover thickness on permafrost degradation during climate warming. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical], 2006, No. 4, p. 40–46 (in Russian).
- Osokin N.I., Sosnovsky A.V. Spatial and temporal variability of depth and density of snow cover in Russia. *Led i Sneg* [Ice and Snow], 2014, No. 4 (54), p. 72–80 (in Russian).
- Osokin N.I., Sosnovsky A.V. Spatial distribution of the snow thermal resistance on the Russian territory and its impact on the ground freezing and thawing. *Led i Sneg* [Ice and Snow], 2016, No. 1 (56), p. 52–60 (in Russian).
- Osokin N.I., Sosnovsky A.V. Thermal resistance of snow as a control of permafrost stability. *Earth's Cryosphere*, 2016, vol. XX, No. 3, p. 96–101.
- Popova V.V., Shiryayeva A.V., Morozova P.A. Changes in the snow depth characteristics in the territory of Russia in 1950–2013: the regional features and connection with the global warming. *Earth's Cryosphere*, 2018, vol. XXII, No. 4, p. 58–67.
- Rihter G.D. *Rol snejnogo pokrova v prirodnih processah* [The role of snow cover in natural processes]. Moscow, Institute of Geography, 1961, 272 p.
- WMO guidelines for calculating climate normals. Geneva, WMO, 2017, No. 1203, 32 p.
- Skachkov Yu.B. Assessment of modern variability of snow cover characteristics in Yakutia. In: *Proc. of the Int. Conf. "Cryogenic resources of polar and mountain regions. State and prospects of engineering permafrost science"*. Tyumen, Express, 2008, p. 271–274 (in Russian).
- Sosnovsky A.V., Osokin N.I. Effect of thaws on snow cover and soil freezing under the contemporary climate change. *Led i Sneg* [Ice and Snow], 2019, No. 4 (59), p. 475–482 (in Russian).
- Sosnovsky A.V., Osokin N.I. Dynamics of snow storages in forests and fields in the modern climate. In: *Proc. of the Int. Sci. Conf. "Fifth Vinogradov Conference. Hydrology in the era of change"* (St. Petersburg, Oct. 5–14, 2023). St. Petersburg, Izd-vo VVM, 2023, p. 496–500 (in Russian).
- Sosnovsky A.V., Osokin N.I., Chernyakov G.A. Dynamics of snow storages in forests and fields of Russian plains under climate changes. *Led i Sneg* [Ice and Snow], 2018, No. 2 (58), p. 183–190 (in Russian).
- Sherstyukov A.B. Correlation of soil temperature with air temperature and snow cover depth in Russia. *Kriosfera Zemli* [Earth's Cryosphere], 2008, vol. XII, No. 1, p. 79–87 (in Russian).
- Irannezhad M., Ronkanen A.-K., Malekian A. Editorial: Climate impacts on snowpack dynamics. *Front. Earth Sci.*, 2022, vol. 10, 970981. – <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2022.970981/full>
- Snow and Climate: Physical Processes, Surface Energy Exchange and Modeling. Armstrong R.L., Brun E. (eds.). Cambridge, Cambridge University Press, 2008, 256 p.
- URL: <http://meteo.ru> (last visited: 16.05.2023).

*Поступила в редакцию 22 января 2024 г.,  
после доработки – 25 апреля 2024 г.,  
принята к публикации 20 июня 2024 г.*