

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ

УДК 551.578.46

ВЫСОТА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЛЕСУ И ПОЛЕ НА РАВНИННОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ПРИ СОВРЕМЕННОМ КЛИМАТЕ

© 2023 г. А. В. Сосновский^{1,*}, Н. И. Осокин¹

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: alexandr_sosnovskiy@mail.ru

Поступила в редакцию 11.08.2023 г.

После доработки 27.08.2023 г.

Принята к публикации 02.10.2023 г.

Проведено сравнение средней многолетней максимальной высоты снежного покрова в лесу и поле за разные климатические периоды. Среднее значение максимальной высоты снежного покрова в поле за современный климатический период 1991–2020 гг. увеличилось на 5% по сравнению с базовым историческим климатическим периодом 1966–1990 гг. и снизилось в лесу на 8%. Отношение максимальной высоты снежного покрова в лесу к её значению в поле за эти периоды составило 1.08 и 1.24 соответственно.

Ключевые слова: высота снежного покрова, лес, поле, базовые климатические периоды

DOI: 10.31857/S2076673423040166, **EDN:** XMSKNE

ВВЕДЕНИЕ

Снежный покров — защитная оболочка деятельного слоя земной поверхности в районах с отрицательными температурами воздуха. Он оказывает огромное влияние на климат (Воейков, 1889; Snow and Climate, 2008; Котляков, 2010), гидро-термический режим почв и грунтов (Осокин и др., 2000; Осокин и др., 2006), термическую устойчивость многолетней мерзлоты (Осокин, Сосновский, 2016), гидрологию рек и озёр (Коронкевич и др., 2018), жизнь растений и животных (Формозов, 1990; Сухова, Вайсфельд, 2021; Перевертин и др., 2022) и многие другие процессы и явления (Борзенкова, Шмакин, 2012; Олейников, Володичева, 2019). Современные климатические изменения оказывают значительное влияние на параметры снежного покрова и, следовательно, на указанные процессы и явления (Snow and Climate, 2008; Булыгина и др., 2011; Попова и др., 2018; Irannezhad et al., 2022).

Снежный покров характеризуется рядом параметров, среди которых наиболее важные — высота и плотность снежного покрова. По данным измерений высоты и плотности снежного покрова можно оценить его теплозащитную способность — одну из важных теплофизических характеристик снежного покрова.

Для многих практических задач (сельское и лесное хозяйство, функционирование растений и животных, более точный учёт альбеда поверхно-

сти и величин стока и т.п.) представляет интерес анализ влияния климатических изменений на высоту снежного покрова в лесу и поле.

В климатологии используют базовые 30-летние средние значения температуры, суммы осадков и других показателей. Эти 30-летние исторические усредненные значения называются “климатическими нормами” и могут быть посчитаны на местном, национальном или мировом уровнях. Чтобы учесть быстрые темпы изменения климата, а также практические потребности в актуальной информации о климате Всемирная метеорологическая организация (далее — ВМО) предложила двухуровневый подход к 30-летним базовым нормам для климатических данных (<https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/11151-03062015-l-r>).

Климатические нормы в настоящее время корректируются раз в 30 лет. Эти усреднённые данные называются “Климатологическими базовыми нормами ВМО”. Однако в настоящее время климат Земли меняется намного быстрее, чем раньше. В результате многие решения в сферах и отраслях, чувствительных к изменению климата, таких как водное хозяйство, энергетика, сельское хозяйство могут опираться на информацию, которая вполне могла устареть. Поэтому ВМО будет обновлять климатологические базовые нормы для оперативных целей каждые 10 лет, и период 1991–2020 гг. стал новым текущим базовым пери-

одом. Тем не менее период 1961–1990 гг. будет сохранён как исторический базовый период для поддержания долгосрочной оценки изменения климата. Недавний базовый период 1981–2010 гг. уже начали применять многие национальные метеорологические службы. Это позволило более согласованно подходить к сравнению климатических параметров и их изменениям как исследователям, так и метеослужбам. Поэтому применение двухуровневого базового периода помогает согласовать и привести к одному стандарту различные национальные подходы и облегчить международные сравнения.

Новый технический регламент об обновлении климатологических норм означает, что все страны будут использовать в 2020-х годах период 1991–2020 гг. в качестве базового. При этом период 1961–1990 гг., как базовый для оценки климатических изменений, будет сохраняться до тех пор, пока не появится веская научная причина, чтобы изменить его. Эти же периоды мы будем использовать при оценке влияния климатических изменений на максимальную высоту снежного покрова в лесу и в поле. Данные по снегосъёмкам приведены на сайте <http://meteo.ru/> с 1966 г., поэтому для анализа влияния климатических изменений на снежный покров период 1961–1990 гг. заменяется на период 1966–1990 гг.

В работе (Сосновский и др., 2018) по данным метеостанций равнинной территории России приведены карты максимальной высоты снежного покрова в лесу и поле. Сравнение высоты снежного покрова за 2001–2010 гг. с периодом 1966–2000 гг. показало её рост в поле на 7% и снижение в лесу на 4%. Отношение максимальной высоты снежного покрова в лесу к её значению в поле за периоды 1966–2000 и 2001–2010 гг. составило 1.22 и 1.06 соответственно.

Цель работы – оценка средней многолетней высоты снежного покрова на равнинной территории России в лесу и в поле и их изменения за 30-летние исторические базовые климатические периоды 1966–1990, 1981–2010 и 1991–2020 гг., а также сравнение высоты снежного покрова за два десятилетия XXI века 2001–2010 и 2011–2020 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Высота снежного покрова измеряется на метеостанциях по постоянной рейке и в ходе снегомерных работ на маршрутах в поле и лесу. Материалы маршрутных снегомерных съёмок начиная с 1966 г., а также координаты и названия метеорологических станций России, содержащих индекс ВМО (номер метеостанции, утверждаемый Всемирной метеорологической организацией), приведены на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической ин-

формации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД, <http://meteo.ru/data>).

Наблюдения за снежным покровом по регламенту маршрутных снегосъёмок проводятся 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, 20 и в последний день каждого месяца. Весной перед началом и в период снеготаяния производятся учащённые снегосъёмки в каждый последний день пятидневки (5, 10, 15, 20, 25 и последний день месяца).

Рассмотрены изменения средней многолетней максимальной высоты снежного покрова в лесу и в поле для метеостанций равнинной территории России. Из 517 метеостанций с маршрутными снегосъёмками, представленных на сайте ВНИИГМИ-МЦД, рассмотрены 82 метеостанции, которые имеют маршрутные снегосъёмки одновременно и в лесу, и в поле. При этом 2/3 метеостанций со снегосъёмками одновременно в лесу и в поле расположены в европейской части территории России (далее – ЕТР).

В результате обработки данных о высоте снежного покрова за период 1966–2020 гг. для каждой метеостанции получено среднее многолетнее значение максимальной высоты снежного покрова (МВСП) в лесу – h_{fo} и поле – h_{fi} и их отношение – $r_h = h_{fo}/h_{fi}$ за 25-летний (1966–1990 гг.) и 30-летний периоды 1981–2010 и 1991–2020 гг., и построены карты распределения высоты снежного покрова в лесу и в поле за эти периоды. При этом надо иметь в виду, что карты характеризуют распределение МВСП и её изменение в районе расположения метеостанций. На значительном отдалении от метеостанции и тем более в горных районах картина распределения МВСП может быть другой. Назовём отношение высоты снежного покрова в лесу к её значению в поле – r_h коэффициентом снегосъёмки (далее – КС) по аналогии с коэффициентом снегонакопления – отношением снегозапасов в лесу к их значению в поле (Мишон, 2007).

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

За периоды 1966–1990, 1981–2010, 1991–2020 гг. наибольшие и наименьшие значения МВСП для леса составляли 29–96, 23–92, 23–90 см и для поля – 21–73, 21–80, 18–81 см соответственно. Таким образом, наибольшие значения МВСП для леса снижались, а для поля – росли. Средние многолетние значения МВСП за эти периоды со-

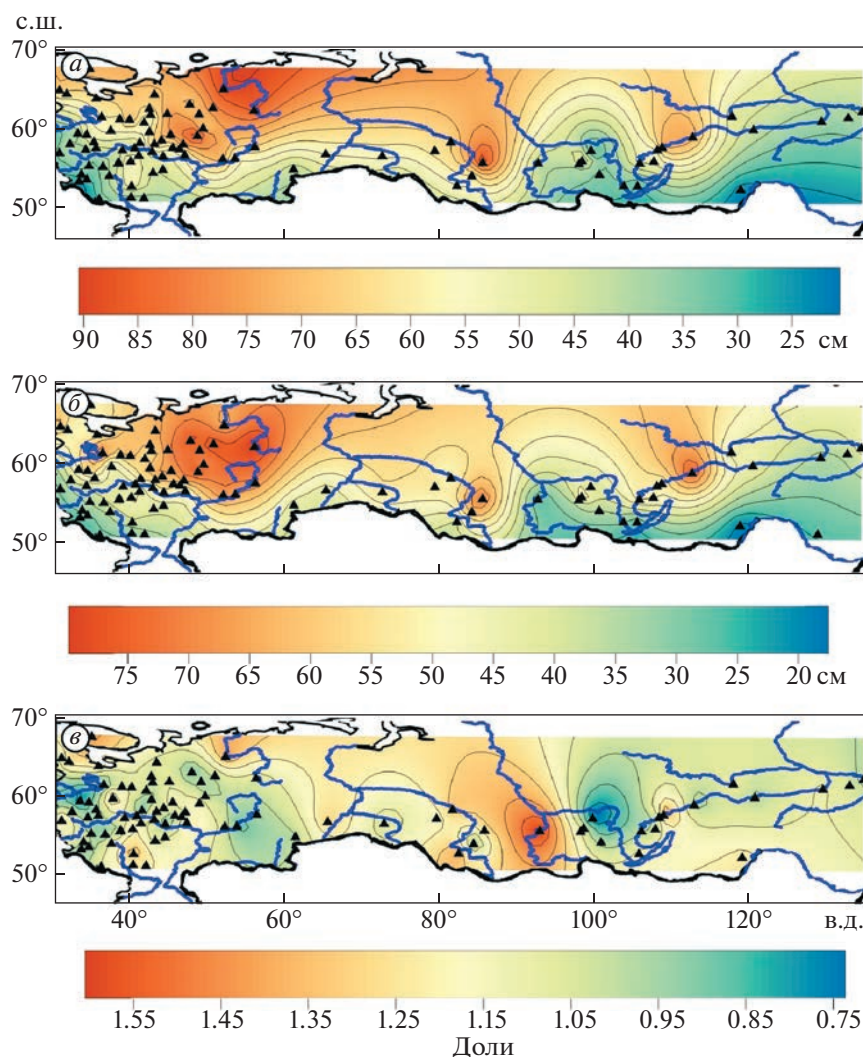


Рис. 1. Максимальная высота снежного покрова в лесу h_{fo} (а), поле h_{fi} (б) и их отношение — коэффициент снегосъёмки $r_h = h_{fo}/h_{fi}$ (в) за период 1991–2020 гг.

Fig. 1. The maximum of snow depth in the forest h_{fo} (a); the field — h_{fi} (б) and their ratio — snow surveys coefficient $r_h = h_{fo}/h_{fi}$ (в) for 1991–2020.

ставили для поля 47, 49 и 49 см и для леса — 57, 54 и 53 см соответственно.

Наибольшие значения средней многолетней МВСП в лесу h_{fo} — 90 см за период 1991–2020 гг. отмечены на северо-востоке ЕТР, в бассейнах рек Северная Двина и Печора (рис. 1, а). В отдельных районах юго-востока Западной Сибири и верхнего течения реки Лена МВСП достигает 70–80 см. В этих же районах отмечаются наибольшие значения средней многолетней МВСП в поле — до 60–80 см (см. рис. 1, б). Наименьшие значения средней многолетней МВСП в лесу — до 23 см за период 1991–2020 гг. отмечены на юге и юго-западе ЕТР, юге Восточной Сибири и до 18 см в поле.

Расчёты показали, что среднее значение МВСП в поле за период 1991–2020 гг. увеличилось на 5% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. и снизилось в лесу на 8%. В результате, в целом отношение МВСП в лесу к значениям в поле уменьшилось.

Отношение МВСП в лесу к её значению в поле за периоды 1966–1990, 1981–2010 и 1991–2020 гг. постоянно снижалось. Диапазон изменения этого отношения за эти периоды составлял 0.85–2.24, 0.74–2.13 и 0.69–1.63. Средние значения отношения МВСП в лесу к её значению в поле за эти периоды составило 1.24; 1.12 и 1.08 соответственно. За период 1991–2020 гг. наибольшие значения этого отношения приурочены к северо-востоку ЕТР и югу Западной Сибири (см. рис. 1, в).

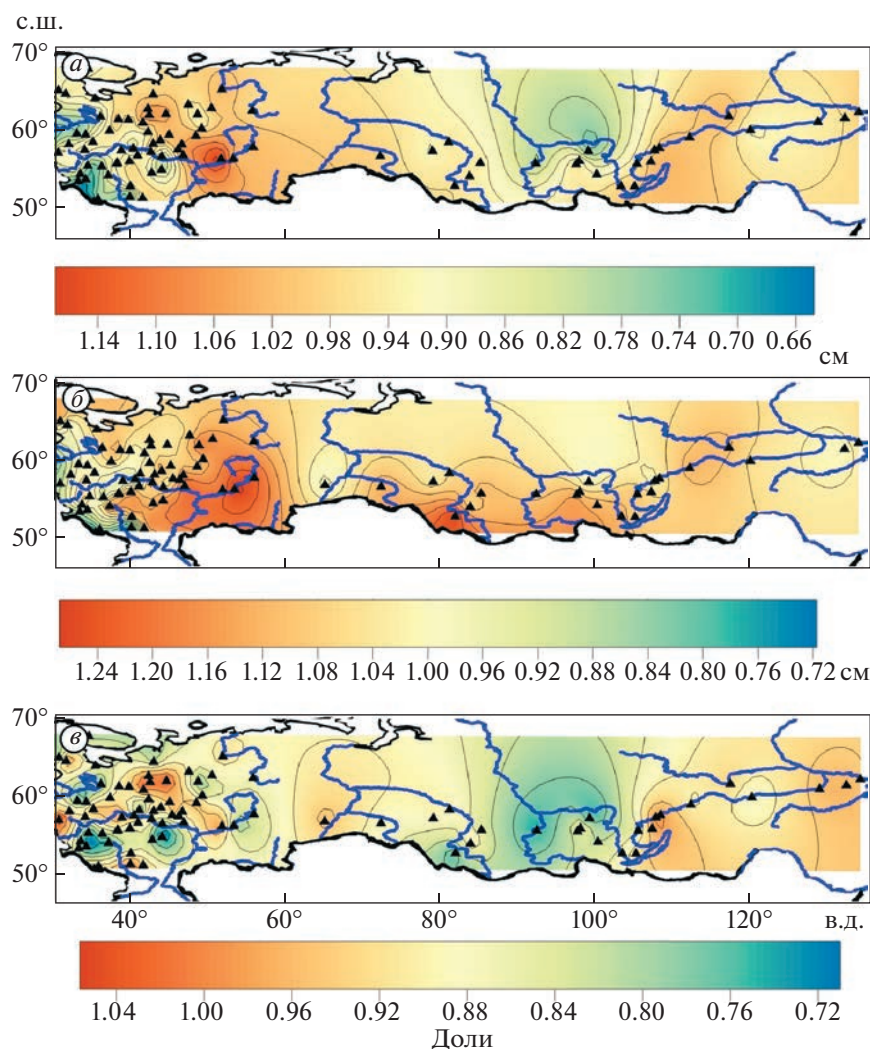


Рис. 2. Отношение средней максимальной высоты снежного покрова для леса (*а*), для поля (*б*), для коэффициента снегосъёмки (*в*) за период 1991–2020 гг. к их значениям за период 1966–1990 гг.

Fig. 2. The ratio of the average maximum snow depth for the forest (*a*); for the field (*b*); for snow surveys the coefficient (*c*) for 1991–2020 to 1966–1990.

Наименьшие значения наблюдаются на юго-востоке, юго-западе и в отдельных районах центра ЕТР, на юге восточной Сибири. Отметим, что согласно работе (Доклад..., 2023) средний для всей России запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъёмок в поле увеличивается на 2.71 мм за 10 лет за период с 1976 по 2022 г., но в лесу преобладают общая тенденция уменьшения максимального за зиму запаса воды в снеге. Средний для страны запас воды в снеге в лесу уменьшается на 1.22 мм за 10 лет.

Разница в снегонакоплении в лесу и в поле в значительной мере обусловлена изменением метелевого переноса снега. В работе (Сосновский и др., 2018а) показано, что тенденция выравнивания МВСП в лесу и поле обусловлена снижением скорости ветра. Анализ скорости ветра на метеостанциях со значительным изменением отношения

снегозапасов в лесу к их значению в поле показал, что число наблюдений, при которых скорости ветра находятся в диапазоне 6–10 и более 10 м/с существенно снизилось в 2001–2010 гг. относительно периода 1966–2000 гг., особенно на ЕТР. Анализ тенденции изменения скорости ветра, представленный в работе (Доклад..., 2023), показал, что во все сезоны в 1976–2022 гг. средняя по территории России скорость ветра уменьшается. Число дней с ветром более 15 м/с зимой и осенью также уменьшается в большинстве регионов.

Рассмотрены изменения МВСП в лесу и в поле за текущий базовый период 1991–2020 гг. по отношению к историческому базовому периоду 1966–1990 гг. и изменение величины КС за эти периоды. На рис. 2, *а* приведено распределение

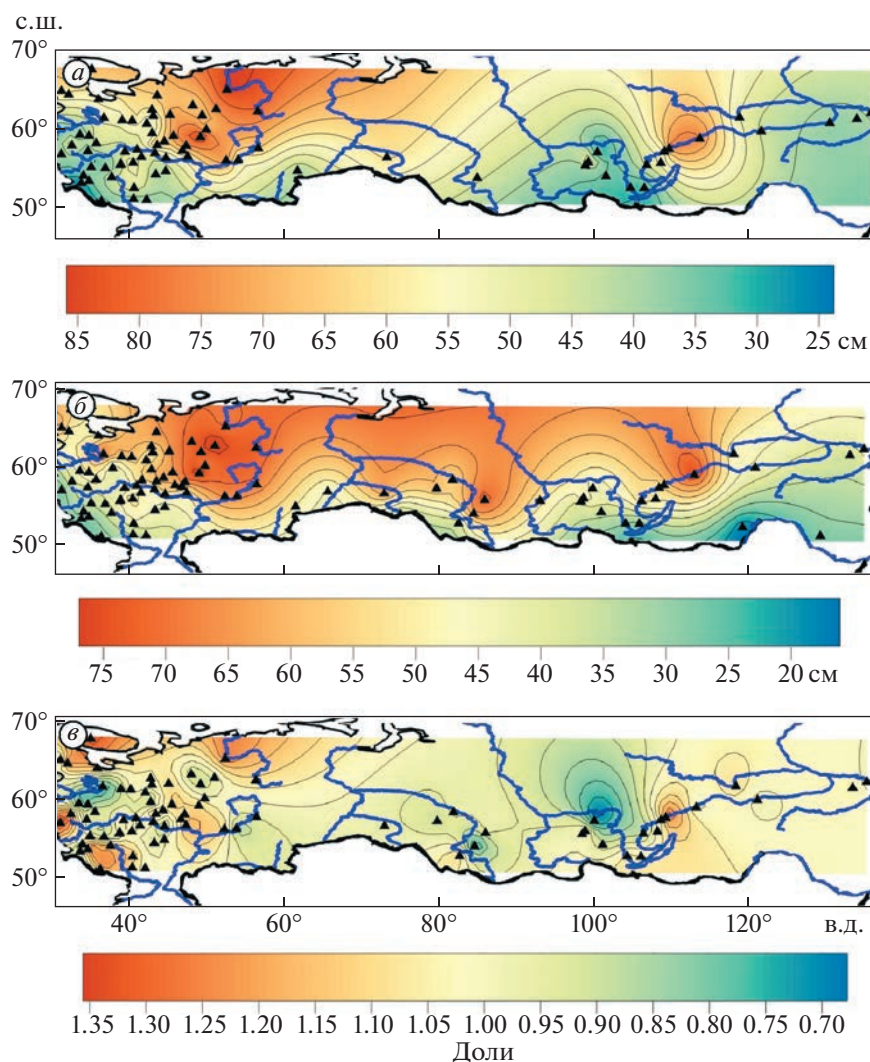


Рис. 3. Средняя многолетняя максимальная высота снежного покрова в лесу (а); в поле (б); и коэффициент снегосъёмки (в) за период 2011–2020 гг.

Fig. 3. The average long-term maximum of snow depth in the forest (a); in the field (b); and the snow surveys coefficient (c) for 2011–2020.

отношения МВСП в лесу за текущий базовый период 1991–2020 гг. к историческому базовому периоду 1966–1990 гг. Из него видно, что на юго-востоке ЕТР, в бассейне рек Северная Двина и Печора, верхнем и среднем течении р. Лена произошёл рост МВСП в лесу на 5–15% за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1966–1990 гг. Снижение МВСП отмечено на юге, западе и отдельных районах центральной части ЕТР, юго-западе Восточной Сибири. В поле произошёл рост МВСП на востоке и юго-востоке ЕТР, на юге Сибири на 10–25% (см. рис. 2, б). Снижение МВСП в поле отмечается на юго-западе и в отдельных районах центральной части ЕТР. В целом МВСП в поле увеличилась на 5% в 1991–2020 гг. относительно 1966–1990 гг. и уменьшилась в лесу на 8%. КС в 1991–2020 гг. уменьшился

в среднем на 12% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. (см. рис. 2, в). Наибольшее снижение этого соотношения – на 15–25% произошло на юго-востоке Западной Сибири и юго-западе Восточной Сибири, на большей части юга ЕТР.

Рассмотрены МВСП за две первые декады 21 века (2001–2010 и 2011–2020 гг.), которые в значительной степени будут определять распределение высоты снежного покрова в следующий 30-летний климатический период 2001–2030 гг. Среднее многолетнее значение МВСП в лесу и поле, и коэффициент снегосъёмки для метеостанций равнинной территории России за период 2011–2020 гг. представлены на рис. 3.

В 2011–2020 (2001–2010) гг. наименьшие и наибольшие значения средней многолетней

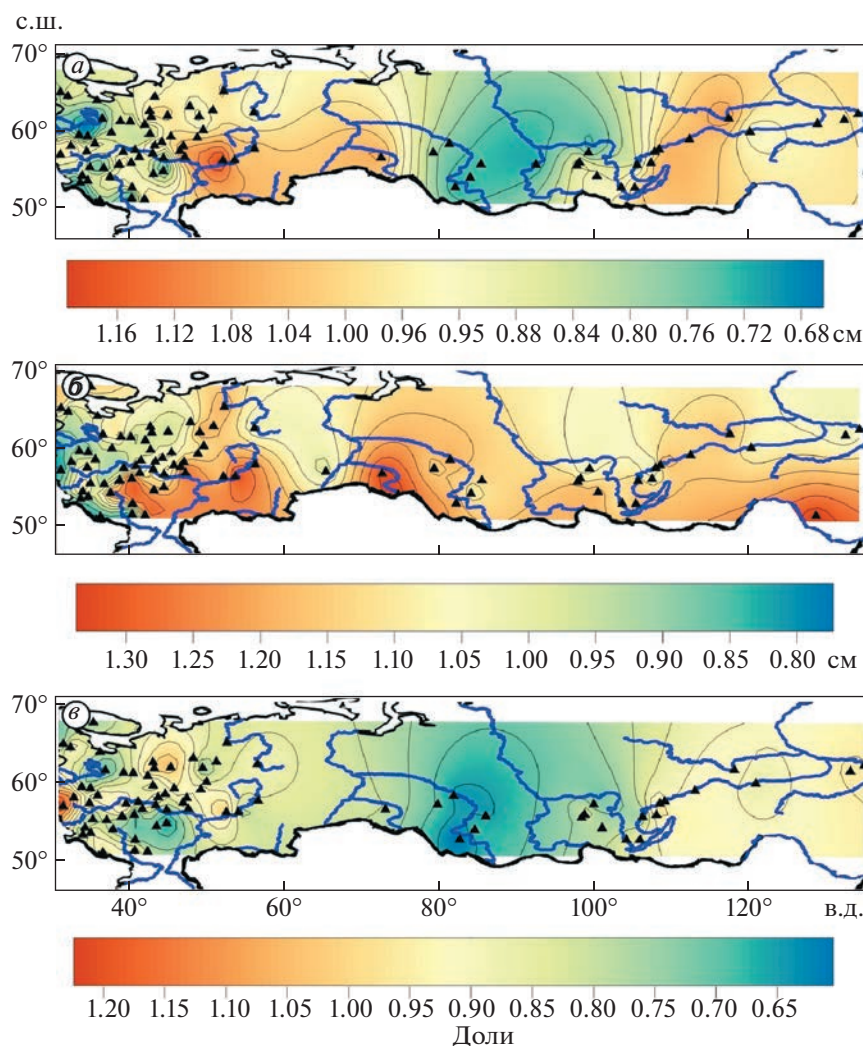


Рис. 4. Отношение средней многолетней максимальной высоты снежного покрова для леса (а); для поля (б); для коэффициента снегосъёмки (в) за период 2011–2020 гг. к этим значениям за период 1966–1990 гг.

Fig. 4. The ratio of the average maximum snow depth for the forest (a); for the field (b); for the snow surveys coefficient (v) for 2011–2020 to 1966–1990.

МВСП в лесу и поле составили 23–88 (23–96) и 17–80 (22–86) см соответственно. При этом средние значения МВСП в лесу и поле за период 2011–2020 гг. немного снизились и составили 52 (54) и 50 (51) см соответственно, тогда как наибольшие значения средней многолетней МВСП как в лесу, так и в поле показали более значимое снижение за период 2011–2020 гг. по сравнению с периодом 2001–2010 гг. За периоды 2001–2010 и 2011–2020 гг. коэффициент снегосъёмки составил 1.07 и 1.03 соответственно.

Сравнение МВСП в лесу и поле и коэффициента снегосъёмки r_h за период 2011–2020 гг. с историческим базовым периодом 1966–1990 гг. представлено на рис. 4. За период 2011–2020 гг. произошёл рост МВСП в лесу на востоке ЕТР на 5–15% и снижение на западе ЕТР на 15–25% по

сравнению с базовым периодом 1966–1990 гг. (см. рис. 4, а).

За период 2011–2020 гг. МВСП в поле увеличилась на востоке ЕТР и юге Сибири на 15–30% и уменьшилась в центре и юго-западной части ЕТР на 10–15% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. (см. рис. 4, б). Среднее значение МВСП в поле за 2011–2020 гг. увеличилось на 6% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. и снизилось в лесу на 10%. Коэффициент снегосъёмки за 2011–2020 гг. снизился относительно периода 1966–1990 гг. практически на всех метеостанциях (за исключением пяти метеостанций на юго-западе и севере ЕТР) приблизительно на 15% (см. рис. 4, в). Это свидетельствует о тенденции выравнивания МВСП в лесу и поле. Коэффициент снегосъёмки

Таблица 1. Средняя многолетняя максимальная высота снежного покрова в лесу и в поле (наименьшие, наибольшие и средние значения) за разные периоды

Периоды	1966–2020	1966–1990	1981–2010	1991–2020	2001–2010	2011–2020
<i>Лес</i>						
Наименьшие	24	29	23	23	23	23
Наибольшие	93	96	92	90	96	88
Средние	55	57	54	53	54	52
<i>Поле</i>						
Наименьшие	18	21	21	18	22	17
Наибольшие	77	73	80	81	86	80
Средние	48	47	49	49	51	50

за периоды 1966–2000 и 2011–2020 гг. составил 1.24 и 1.03 соответственно.

Средняя многолетняя максимальная высота снежного покрова в лесу и в поле (наименьшие, наибольшие и средние значения) по всем рассмотренным станциям за разные периоды представлена в табл. 1. Наибольший рост средней многолетней МВСП относительно других периодов наблюдался в 2001–2010 гг. В декаде 2011–2020 гг. все параметры МВСП (максимальные, минимальные и средние значения) как в лесу, так и в поле в основном понизились относительно предыдущей декады 2001–2010 гг. Из табл. 1 видно, что если МВСП в лесу (средние и наибольшие значения) постоянно снижалась (за исключением периода 2001–2010 гг.), то в поле наблюдался рост наибольших и средних значений МВСП до первого десятилетия XXI века и снижение во 2-м десятилетии. Средние величины МВСП за период

2011–2020 гг. уменьшились относительно периода 2001–2010 гг. на 4% в лесу и на 2% в поле.

Тенденция снижения разности между высотой снежного покрова в лесу и в поле за рассмотренные периоды видна из рис. 5. Если за исторический базовый климатический период 1966–1990 гг. эта разность составляла 10.5 см, то за текущий период 1991–2020 гг. она снизилась до 3.6 см. При этом коэффициент снегосъёмки снизился с 1.24 до 1.08 за эти периоды соответственно.

Средняя величина МВСП 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 снегосъёмками в лесу и в поле. Поэтому рассмотрены отдельно значения МВСП на ЕТР и в других регионах. В табл. 2 приведены средние многолетние значения МВСП в лесу и в поле за разные перио-

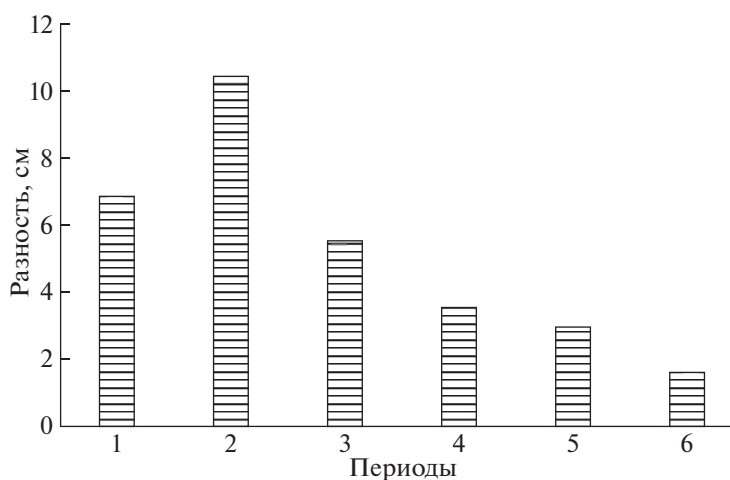
**Рис. 5.** Разность между максимальной высотой снежного покрова в лесу и в поле за периоды: 1966–2020 (1); 1966–1990 (2); 1981–2010 (3); 1991–2020 (4); 2001–2010 (5); 2011–2020 гг. (6).

Fig. 5. The difference between the maximum snow depth in the forest and in the field for: 1966–2020 (1); 1966–1990 (2); 1981–2010 (3); 1991–2020 (4); 2001–2010 (5); 2011–2020 (6).

Таблица 2. Средняя многолетняя высота снежного покрова (см) и коэффициент снегосъёмки за разные временные периоды для разных регионов

Периоды	1966–2020	1966–1990	1981–2010	1991–2020	2001–2010	2011–2020
<i>Поле</i>						
ЕТР*	50.66	49.01	50.84	51.47	53.96	51.20
Западная Сибирь	47.66	45.52	50.49	52.19	50.32	53.94
Восточная Сибирь	39.72	39.40	40.41	40.81	41.85	43.16
<i>Лес</i>						
ЕТР	56.36	58.68	56.06	54.45	55.70	53.39
Западная Сибирь	61.33	65.87	60.44	59.11	59.93	—
Восточная Сибирь	46.42	48.03	44.89	44.42	45.22	45.21
<i>Коэффициент снегосъёмки, r_h</i>						
ЕТР	1.11	1.21	1.11	1.06	1.05	1.03
Западная Сибирь	1.29	1.50	1.24	1.18	1.18	—
Восточная Сибирь	1.17	1.22	1.13	1.09	1.07	1.00

*Европейская территория России.

ды для ЕТР, Западной и Восточной Сибири и коэффициент снегосъёмки r_h .

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

Из табл. 2 видно, что на ЕТР за базовые климатические периоды (1966–1990, 1981–2010 и 1991–2020 гг.) происходил рост МВСП в поле во всех регионах, тогда как в лесу МВСП постоянно снижалось. Поэтому отношение МВСП в лесу к её значению в поле за эти периоды постоянно снижалось.

В XXI веке в десятилетия 2001–2010 и 2011–2020 гг. тенденция изменения МВСП в поле разнонаправлена – рост МВСП в Сибири и снижение в ЕТР в 2011–2020 гг. относительно периода 2001–2010 гг. А в лесу происходит снижение МВСП за эти периоды (при отсутствии изменений в Восточной Сибири). В целом, за период с 1966 по 2020 г. наибольшее значение отношения r_h приходится на Западную Сибирь и наименьшее – на ЕТР.

На ЕТР МВСП в поле в 2011–2020 гг. снизилось на 5.1% относительно 1-го десятилетия (с 54.0 см до 51.2 см) и в лесу – на 4% (с 55.7 до 53.4 см). Причём, для метеостанций северо-запада России со снегосъёмками в поле это снижение составило 10.0%, а на северо-востоке ЕТР – 4.2%.

Для сравнения отметим, что на метеостанции Баренцбург (Западный Шпицберген) подобное снижение составило 7.7% (с 172.3 см в первом десятилетии до 158.9 см – во втором). При этом динамика изменения МВСП имела пилообразный

характер – если в первом десятилетии XXI века (2001–2010 гг.) наблюдалась тенденция роста МВСП на 5.4 см/год, то во 2-м десятилетии – снижение с интенсивностью 4.6 см/год. В целом, такая же тенденция изменения максимальной высоты снежного покрова – рост за период 2001–2010 гг. и снижение в 2011–2020 гг. наблюдалась для северо-запада ЕТР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований было установлено, что среднее значение максимальной высоты снежного покрова в поле за период 1991–2020 гг. увеличилось на 5% по сравнению с базовым историческим климатическим периодом 1966–1990 гг. и снизилось в лесу на 8%. Отношение МВСП в лесу к её значению в поле, т.е. коэффициент снегосъёмки за периоды 1966–1990, 1981–2010 и 1991–2020 гг. постоянно снижался. Средние значения коэффициента снегосъёмки за эти периоды составили 1.24, 1.12 и 1.08 соответственно. За период 1991–2020 гг. наибольшие значения этого отношения приурочены к северо-востоку ЕТР и югу Западной Сибири, где максимальная высота снежного покрова в лесу была значительно выше, чем в поле. Наименьшие значения наблюдались в отдельных районах центра, юго-востока и юго-запада ЕТР, юге Восточной Сибири. За периоды 2001–2010 и 2011–2020 гг. значения коэффициента снегосъёмки составили 1.07 и 1.03. Коэффициент снегосъёмки за период 1991–2020 гг. уменьшился в среднем на 12% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. Наибольшее снижение этого соотношения – на 15–25% произошло на юго-западе Восточной Сибири и на большей части юга ЕТР.

За период 2011–2020 гг. произошёл рост МВСП в лесу на юго-востоке ЕТР на 5–15% и снижение на юго-западе и западе ЕТР на 15–25% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. В то же время в поле МВСП увеличилась на востоке ЕТР и юге Сибири на 15–30% и уменьшилась в центре и юго-западной части ЕТР на 10–15% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. Среднее значение МВСП в поле за период 2011–2020 гг. увеличилось на 6% по сравнению с периодом 1966–1990 гг. и снизилось в лесу на 10%.

Наибольший рост (относительно других периодов) средней многолетней МВСП на равнинной территории России наблюдался в период 2001–2010 гг. В десятилетие 2011–2020 гг. МВСП как в лесу, так и в поле в основном понизились относительно предыдущего десятилетия 2001–2010 гг., что обусловлено такой динамикой на ЕТР. А в Сибири МВСП в поле повысилась.

Подтверждена тенденция выравнивания максимальной высоты снежного покрова в лесу и в поле при современном климате за текущий климатический период (1991–2020 гг.). Полученные результаты могут быть использованы для корректировки средней максимальной высоты снежного покрова на территориях, где есть данные по снегосъёмкам только в одном из ландшафтов — или в лесу или в поле.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190172-5 (FMGE2019-0004). Анализ архивных материалов по Шпицбергену проводился по программе FMWS-2023-0001.

Acknowledgments. The paper includes the results obtained within the framework of the research project АААА-А19-119022190172-5 (FMGE-2019-0004) of the Research Plan of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. The analysis of archival materials on Svalbard was carried out under the FMWS-2023-0001 program.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борзенкова А.В., Шмакин А.Б. Изменения толщины снежного покрова и суточной интенсивности снегопадов, влияющие на расходы по уборке магистралей в российских городах // *Лёд и Снег*. 2012. № 2 (52). С. 59–70.
- 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. // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. 2011. Т. 24. С. 211–227.
- Воейков А.И. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду и способы исследования // *Записки императорского Русского географического общества по общей географии*. 1889. Т. 18. № 2. 213 с.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. М.: Росгидромет, 2023. 104 с.
- Коронкевич Н.И., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Барабанова Е.А., Кашутина Е.А., Милюкова И.П. Изменение стока снегового половодья на южном макросклоне Русской равнины в период 1930–2014 // *Лёд и Снег*. 2018. Т. 58. № 4. С. 498–506.
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-4-498-506>
- 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. на соиск уч. степ. д-ра геогр. наук. Воронеж: Воронежский гос. пед. ун-т, 2007. 65 с.
- Олейников А.Д., Володичева Н.А. Современные тенденции изменения снеголавинного режима Центрального Кавказа (на примере Приэльбрусья) // *Лёд и Снег*. 2019. Т. 59. № 2. С. 191–200.
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-2-400>
- 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., Самойлов Р.С., Сосновский А.В., Сократов С.А. О роли некоторых природных факторов в промерзании грунтов // *Материалы гляциол. исслед.* 2000. Вып. 88. С. 41–45.
- Осокин Н.И., Сосновский А.В. Влияние термического сопротивления снежного покрова на устойчивость многолетнемерзлых пород // *Криосфера Земли*. 2016. Т. XX. № 3. С. 105–112.
- Перевертин К.А., Белолюбцев А.И., Дронова Е.А., Асауляк И.Ф., Кузнецов И.А., Мазиров М.А., Васильев Т.А. Влияние режима снежного покрова на агрономические риски развития розовой снежной плесени // *Лёд и Снег*. 2022. Т. 62. № 1. С. 75–80.
<https://doi.org/10.31857/S2076673422010117>
- 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.
- Сосновский А.В., Осокин Н.И., Черняков Г.А. Влияние климатических изменений на высоту снежного покрова в лесу и в поле в первой декаде XXI века // *Криосфера Земли*. 2018. Т. XXII. № 2. С. 91–100.
[https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2\(91-100\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2(91-100))
- Сосновский А.В., Осокин Н.И., Черняков Г.А. Динамика снегозапасов на равнинной территории России в лесу и в поле при климатических изменениях // *Лёд и Снег*. 2018а. Т. 58. № 2. С. 183–190.
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-2-183-190>
- Сухова О.В., Вайсфельд М.А. Моделирование перераспределения снежного покрова — ключевого пара-

метра зимних биотопов копытных Дальнего Востока // Лёд и Снег. 2021. Т. 61. № 1. 89–102.
<https://doi.org/10.31857/S2076673421010073>

Формозов А.Н. Снежный покров как фактор среды, его значение в жизни млекопитающих и птиц СССР. М.: Изд-во МГУ, 1990. 287 с.

Irannezhad M., Ronkanen A.-K., Malekian A. Editorial: Climate impacts on snowpack dynamics // Front. Earth Sci. 2022. V. 10.
<https://doi.org/10.3389/feart.2022.970981>

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

Citation: Sosnovsky A.V., Osokin N.I. The snow depth in forests and fields on lowlands of Russia under the current climate conditions. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2023, 63 (4): 558–568 [In Russian]. doi 10.31857/S2076673423040166

The Snow Depth in Forests and Fields on Lowlands of Russia under the Current Climate Conditions

A. V. Sosnovsky^{a,*} and N. I. Osokin^a

^a*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^{*}*e-mail: alexandr_sosnovskiy@mail.ru*

Received August 11, 2023; revised August 27, 2023; accepted October 2, 2023

Average values of maximum snow depths (MaxSD) estimated separately under conditions of forests and fields on lowlands of Russia were compared during the past 29 years. It was found that MaxSD in the fields for the current climatic period 1991–2020 increased by 5% compared to the period 1966–1990 and decreased by 8% in the forests. For the periods 1966–1990, 1981–2010, and 1991–2020, the ratio of MaxSD in a forest to similar one in a field (which we refer to as the snow survey coefficient) has been constantly decreasing. The snow survey coefficients for these periods were equal to 1.24; 1.12 and 1.08, respectively. In 1991–2020, the greatest values of this ratio were obtained in the northeast of the European part of the territory of Russia (ETR) and in the south of Western Siberia, where the maximum thickness of snow cover in the forest was found to be significantly higher than in the field. The lowest values were observed in some areas of the ETR center as well as in south-east and south-west, and in the south of Eastern Siberia. Here, for the periods 2001–2010 and 2011–2020, the values of the snow survey coefficients were estimated as 1.07 and 1.03 respectively. The coefficient for 1991–2020 decreased, on average, by 12% compared to 1966–1990. The maximum decrease in this ratio – by 15–25% – occurred in the south-west of Eastern Siberia and in a larger part of the ETR in the south. In 2011–2020, the MaxSD values increased in forests in the south-east of the ETR by 5–15%, and decreased in the south-west and the west of the ETR by 15–25% compared to 1966–1990. At the same time in fields, the MaxSD increased by 15–30% in the east of the ETR and the south of Siberia and decreased in the center and south-west of the ETR by 10–15%. The average value of the MaxSD in the field for the period 2011–2020 increased by 6% compared to 1966–1990 and decreased in the forest by 10%. Relative to other periods, the greatest increase in MaxSD was observed in 2001–2010. In the period 2011–2020, the MaxSD both in the forest and in the field mainly decreased relative to the period 2001–2010. In the current climatic period (1991–2020), the tendency for equalization of the MaxSD in forests and fields has been confirmed.

Keywords: snow depth, forest, field, basic climatic periods

REFERENCES

- Borzenkova A.V., Shmakina A.B. Changes in the snow cover thickness and of daily snowfall intensity affecting the highways cleaning expenses in Russian cities. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2012, 2 (52): 59–70 [In Russian].
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2012-2-59-70>
- 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, 24: 211–227 [In Russian].
- Voeykov A.I. Snow cover, its influence on soil, climate and weather and methods of research. *Zapiski imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva po obshchej geografii*. Notes of the Imperial Russian Geographical Society on General Geography. 1889, 18 (2): 213 [In Russian].
- Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2022 god. Report on the peculiarities of the cli-

- mate in the territory of the Russian Federation for 2022. Moscow: Roshydromet, 2023: 104 p. [In Russian].
- Koronkevich N.I., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Barabanova E.A., Kashutina E.A., Milyukova I.P. Change in snow flood flow in the southern macro-slope of the Russian Plain in the period 1930–2014. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2018, 4 (58): 498–506 [In Russian].
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-4-498-506>
- Kotlyakov V.M. Cryosphere and climate. *Ekologiya i zhizn'*. Ecology and life. 2010, 11: 51–59 [In Russian].
- Mishon V.M. 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: Voronezh State Pedagogical University, 2007: 65 p. [In Russian].
- Oleinikov A.D., Volodicheva N.A. Recent trends of snow avalanche regime in the Central Caucasus (Elbrus region as an example). *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2019, 2 (59): 191–200 [In Russian].
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-2-400>
- Osokin N.I., Samoilov R.S., Sosnovsky A.V. Assessment of the effect of snow cover thickness on permafrost degradation during climate warming. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*. Proc. of the RAS. Geographical series. 2006, 4: 40–46.
- Osokin N.I., Samoilov R.S., Sosnovsky A.V., Sokratov S.A. On the role of some natural factors in soil freezing. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 2000, 88: 41–45 [In Russian].
- Osokin N.I., Sosnovsky A.V. Influence of snow cover thermal resistance on permafrost stability. *Kriosfera Zemli*. Earth's Cryosphere. 2016, XX (3): 105–112 [In Russian].
- Perevertin K.A., Belolyubcev A.I., Dronova E.A., Asaulyak I.F., Kuznetsov I.A., Mazirov M.A., Vasiliev T.A. Impact of changes in snow cover regime on agronomic risks causing pink snow mold. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2022, 62 (1): 75–80 [In Russian].
<https://doi.org/10.31857/S2076673422010117>
- 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. *Kriosfera Zemli*. Earth's Cryosphere. 2018, XXII (4): 65–75 [In Russian].
- Sosnovskiy A.V., Osokin N.I., Chernyakov G.A. Impact of climate change on snow depth in forest and field areas in the first decade of the xxi century. *Kriosfera Zemli*. Earth's Cryosphere. 2018, XXII (2): 91–100 [In Russian].
[https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2\(91-100\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-2(91-100))
- 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. 2018a, 58 (2): 183–190 [In Russian].
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-2-183-190>
- Sukhova O.V., Vaisfeld M.A. Modeling the redistribution of snow cover in the Russian Far East which is the key parameter of the winter biotopes of hooves. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2021, 61 (1): 89–102 [In Russian].
<https://doi.org/10.31857/S2076673421010073>
- Formozov A.N. *Snezhnyi pokrov kak faktor sredy, ego znachenie v zhizni mlekopitayushchikh i ptits SSSR*. Snow cover as an environmental factor, its significance in the mammals and birds life of the USSR. Moscow: Moscow State University, 1990: 287 p. [In Russian].
- Irannezhad M., Ronkanen A.-K., Malekian A. Editorial: Climate impacts on snowpack dynamics. *Front. Earth Sci*. 2022: 10 p.
<https://doi.org/10.3389/feart.2022.970981>
- Snow and Climate: Physical Processes, Surface Energy Exchange and Modeling / Armstrong R.L., Brun E. (Eds.). Cambridge University Press, 2008: 256 p.