

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья
УДК 551.515: 551.578.42(470-25)
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-3-29-36>



**Закономерности формирования снежного покрова
в различных экосистемах города Москвы**

**Мария Васильевна Тихонова, Елена Михайловна Илюшкова,
Александр Иванович Белолобцев, Ярослава Сергеевна Жигалева, Сергей Юрьевич Ермаков,
Алексей Вячеславович Бузылёв, Никита Александрович Александров**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Тихонова Мария Васильевна; tmv@rgau-msha.ru

Аннотация. В статье анализируются показатели снежного покрова за холодный сезон 2022-2023 гг., сформировавшегося в условиях различных природно-антропогенных экосистем на территории города Москвы. Дана сравнительная оценка основных характеристик снежного покрова (высоты, плотности и запасов воды в снеге) на примере лесной экосистемы и агроэкосистемы. Установлено, что на процессы накопления и распределения снега, а также на его характеристики существенное влияние оказывают наличие и видовой состав растительности, температурный и ветровой режим, инсоляция, мезо- и микрорельеф. Снежный покров, сформированный в лесных массивах, отличается максимальной высотой, пониженной плотностью и лучшим утепляющим эффектом почвы по сравнению с открытым пространством.

Ключевые слова: снежный покров, изменение климата, плотность снега, высота снежного покрова, агроэкосистемы Москвы, лесные экосистемы Москвы

Для цитирования: Тихонова М.В., Илюшкова Е.М., Белолобцев А.И., Жигалева Я.С., Ермаков С.Ю., Бузылёв А.В., Александров Н.А. Закономерности формирования снежного покрова в различных экосистемах города Москвы // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 3. – С. 29-36. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-3-29-36>

© Тихонова М.В., Илюшкова Е.М., Белолобцев А.И., Жигалева Я.С.,
Ермаков С.Ю., Бузылёв А.В., Александров Н.А., 2023

BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY

Original article
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-3-29-36>



Regularities of Snow Cover Formation in Different Ecosystems of Moscow

**Maria V. Tikhonova, Elena M. Iliushkova, Aleksandr I. Belolyubtsev,
Yaroslava S. Zhigaleva, Sergey Yu. Ermakov, Aleksey V. Buzylev, Nikita A. Aleksandrov**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Maria V. Tikhonova; tmv@rgau-msha.ru

Abstract. The article analyses the indicators of snow cover for the cold season of 2022-2023, formed under the conditions of different natural and anthropogenic ecosystems in Moscow. A comparative assessment of the main characteristics of the snow cover (height, density and water reserves in the snow) is given on the example of the forest system and the agro-ecosystem. It was found that the processes of snow accumulation and distribution, as well as its characteristics, are significantly influenced by the presence and species composition of vegetation, temperature and wind regime, insolation, meso- and micro-relief. Snow cover formed in forested areas is characterized by maximum height, lower density and better soil insulation compared to open areas.

Keywords: snow cover, climate change, snow density, snow cover height, Moscow agro-ecosystems, Moscow forest ecosystems

For citation: Tikhonova M.V., Iliushkova E.M., Belolyubtsev A.I., Zhigaleva YU.S., Ermakov S. Yu., Buzylev A.V., Aleksandrov N.A. Regularities of Snow Cover Formation in Different Ecosystems of Moscow. Timiryazev Biological Journal. 2023;3:29-36. (In Rus.) <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-3-29-36>

© Tikhonova M.V., Iliushkova E.M., Belolyubtsev A.I., Zhigaleva YU.S.,
Ermakov S. Yu., Buzylev A.V., Aleksandrov N.A., 2023

Введение

Существенные изменения климата не только во многих регионах России, но и во всем мире, становятся одной из главных причин ухудшения экологической обстановки, что в свою очередь приводит к экономическому и социальному дисбалансу.

Глобальное изменение климата – часть мировых преобразований природной среды, обусловленных изменениями в тепловом балансе атмосферы, циркуляции вод океана, солнечной активности и в биогеохимических циклах [1]. Если рассматривать модель глобальной циркуляции атмосферы, можно отметить, что все процессы неоднородны в пространстве и во времени и повышение температуры через ближайшие 30-50 лет в наибольшей степени проявится в Северном полушарии.

Научные исследования в части изменения климата России продемонстрировали, что во второй половине XX в. в Европейской части максимальное увеличение температуры происходило в холодную половину года, тогда как в теплое время изменения были не столь значительными [9]. Подобное повышение средней температуры характерно для Урала и Сибири, где среднегодовая температура повысилась почти на 2°C за последние 100 лет [6].

Проблема изменения климата, его предпосылки и перспективы имеют различные научные точки зрения, которые интенсивно обсуждаются во всем мире [1, 3]. С одной стороны, это проблема является как экономической, так и социальной, причем с высоким риском негативных последствий. С другой стороны, это можно рассматривать как эволюционный процесс, который происходит весьма медленно, что может напоминать климатические колебания: небольшое потепление, которое отмечено в прошлом, может смениться похолоданием примерно в тех же температурных пределах в сходных исторических интервалах [2].

Согласно системе экологического мониторинга отмечается глобальное и региональное потепление, что подтверждается многочисленными факторами, одним из которых является уменьшение снежного покрова и времени его залегания [10].

Мониторинг снежного покрова – важнейший показатель для различных экологических систем, который позволяет контролировать изменения, связанные с климатом, особенно там, где необходимо учитывать использование воды на полив, создание электрической энергии, а также для предотвращения наводнений в весенний период.

В настоящее время существуют различные методы оценки снежного покрова. Большинство исследователей данную группу подразделяют на грунтовые, воздушные, а также комбинированные методы. Грунтовые методы включают в себя измерения толщины снега, его плотности и влажности, а также температуры поверхности почвы. Воздушные методы нацелены на использование спутниковых, аэрофотографических и лазерных технологий. Данная группа методов позволяет разработать точную модель снежного покрова. Одним из наиболее эффективных методов оценки является комбинированный метод, который позволяет использовать одновременно зондирование (оценка толщины снега) и спутниковые данные (площадь и распределение). При использовании комбинированных методов важно учитывать преимущества, недостатки, возможности комбинирования для минимизации ошибок.

Снежный покров – это дополнительный источник питания, увлажнения и теплоизоляции растений, который помогает сохранить жизнеспособность биоты, поддерживать температуру водоемов и участков с разительностью, что делает их устойчивыми к низким температурам. Снежный покров выступает как грунтозащитный слой от размораживания и предотвращает процесс переохлаждения почвенного покрова [11]. Снег – это не только твердые осадки, но и примеси воздуха, минеральные примеси и другие элементы, что в итоге формирует так называемый снежный покров, образующийся в холодное время года на поверхности почвы. Он обладает уникальными свойствами, которые радикально меняются под влиянием внешних антропогенных и климатических факторов. Кроме того, обладает высокой отражательной способностью (альбедо), что значительно меняет теплофизическое состояние земной поверхности. Мощность снежного покрова и его плотность – это важные характеристики, которые определяют его водозпас, влияющий на дальнейшее увлажнение почвы.

Леса – уникальные экосистемы. На территории нашей страны они занимают 1/4 лесного покрова планеты. Леса выполняют функции защиты, стабилизации и балансировки биосферы, которые в свою очередь контролируют и регулируют газовый состав атмосферы, поглощая углекислый газ и являясь основным источником кислорода, необходимого живым существам. Лесные экосистемы улучшают качество воды, оказывают влияние на гидрологический режим водоемов, защищают почву от процессов эрозии [6].

Универсальность лесов оказывает влияние на множество сфер жизни человека, в социальной сфере улучшает состояние здоровья населения, повышает устойчивость агрокультур, находящихся вблизи лесных насаждений, улучшает качество воды и удовлетворяет потребности в источниках энергии в различных экологических, экономических и социальных сценариях. Несмотря на это, результаты последней оценки *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* свидетельствуют о сокращении площади лесов в рамках зон устойчивого их развития и сохранения [4].

Помимо лесных экосистем, весьма важную роль играют и агроэкосистемы. Сельское хозяйство является основой экономики любой страны. Оно дает жизненно необходимую человеку продукцию: основные продукты питания и сырье для выработки предметов потребления; производит свыше 12% валового общественного продукта и более 15% национального дохода России, сосредоточивает 15,7% производственных основных фондов.

На сегодняшний день мы можем наблюдать, как сельское хозяйство России постепенно выходит из затяжного экономического и финансового кризиса. За последние годы в аграрной политике России произошли серьезные изменения благодаря тому, что развитие агропромышленного комплекса отнесено к приоритетным направлениям. Развитие и совершенствование данной отрасли непосредственно связаны с заложением и регулярными мониторинговыми исследованиями длительных полевых опытов.

Длительный полевой опыт (ДПО) – основной метод исследования в агрономии, растениеводстве и земледелии, позволяющий ученым изучить влияние использования различных технологий земледелия на рост и продуктивность растений в агроценозах. Это дает возможность использовать и оценивать различные технологии земледелия, проводить мониторинговые наблюдения за глобальным изменением климата, оценивать и прогнозировать почвенное плодородие и урожайность основных сельскохозяйственных культур [4].

Цель исследований – изучить закономерности формирования снежного покрова в лесных экосистемах и агроэкосистемах, расположенных в пределах города Москвы.

Методика исследований

Исследования по оценке снежного покрова проводились в 2022-2023 гг. на территории Северного округа города Москвы. Первый исследуемый участок, городской лес – Лесная опытная дача (ЛОД) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Второй участок – Длительный полевой опыт имени А.Г. Дояренко РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (рис. 1). Контрольные данные измерения снежного покрова определялись в метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона и на Полевой станции.

Территория Лесной опытной дачи выступает в качестве объекта лесной экосистемы. Наблюдения осуществлялись на ранее заложённой трансекте протяженностью около 900 м. Пять ключевых участков размеров 50×50 м различаются между собой почвенными характеристиками, расположением в мезорельефе, режимом увлажнения, напочвенно-растительным и древесным покровом, а также уровнем антропогенной нагрузки. Ключевые участки № 1 и № 2 заложены на прямом слабопокатом коротком склоне моренного холма северо-восточной экспозиции: в средней – 2 (ССВ); в нижней части склона – 1 (ПСВ). Участок № 3 расположен на выположенной вершине моренного холма ВМХ и является автоморфной системой с глубоким залеганием грунтовых вод. Участки № 4 и № 5 расположены на противоположном пологом склоне повышенной длины юго-западной экспозиции: в средней и нижней частях склона – слабоогнутой формы (СЮЗ и ПЮЗ) [8].

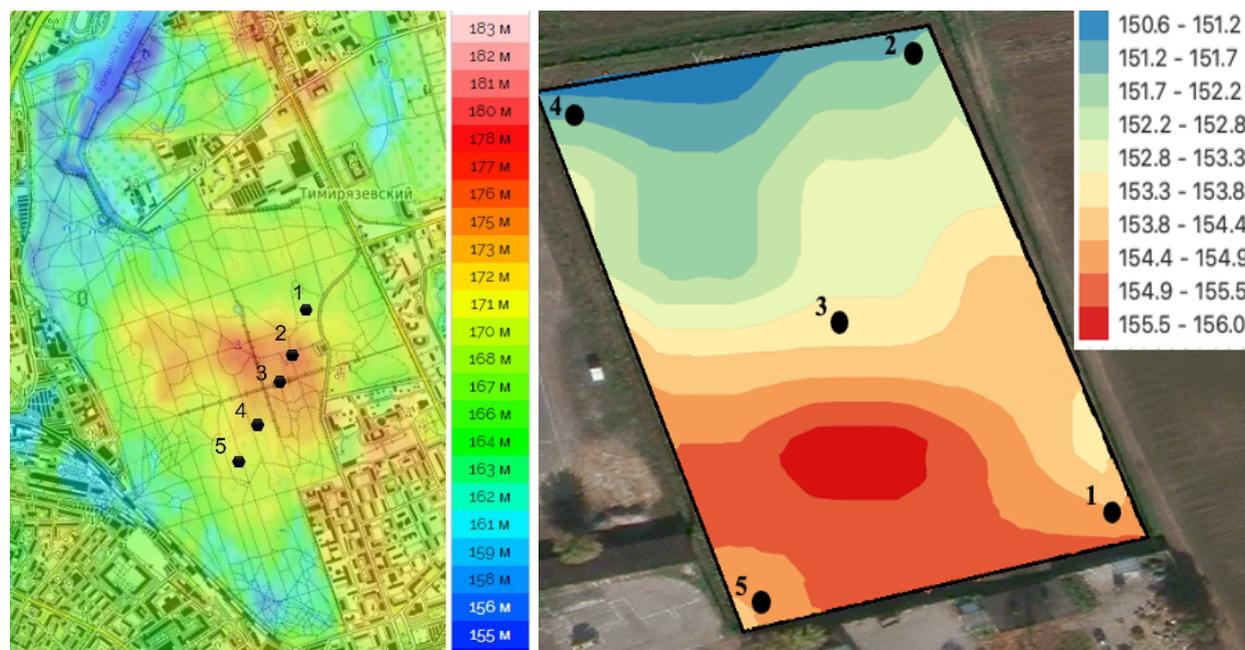


Рис. 1. Расположение исследуемых участков:
левый – ЛОД; правый – Длительный полевой опыт

Fig. 1. Location of the study sites
(left – Forest Experimental Dacha (FED); right – Long-Term Experiment (LTE))

Второй участок исследований, агроэкосистема – Длительный полевой опыт, названный в честь известного русского ученого и агронома Алексея Григорьевича Дояренко. Данный ДПО был заложен в 1912 г. Опыт представляет собой земельный участок площадью 1,5 га с уклоном в 1°, располагается на южной окраине Клинско-Дмитровской возвышенности. Согласно классификации ФАО почва – *Podsol-luvisol* или дерново-средне- и слабоподзолистая, старопашотная.

В настоящее время стационар включает в себя: 1) бесменные культуры с 1912 г. (рожь, картофель, ячмень, клевер, лен и поле «вечного» пара); 2) шестипольный севооборот с ротацией тех же культур во времени (пар – рожь – картофель – ячмень – клевер – лен) (рис. 2).

Мониторинговые наблюдения включали в себя полевые исследования заложенных участков, отбор (в 3-кратной повторности) и взвешивание образцов с помощью весового снегомера ВС-43, определение глубины снега и его плотности. Запас влаги в образцах снежного покрова определялся по стандартной методике Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды как отношение массы отобранного снега к его объему [12].

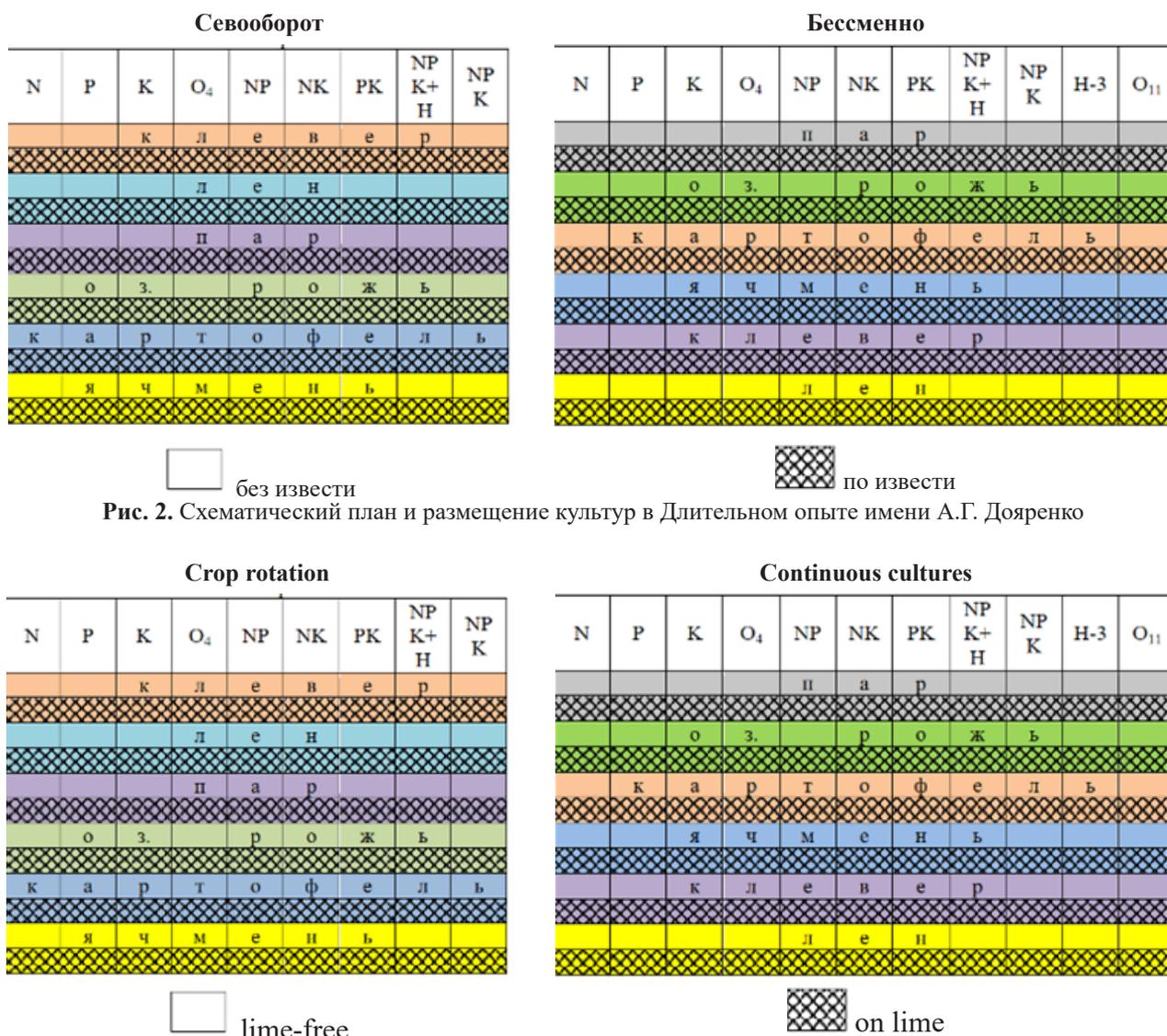


Рис. 2. Схематический план и размещение культур в Длительном опыте имени А.Г. Дояренко

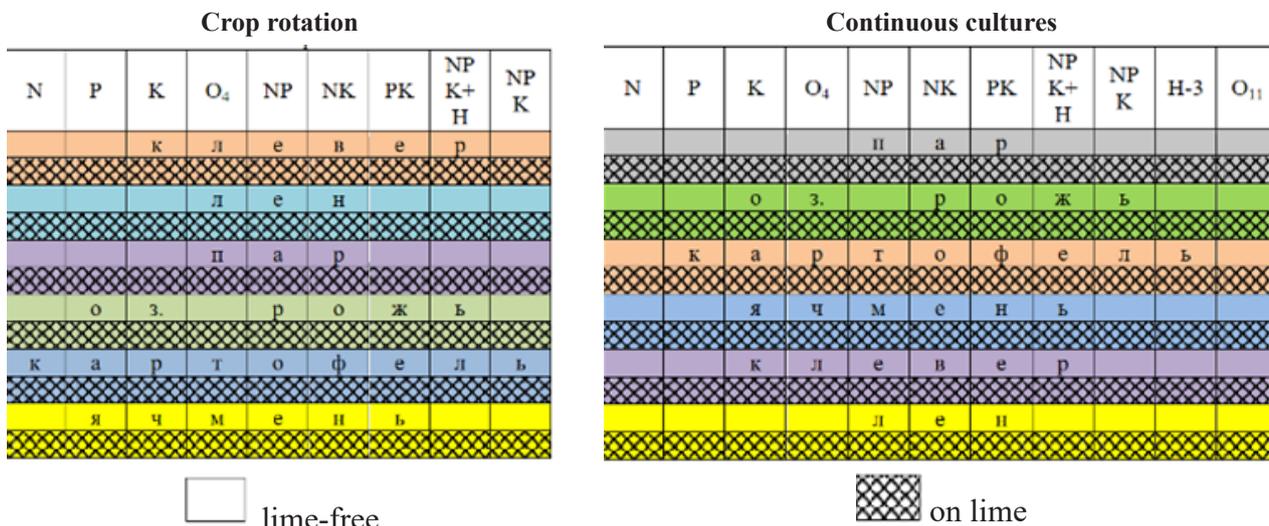


Fig. 2. Schematic plan and placement of crops in the Long-Term Experiment named after A.G. Doyarenko

Результаты и их обсуждение

Основными показателями снежного покрова являются три характеристики: высота снега, плотность снега и запас влаги. По данным А.Т. Баранова, эти показатели имеют очень большое значение для формирования качественной и количественной оценки снежного покрова, но стоит рассматривать значительное количество повторностей отбора образцов, так как погрешность может быть весьма высокой, что не даст точных результатов. При исследовании влагозапаса в почве после процесса снеготаяния следует рассматривать верхний пахотный горизонт, где распределение влаги является более равномерным.

Исследования проводились в момент максимальной концентрации влагосапаса в снеге, в конце сезона, когда высота снега и его плотность достигали максимальных показателей перед периодом снеготаяния.

Из полученных результатов за 2022-2023 гг. следует, что высота снежного покрова в лесной экосистеме (на территории Лесной опытной дачи) превышает высоту снега на Длительном полевом опыте более чем в 2 раза (рис. 3).

На территории лесной экосистемы наибольшая высота снежного покрова характерна для участка, расположенного на прямом слабопокатоном коротком склоне моренного холма северо-восточной экспозиции в нижней части склона (ПСВ-1), – 37 см, а также на пологом склоне повышенной длины юго-западной экспозиции в нижней части склона слабовогнутой формы (ПЮЗ-5) – 36 см.

Минимальная высота снежного покрова для лесной экосистемы характерна для выположенной вершины моренного холма (ВМХ-3) – 29 см.

В агроэкосистеме, представленной Длительным полевым опытом, максимальная высота снежного покрова отмечается на ключевом участке № 2 (14 см), а минимальная – на ключевом участке № 4 (9 см).

Контрольные измерения высоты снежного покрова на станции В.А. Михельсона продемонстрировали значение высоты снега в 31 см, что ненамного меньше, чем в лесной экосистеме. На поле контрольная точка также продемонстрировала закономерность и составила 18 см

В 2022-2023 гг. наблюдаются варьированные плотности снежного покрова на исследуемых объектах. При сравнении данных показателей выявлено превышение плотности в 2 раза в лесной экосистеме по сравнению агроэкосистемой (рис. 4). Максимальная плотность снега в лесной экосистеме наблюдалась на ключевых участках, расположенных на подошве склонов северо-восточной и юго-западной экспозиций (участки № 1 и № 5), составив 0,4 г/см³.

Минимальные значения плотности снега в лесной экосистеме составили 0,3 г/см³ на склоне повышенной длины юго-восточной экспозиции, что связано не только с экспозицией склона и расположением в мезорельефе, но и с видовым составом древесной растительности, сомкнутостью крон. Контрольное значение плотности снега из обсерватории В.А. Михельсона составило 0,35 г/см³.

Максимальные показатели плотности снега в агроэкосистеме составили 0,22 г/см³ на северной экспозиции склона, минимальные значения плотности снега – 0,11 г/см³ на противоположной, юго-западной экспозиции.

Запас воды в снеге является важнейшим показателем, который демонстрирует количество накопленной влаги в снежном покрове. В лесной экосистеме значения влаги гораздо выше, чем в агроэкосистемах. Максимальный показатель составил 148 мм на ключевом участке № 1. Максимальное значение в агроэкосистеме составило 30,07 мм, что почти в 5 раз меньше, чем в лесной экосистеме (рис. 5).

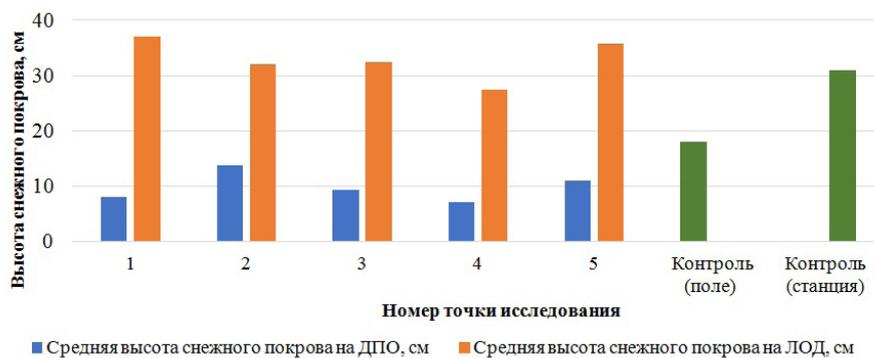


Рис. 3. Сравнение высоты снежного покрова на исследуемых участках

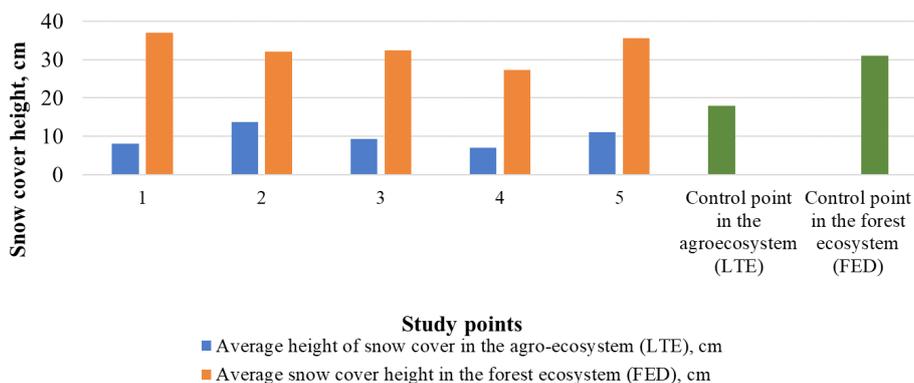


Fig. 3. Comparison of snow cover height at the study points



Рис. 4. Сравнение плотности снежного покрова на исследуемых участках

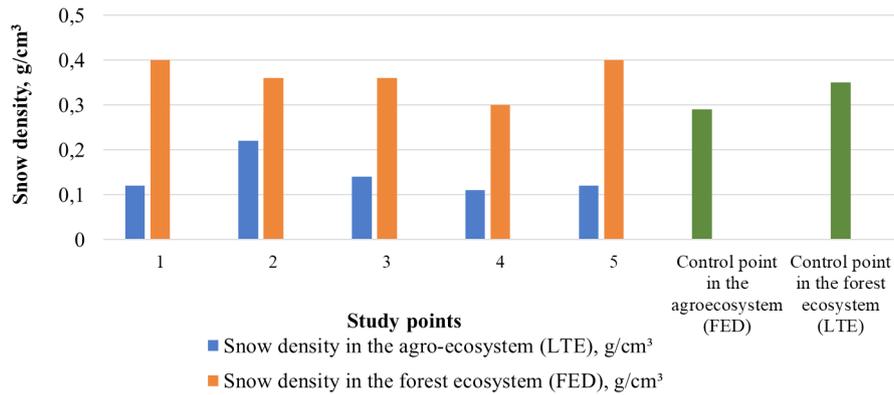


Fig. 4. Comparison of snow cover density at the study points



Рис. 5. Запас снега на исследуемых участках, мм

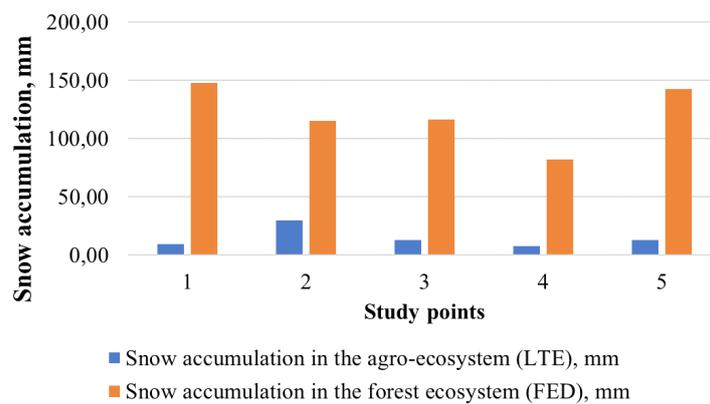


Fig. 5. Snow accumulation at the study points, mm

Таким образом, сравнительный анализ показал, что различия в динамике накопления и распределения снежного покрова для Лесной опытной дачи и территории Длительного полевого опыта за 2022-2023 гг. связаны с множеством факторов: климатических, гидрографических, географических, с наличием древесной растительности, разнообразием возделываемых сельскохозяйственных культур и др.

Выводы

1. На территории лесной экосистемы процессы снегонакопления были значительно выше, чем на участках агроэкосистем. Основными факторами формирования снежного покрова являются плотность и видовой состав древостоя, микроклиматические особенности, а также расположение ключевых участков в мезорельефе.

2. Формирование снежного покрова на участках агроэкосистем, в условиях открытого пространства без наличия растительности, продемонстрировало зависимость от рельефа и микроклиматических особенностей участка, величины инсоляционных потоков и интенсивного перераспределения снежной массы ветром. Микроклимат оказывает существенное влияние на накопление и распределение снега, интенсивность, продолжительность и особенности его весеннего таяния.

Список источников

1. *Снакин В.В.* Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность. Жизнь Земли. 2019;41 (2):148-164.
2. *Бондаренко Л.В., Маслова О.В., Белкина А.В., Сухарева К.В.* Глобальное изменение климата и его последствия. Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова. 2018;№ 2(98):84-93. <http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2018-2-84-93>
3. *Константинов А.В., Матвеев С.М.* Методический подход к оценке адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2020;5:14-35. <https://doi.org/10.21178/2079-6080.2020.2.14>
4. *Мазиров М.А., Кирюшин Б.Д., Сафонов А.Ф.* Длительный полевой опыт РГАУ-МСХА: основные этапы развития методики и агротехники. Длительному полевому стационарному опыту ТСХА – 100 лет: итоги научных исследований: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. 2012:6-24.
5. *Моисеев Н.А.* Роль лесов в создании экологически комфортной среды обитания и меры для ее реализации. Лесной журнал. 2019; 5:203-207. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2019-5-203>
6. *Ahmed M.* Introduction to Modern Climate Change. Andrew E. Dessler: Cambridge University Press. 2011:252. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139397>
7. *Гавриловская Н.В., Гриценко М.А.* Информационно-прогностическая система обработки и анализа агрометеорологической информации: Материалы Тринадцатой конференции по математике «МАК-2010», г. Барнаул. 2010:80-82.
8. *Тихонова М.В.* Экологическая оценка пространственно-временной изменчивости почвенной эмиссии N₂O и CO₂ на лесном участке, фоновом для севера Московского мегаполиса: Сборник статей Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2015:402-405.
9. *Хлустов В.К.* Влияние континентальности климата и испаряемости за год на продуктивность древостоев: Доклады ТСХА. 2021;293 (IV):442-445.
10. *Спыну М.Т.* Функционально-экологическая оценка пространственно-временной изменчивости эмиссии потоков парниковых газов в посадке ивы пурпурной на городских почвах: Материалы Международной научно-практической конференции «Вклад

References

1. *Snakin V.V.* Global climate change: forecasts and reality // Life of the Earth. 2019;41(2):148-164. (In Rus.)
2. *Bondarenko L.V., Maslova O.V., Belkina A.V., Sukhareva K.V.* Global climate change and its consequences. Vestnik REA im. G.V. Plekhanova. 2018;2(98). <http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2018-2-84-93> (In Rus.)
3. *Konstantinov A.V., Matveev S.M.* Methodological approach to assessing the adaptive potential of forest ecosystems of the Russian Federation. Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva. 2020;5:14-35. <https://doi.org/10.21178/2079-6080.2020.2.14> (In Rus.)
4. *Mazirov M.A., Kiryushin B.D., Safonov A.F.* Long-term field experience of RSAU – MTAA: the main stages of development of methods and agricultural technology. Dlitel'nomu polevomu statsionarnomu opyту TSKHA – 100 let: itogi nauchnykh issledovaniy. Rossiyskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet – MSKhA im. K.A. Timiryazeva. 2012:6-24. (In Rus.)
5. *Moiseev N.A.* Role of forests in creating an ecologically comfortable living environment and measures for its implementation. Lesnoy zhurnal. 2019;5:203-207. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2019-5-203> (In Rus.)
6. *Ahmed M.* Introduction to Modern Climate Change. Andrew E. Dessler: Cambridge University Press. 2011:252. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139397>
7. *Gavrilovskaya N.V., Gritsenko M.A.* Information and forecasting system for processing and analysis of agrometeorological information. Materialy Trinadtsatoy konferentsii po matematike “MAK-2010”, Barnaul, 18-20 iyunya 2010 g. 2010:80-82. (In Rus.)
8. *Tikhonova M.V.* Ecological assessment of the spatiotemporal variability of soil N₂O and CO₂ emissions in a forest area, background for the north of the Moscow metropolis. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 150-letiyu RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva. 2015:402-405. (In Rus.)
9. *Khustov V.K.* Effect of climate continentality and annual evaporation on the productivity of tree stands. Doklady TSKhA. 2021;293(IV):442-445. (In Rus.)
10. *Spynu M.T.* Functional-ecological assessment of the spatio-temporal variability of greenhouse gas emissions in the planting of purple willow on urban soils. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Vklad molodykh uchenykh agrarnykh

молодых ученых аграрных вузов и НИИ в решение проблем импортозамещения и продовольственной безопасности России», г. Волгоград. 2021:51-53.

11. *Барабанов А.Т.* К вопросу о методологических и методических основах исследований гидрологической роли почвозащитных мероприятий. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020;1(57):34-43. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-03>

12. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам: Руководящий документ: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; В.И. Кондратюк (рук.) и др. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005:21.

Сведения об авторах

Мария Васильевна Тихонова, доцент кафедры экологии, канд. биол. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tmv@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0002-9422-5846

Елена Михайловна Илюшкова, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: e.ilyushkova@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0003-4867-1586

Александр Иванович Белолобцев, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии, д-р с.-х. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: abelolyubcev@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0002-3562-9330

Ярослава Сергеевна Жигалева, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: zhigaleva@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0002-8127-1050

Алексей Вячеславович Бузылёв, старший преподаватель кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: axe@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0003-3856-6563

Сергей Юрьевич Ермаков, старший преподаватель кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: s.ermakov@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0003-1120-0326

Никита Александрович Александров, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: alexandrov_na@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 06.09.2023
Одобрена после рецензирования 05.10.2023
Принята к публикации 09.10.2023

vuzov i NII v reshenie problem importozameshcheniya i prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii", Volgograd. 2021:51-53. (In Rus.)

11. *Barabanov A.T.* On the issue of methodological and methodological foundations for researching the hydrological role of soil protection measures. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2020;1(57):34-43. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-03> (In Rus.)

12. *Kondratyuk V.I. et al.* Manual for hydrometeorological stations and posts: Guidance document. Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2005:21. (In Rus.)

Information about authors

Maria V. Tikhonova, CSc (Bio), Associate Professor of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: tmv@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0002-9422-5846.

Elena M. Ilyushkova, Assistant of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: e.ilyushkova@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0003-4867-1586

Aleksandr I. Belolyubtsev, DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Meteorology and Climatology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: abelolyubcev@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0002-3562-9330

Yaroslava S. Zhigaleva, Assistant of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: zhigaleva@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0002-8127-1050

Aleksey V. Buzylev, Senior Lecturer of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: axe@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0003-3856-6563

Sergey Yu. Ermakov, Senior Lecturer of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: s.ermakov@rgau-msha.ru, orcid: 0000-0003-1120-0326

Nikita A. Alexandrov, Assistant of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: alexandrov_na@rgau-msha.ru

The article was submitted to the editorial office 06 Sep 2023
Approved after reviewing 05 Oct 2023
Accepted for publication 09 Oct 2023