

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.1/1>

УДК 630\*114.351

## Особенности формирования лесной подстилки в условиях старовозрастной лесной полосы каменно-степного опытного лесничества

Инна В. Голядкина<sup>1</sup>✉, [golyadkina@vgltu.post.ru](mailto:golyadkina@vgltu.post.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4532-3810>

Надежда С. Горбунова<sup>2</sup>, [vilian@list.ru](mailto:vilian@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7986-8106>

Сергей С. Шешнищан<sup>1</sup>, [sheshnitsan@gmail.com](mailto:sheshnitsan@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8027-855X>

Андрей М. Бахтин<sup>1</sup>, [bakhtin\\_2019@inbox.ru](mailto:bakhtin_2019@inbox.ru), <https://orcid.org/0009-0003-9267-5901>

Алексей В. Царегородцев<sup>1</sup>, [tsar.ru@gmail.com](mailto:tsar.ru@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0003-6080-3817>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Университетская пл., 1, г. Воронеж, 394018, Российская Федерация

Интегральным показателем долговременного воздействия лесообразующих пород на почву являются запасы лесной подстилки. В защитных лесных насаждениях запасы подстилок оцениваются в 30658,54 тыс. т., в том числе в лесостепной природной зоне – 11306,76 тыс. т. Цель данной работы – охарактеризовать особенности формирования лесной подстилки в условиях старовозрастного защитного насаждения. Основная полезная лесная полоса № 43 представляет собой смешанное насаждение из дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.) и вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.). Подлесок редкий, представлен преимущественно бересклетом бородавчатым (*Euonymus verrucosus* Scop.). Живой напочвенный покров отсутствует. Лесная подстилка исследуемого биоценоза лесной полосы – полнопрофильная и состоит из трех подгоризонтов. В опушечной части лесного массива строение подстилок упрощается и включает гумифицированный подгоризонт лишь фрагментарно. Средняя мощность лесной подстилки в защитной лесной полосе составила  $6 \pm 0,5$  см, в центральной части это значение может достигать до 11 см, при значительной вариабельности в целом ( $V=15-41\%$ ). В подстилке лесной полосы накапливается значительное количество зольных элементов. Зольность составила 21,35%. Общие запасы органического вещества, сосредоточенного в лесной подстилке старовозрастной лесной полосы, изменяются в среднем от 32,6 до 51,1 т/га, в зависимости от микроместообитания «ствол-крона-окно». При этом максимальные значения характерны для приствольных участков. Содержание углерода в лесной подстилке не зависит от типа местообитания (ствол-крона-окно) и составляет в среднем для изучаемого насаждения  $39,18 \pm 1,68\%$ . Соотношение C/N составляет 21, что свидетельствует о лесной подстилке типа модер с замедленным разложением. При этом в подстилке сосредоточено около 6% общих запасов углерода в слое 0-60 см. Полученные авторами данные могут быть использованы в биогеохимическом мониторинге цикла углерода в антропогенных экосистемах Воронежской области.

**Ключевые слова:** лесная подстилка, чернозёмы, Каменная степь, лесная полоса, дуб черешчатый, углерод, Центральная лесостепь

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 123102700029-3 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)»

**Благодарности:** авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Голядкина И.В. Особенности формирования лесной подстилки в условиях старовозрастной лесной полосы Каменно-степного опытного лесничества / И.В. Голядкина, Н.С. Горбунова, С.С. Шешницан, А.М. Бахтин, Царегородцев А.В. // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 1 (57). – С. 6-22. – *Библиогр.: с. 16-21 (29 назв.)*. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.1/1>.

*Поступила* 29.11.2024. *Пересмотрена* 03.01.2025. *Принята* 6.02.2025. *Опубликована онлайн* 24.03.2025.

Article

## Features of plant litter in the conditions of old-age shelterbelt in the Kamennaya steppe

Inna V. Golyadkina<sup>1</sup>✉, [golyadkina@vgtlu.ru](mailto:golyadkina@vgtlu.ru),  <https://orcid.org/0000-0002-4532-3810>

Nadezhda S. Gorbunova<sup>2</sup>, [vilian@list.ru](mailto:vilian@list.ru),  <https://orcid.org/0000-0002-7986-8106>

Sergey S. Sheshnitsan<sup>1</sup>, [sheshnitsan@gmail.com](mailto:sheshnitsan@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-8027-855X>

Andrey M. Bakhtin<sup>1</sup>, [bakhtin\\_2019@inbox.ru](mailto:bakhtin_2019@inbox.ru),  <https://orcid.org/0009-0003-9267-5901>

Alexei V. Tsaregorodtsev<sup>1</sup>, [tsar.ru@gmail.com](mailto:tsar.ru@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0003-6080-3817>

<sup>1</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh city, 394087, Russian Federation

<sup>2</sup>Voronezh State University, University square, 1, Voronezh city, 394018, Russian Federation

### Abstract

The integral indicator of long-term effects of forest-forming species on soil is the stock of forest litter. In protective forest shelterbelts, the reserves of litter are estimated at 30 658.54 thousand tons, including in the forest-steppe natural zone – 11 306.76 thousand tons. The aim of this work - to characterize the features of forming forest litter in old-age forest shelterbelt. The object of study is the main forest protection belt № 43. Author of the planting of Morozov G.F., year of planting -1899. The forest belt is a mixed plantation, with the first storey of which takes up the *Quercus robur* L., and *Acer platanoides* L. of the leftmost generation and the *Ulmus pumila* L. form predominantly the second storey. The forest litter of the studied biozone of the forest belt is a full-profile one and consists of three subhorizons. In the forest edge zones, the construction of the plant litter is simplified and includes a humid subsouder only in a fragmentary way. The average capacity of forest litter in the protective forest belt was 6±0.5 cm, in the central part this value can reach 11 cm, with a significant variability (V = 15-41%). The litter of the forest belt is a significant amount of ash. The ash content was 21.35%. The distribution of total carbon and nitrogen is characterized by a clear peak in the forest litter, with further decline in the top mineral deposits and decrease in depth. The C/N ratio is 21, indicating a slow-decomposing forest litter. Total carbon reserves under the forest logging industry are 165 t/ha in 0-30 cm and 272 t/ha in 0-60 cm. The litter contains about 6% of total carbon stocks in a 0-60 cm layer. The data obtained by the authors can be used in biogeochemical monitoring of carbon cycle in anthropogenic ecosystems of Voronezh region.

**Keywords:** *plant litter, Chernozems, Kamennaya steppe, shelterbelt, Quercus robur, carbon, Central Forest Steppe*

**Funding:** publication was prepared as part of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation 123102700029-3 «Biogeochemical monitoring of carbon cycle in natural and anthropogenic ecosystems of the Voronezh region under conditions of global climate change (FZUR-2023-0001)»

**Acknowledgments:** the authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Golyadkina I.V., Gorbunova N.S., Sheshnitsan S.S., Bakhtin A. M., Tsaregorodtsev A.V. (2025). Features of plant litter in the conditions of old-age shelterbelt in the kamennaya steppe. Forest Engineering journal, Vol. 15, No. 1 (57), pp. 6-22 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.1/1>.

*Received* 29.11.2024. *Revised* 03.01.2025. *Accepted* 6.02.2025. *Published online* 24.03.2025.

## Введение

В настоящее время для достижения целей устойчивого управления почвенными ресурсами (УУПР) особую актуальность приобретают вопросы углеродного земледелия. Одним из важных методов УУПР являются технологии агролесоводства, которые повышают способность сельскохозяйственных систем противостоять климатическим рискам [1]. Лесомелиорация сельскохозяйственных угодий, применяемая для различных природных условий на территории нашей страны на протяжении достаточно долгого периода времени, подтвердила свою эффективность в оптимизации почвенного плодородия, защите пахотных земель от водной эрозии и дефляции. Потенциал защитных лесных насаждений при организации климатически оптимизированного сельского хозяйства еще до конца не изучен.

В своей работе Копчик Г.Н. и соавторы (2023) [2] отмечают важную зависимость между климаторегулирующими функциями лесных экосистем, их способностью к секвестрации и депонированию углерода и почвенной толщой. При этом подчеркивая, что «информация о почвенных пулах углерода, их пространственная изменчивость и временная динамика в лесных экосистемах недостаточна и не сбалансирована». Данный вывод в полной мере может быть применен и к защитным лесным насаждениям, которые с возрастом приближаются к естественным лесным экосистемам [2].

Зональные агролесомелиоративные системы по данным ФНЦ «Агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения» РАН (2017) занимают в Российской Федерации общую площадь более 3 млн. га [3]. Значительная часть данной площади приходится на наиболее уязвимые регионы нашей страны, подверженные рискам глобального

потепления климата – лесостепную и степную зоны. Так, на 2022 год для условий Центрального Черноземья лесомелиоративные системы сформированы на площади около 600 тыс. га [4].

В Центральном Черноземье, одном из ключевых аграрных районов нашей страны, расположен уникальный объект – природный заказник Федерального значения «Каменная степь», который является наглядным примером успешного опыта по созданию лесных насаждений в зоне южной лесостепи. На территории заказника ведутся многолетние научно-исследовательские работы по стратегически важным направлениям: рациональная организация территории для ведения сельского хозяйства в степной засушливой зоне (повышение урожайности сельскохозяйственных культур), генезис

и эволюция черноземов, а также разработка мероприятий по предотвращению их деградации [5,6]. Изменению различных свойств черноземов в зоне мелиоративного влияния лесополос посвящены работы сотрудников кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами ВГУ, в том числе и совместно с кафедрой ландшафтной архитектуры и почвоведения ВГЛТУ [7, 8].

Гораздо меньше работ посвящено объемам и интенсивности депонирования углерода биогеоценозами искусственных лесопосадок. В частности, Замолотчиков Д.Г. и др., (2022) [9]; Каганов В.В. (2023) [10] оценивают объемы дополнительного накопления углерода в древостоях Каменной степи в 220,5 т С/га, при практически неизменном запасе углерода почвы для лесных и безлесных участков. По данным других авторов (Чендев Ю. Г. и др., 2020) [11, 12], проводивших исследования лесополос в агроландшафтах ЦЧР, экосистемы полезащитных лесополос участвуют в активном депонировании

нии атмосферного углерода, при этом запасы углерода в почвенном гумусе и лесной фитомассе искусственных насаждений (55-57 лет) в непосредственной близости от заповедных участков луговых степей в Курской, Белгородской и Воронежской областях оцениваются авторами в 128-159 т/га.

Не так много научно-исследовательских работ по секвестрационному потенциалу защитных лесных насаждений за рубежом, основные результаты исследований опубликованы в работах для условий Китая (Zhang K., Su J., 2023), а также Канады и США (Sauer T. J. и др., 2017; Amichev B. Y. и др., 2020) [13-15].

При этом практически во всех вышеперечисленных работах, как отечественных, так и зарубежных достаточно мало внимания уделяется биогеоэкологическому горизонту лесной подстилки в защитных лесных насаждениях. В работе Каганова В. В. и др. (2023) подчеркивается, что углеродный пул подстилки наиболее быстро реагирует на изменения климата. При этом авторы запасы углерода в подстилке участков лесных полос Каменной степи оценивают в 7-7,6 т С/га [10].

Несмотря на значительные площади лесомелиорированных земель, большая часть которых находится в лесостепной, степной и сухостепной зонах Российской Федерации, практически отсутствуют современные научно-исследовательские работы, посвященные изучению детритогенеза в лесоаграрных ландшафтах. Немногочисленные сообщения о результатах исследований лесной подстилки, основанные на изучении отдельных защитных лесных насаждений различного класса возраста и ассортимента древесно-кустарниковых пород свидетельствуют о необходимости развития данного научного направления. Важность подобных исследований обусловлена значительными запасами лесных подстилок в лесных полосах. Так, Кретинин

В.М. (2021) [16] оценивает общие запасы лесных подстилок «в среднем по РФ в 30658,54 тыс. т., в том числе по лесостепной зоне – в 11306,76 тыс. т.».

Кроме того, формирование лесной подстилки является одним из основных почвообразовательных процессов на лесомелиорируемой территории, наряду с накоплением и трансформацией фитомассы. Изучение данных процессов необходимо также для более углубленного понимания приходных и расходных составляющих углеродного баланса в условиях системы защитных лесных насаждений на сельскохозяйственных землях.

Цель работы – охарактеризовать особенности формирования лесной подстилки в условиях старовозрастной лесной полосы №43 в Каменной степи. Для выполнения поставленной цели последовательно решались следующие задачи: описание морфологического строения и мощности лесной подстилки, а также характеристика физико-химических параметров лесной подстилки; оценка накопления органического вещества лесной подстилкой, оценка запасов общего углерода в лесной подстилке и в слое 0-60 см в почве под лесополосой.

### Материалы и методы

*Предмет и объект исследований.* Государственный природный заказник федерального значения «Каменная степь» расположен в Таловском районе Воронежской области на стыке лесостепной и степной зон Российской Федерации.

Объектом исследования является основная полезащитная лесная полоса № 43. Автор посадки Морозов Г.Ф., год посадки – 1899. Постоянная пробная площадь размером 1 га была устроена в лесополосе в 2023 году (рис. 1).

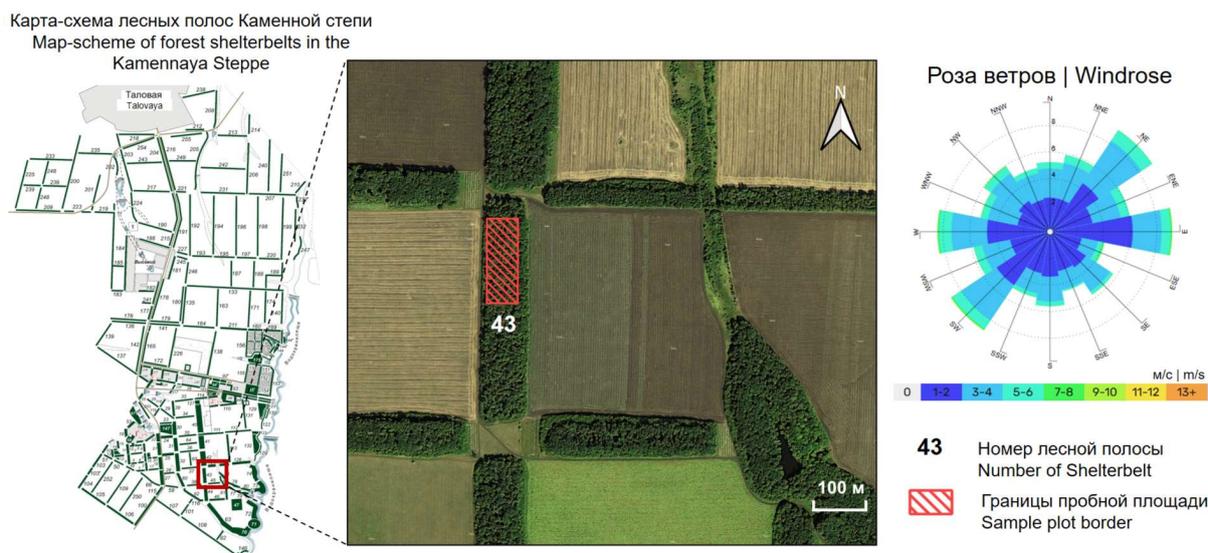


Рисунок 1. Схематическое изображение постоянной пробной площадки на плане защитных лесных насаждений. Собственная композиция авторов

Figure 1. Schematic representation of the permanent sample plot on the Map-scheme of Forest Shelterbelts system. Authors' own composition

Выполнено таксационное описание древо-стоя, заложен почвенный разрез, проведено морфогенетическое описание почвенного профиля и отобраны почвенные образцы.

Основная полевая защитная лесная полоса № 43 представляет собой смешанное насаждение из дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.) и вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.). Ширина лесной полосы на момент обследования составляла 88 метров. Формула древо-стоя – 5Д4КлО1В. Вертикальная структура древо-стоя представлена двумя ярусами, в первом ярусе – дуб семенного происхождения, во втором ярусе – клен и вяз. Подлесок редкий, представлен преимущественно бересклетом бородавчатым (*Euonymus verrucosus* Scop.). Живой напочвенный покров отсутствует.

Тип почвы – черноземы миграционно-мицелярные карбонатсодержащие среднесиловые тяжелосуглинистые на покровных и лессовидных суглинках (Chernozems Chernic (CHch), WRB, 2022).

Название почвы присвоено в соответствии с классификацией почв, изложенной в мировой реферативной базе почвенных ресурсов [17].

Основные таксационные характеристики постоянной пробной площадки приведены в таблице 1.

Учитывая, что подстилка является производной от насаждения, интересно проследить динамику изменения породного состава лесной полосы за более чем 100-летний период. В работе Кулаковой Е.Н. и др. (2023) [18] отмечено, что дуб черешчатый сохранил за собой позицию основной породы, клён остролистный от единичных деревьев в составе в 1952 году увеличил свою долю до 40 %. Доля вяза незначительно снизилась, а ясень сравнительно недавно (с 2018 года) полностью выпал из состава насаждения в связи с тем, что полностью был поражён опасным стволовым вредителем ясеневой златкой (*Agrius planipennis*).

Таксационная характеристика лесной полосы № 43 (год таксации – 2023)

Table 1

Inventory of the shelterbelt № 43 (Forest inventory year – 2023)

Порода   Species	Возраст, лет   Age	Высота, м   Height, m	Диаметр, см   Diameter, cm	Запас, м <sup>3</sup> /га   Stock, m <sup>3</sup> / ha	Класс бонитета   Bonitet
Дуб черешчатый   <i>Quercus robur</i> L.	120	28.3	50.7	185	II
Клен остролистный   <i>Acer platanoides</i> L.	75	17.2	17.5	131	
Вяз приземистый   <i>Ulmus pumila</i> L.	120	21.8	28.6	63.5	

Собственные экспериментальные данные Source: own experimental data

*Сбор данных.* Исследования и отбор образцов подстилки проводились в середине вегетационного сезона (июль–август) в соответствии с методическими рекомендациями в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» [19]. Пространственную вариабельность при отборе подстилки учитывали, выделяя ряд «ствол–крона–окно».

Лесная подстилка представляет собой биохимически активное органо-минеральное надпочвенное образование с примесью минеральных частиц, привнесенных подстилающей почвой и атмосферной пылью (что особенно характерно для систем защитных лесных полос). В связи с этим при отборе образцов лесной подстилки как можно более тщательно старались отделить её от верхнего слоя почвы. После взвешивания и взятия образцов на влажность, индивидуальные образцы подстилки перемешивались и методом квадратов отбирались смешанные образцы для лабораторного анализа. Определение зольности по ГОСТ 27784-88 «Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.» [20]. При сухом озолении определялось количество «сырой» золы без вычета минеральных примесей. Определение pH водной и солевой вытяжки лесной подстилки проводили модифицированным методом Гефферта [21]. Этап отстаивания пробы в течение 24 часов был заменен на

3-х часовое встряхивание на орбитальном шейкере ELMI S-3L.A20 с количеством оборотов 350 в минуту и последующей фильтрацией через фильтр белая лента. Определение общего углерода и общего азота было произведено на элементном анализаторе ECS 8024.

Почвенные разрезы закладывались в центральной части лесной полосы на всю глубину почвенного профиля. Для определения плотности почв послойно через каждые 10 см до глубины 60 см был произведен отбор проб пробоотборником ПГ-100 с комплектом режущих колец. В соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы.» [22] была проведена подготовка почвенных проб к анализу. С помощью формулы (1) был произведен пересчет запасов углерода с учетом объемной массы почвы (методические указания Минприроды России от 30.06.2017 N 20-р) [23].

$$S = TE\% \times H \times BD, (1)$$

где S – запас углерода в почве, т / га; TE% – общее содержание углерода в смешанном почвенном образце, %; H – глубина отбора, см; BD – объемная масса почвы, г/см<sup>3</sup>.

*Анализ данных.* Статистическая обработка полученных результатов была произведена с помощью программных пакетов MS Excel 2016 и Statistica 12. Используются статистические параметры среднего арифметического значения и стан-

дартного отклонения, а также однофакторный дисперсионный анализ для оценки достоверности различий между средними значениями.

### Результаты и обсуждение

*1.1 Морфологическое строение и мощность лесной подстилки.* Лесная подстилка исследуемого биоценоза лесной полосы – полнопрофильная и состоит из трех слоев (подгоризонтов). OL-состоит из отдельно побуревших, сохранивших свое анатомическое строение элементов опада текущего года, рыхлый, не сплошной (листья, ветки, генеративные органы и т.д.), сухой. OF – полуразложившиеся рас-

тительные остатки, частично сохранившие свое первоначальное строение, в верхней части подгоризонта средне спрессованный, а ниже сильноспрессованный опад прошлых лет, мицелий грибов. OH – состоит из сравнительно однородной массы гумифицированных остатков, иногда с признаками анатомического строения полуразложившейся коры и веток, свежий, мажущий.

В опушечной части лесного массива строение подстилок упрощается и включает гумифицированный подгоризонт лишь фрагментарно. На рисунке 2 приведен пример отбора монолита лесной подстилки в лесополосе и фрагменты подгоризонтов OF и OH.



Рисунок 2. Монолит лесной подстилки, отобранный с помощью рамки размером 0,25×0,25 м (центральная часть лесной полосы). Собственная композиция авторов.

Figure 2. Forest Litter Monolith selected with frame 0,25×0,25 м (central part of forest shelterbelt). Authors' own composition.

По Богатыреву Л.Г. (2019) [24] «один из наиболее важных показателей лесной подстилки – мощность слоя, зависящая от состава и продуктивности фитоценоза, а также скорости разложения опада». По результатам наших исследований среднее значение мощности слоя лесной подстилки в изучаемой лесополосе составило  $6 \pm 0,5$  см. При

этом в центральной части лесополосы мощность слоя может увеличиваться до 11 см. Коэффициент вариации – 15-41 %, что обусловлено полиморфизмом агролесомелиорируемых почв в ценозах защитных лесных насаждений (ряд, опушка, приствольная зона деревьев и т.д.).

Помимо рассмотренных выше характеристик лесной подстилки, важную информацию о состоя-

нии лесной экосистемы и протекания в них биологического круговорота несут и другие показатели [25], которые отражены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические показатели лесной подстилки в старовозрастной лесной полосе

Table 2

Statistical parameters of forest litter in old-age forest shelterbelt

Параметр   Parameter	M±m	min	max	V, %
Зольность   Ash content, %	21,35±3,38	16,82	25,62	15,8
pH водной вытяжки лесной подстилки   water extract pH of the forest litter	5,94±0,51	5,38	6,85	8,6
pH солевой вытяжки лесной подстилки   salt extract pH of the forest litter	5,76±0,42	5,37	6,47	7,3

Собственные экспериментальные данные Source: own experimental data

В подстилке лесной полосы накапливается значительное количество зольных элементов. Очевидно, что зольность подстилки зависит от типа леса, а также избирательной способности различных растений поглощать элементы минерального питания. Так в суббореальных лесных экосистемах Средней Сибири в березняке ирисово-разнотравном зольность достигала 30,4%, а в березняке разнотравном – 22,6%. На дерново-подзолистых почвах Лесной опытной дачи в Москве зольность сосняка разнотравного и липняка разнотравного составила 7,19 и 13,46 % соответственно [26]. В сосновых экосистемах Марийского Заволжья зольность растительно-детритного покрова варьировала от 4,3 % в сосняках сфагновых до 16,3 % в сосняке лишайниковом [27].

В изучаемом защитном насаждении установлена небольшая кислотность в сочетании с высокой степенью насыщенности основаниями. Регулярный опад древесной растительности обладает подкисляющим эффектом, который снижает pH в верхних горизонтах (по сравнению с пахотными участками) до значения 5,94 ед. Вниз по профилю отмечается очень постепенное увеличение pH в сторону подщелачивания, благодаря влиянию карбонатных почвообразующих пород. Карбонатные новообразования отмечаются на глубине 60-70 см в виде пропитки

(pH = 7,98), а на глубине залегания почвообразующих пород (100-110 см) диагностируются в форме обильного псевдомицелия.

*1.2 Накопление органического вещества в лесной подстилке.* Напрямую с мощностью лесной подстилки связаны запасы органического вещества, сосредоточенного в лесной подстилке. Общие запасы органического вещества, сосредоточенного в лесной подстилке старовозрастной лесной полосы изменяются в среднем от 32,6 до 51,1 т/га, в зависимости от микроместообитания «ствол-крона-окно». При этом максимальные значения характерны для приствольных участков. В результате обработки полученных результатов, нами не было выявлено статистически подтвержденных различий в запасах подстилки в зависимости от фитогенного поля деревьев-эдификаторов в теневом древостое лесополосы.

Учитывая, разницу в мощности лесной подстилки, которую мы зафиксировали в ходе полевых наблюдений, в дальнейшей работе необходимо оценить накопление органического вещества в лесной подстилке в зависимости от строения лесной полосы и преобладающего направления ветров (опушка с подветренной и заветренной сторон, центральная часть). В более ранних работах уже встречаются

указания на зависимость распределения древесного опада и ориентации лесной полосы в пространстве. На ярко выраженную пространственную дифференциацию почвенных свойств от центра лесополосы к ее краям также указывает ряд авторов [28]. Также, Чевердин Ю.И. и др. (2023) [6], рассматривая две лесные полосы различной ландшафтной принадлежности – лесная полоса № 40 (дуб черешчатый, клен остролистный, 120 лет) на водоразделе и лесная полоса № 72 (ясень обыкновенный, дуб черешчатый, 115 лет) на склоне, отмечают различия в характере формирования и накопления листового опада в различных частях лесных полос.

Тунякин В.Д. и соавторы (2022) [28] на примере полевозащитной лесополосы №226 (58 лет), заложенной гнездовым способом из дуба черешчатого приводят следующие данные: общий запас подстилки составляет от 14,2 т/га, из них твердая фракция (ветки, кора, желуди) составляет 10,52 т/га, а рыхлая фракция (листья) –3,58 т/га. При этом авторы отмечают, что в центре полосы (под материнским древостоем) твердого опада в 2,6 раза больше, чем в опушечных зонах.

Средние величины запасов, рассчитанные нами для старовозрастной лесной полосы №43 выходят за пределы диапазона значений, описанных другими авторами [6, 28]. По историческим литературным данным эта цифра варьирует от 25 до 34 т/га, хотя в более ранних работах в 80-летних дубовых защитных лесонасаждениях запасы подстилки достигали 40 т/га. Это может быть связано с различным породным составом защитных лесных насаждений, возрастом, сезонностью, а также особенно-

стями отбора лесной подстилки (в данной работе отбор был произведен преимущественно в центральной части лесной полосы, причем максимальные значения полученного нами диапазона, характерны для приствольных пространств).

Кроме того, полученные нами данные по запасу органического вещества в детрите лесной полосы значительно превышают аналогичные показатели для дубрав лесостепной зоны [29]. Если сравнивать запасы лесной подстилки в старовозрастной дубовой лесной полосе с запасом лесных подстилок в зональных травянистых дубравах, то очевидно, что в условиях лесополосы протекает процесс накопления лесной подстилки, и выражается это в значительной мощности и спрессованности горизонта. В региональных же лесных сообществах с преобладанием дуба лесная подстилка имеет сравнительно небольшие сроки разложения и с возрастом не накапливается. Это подтверждает положение о том, что под пологом лесной растительности в Каменной степи формируются интразональные биоклиматические условия.

*1.3 Содержание общего углерода в верхней части почвенного профиля лесной полосы.* Черноземы миграционно-мицелярные Каменной степи формируются на обогащенных с точки зрения минералогического состава покровных и лессовидных карбонатных суглинках, и глинах. Высокобуферные почвообразующие породы послужили образованию плодородных, с высоким содержанием гумуса черноземных почв. Полученные аналитические данные свидетельствуют о том, что почвы под лесополосой относятся к сильно гумусированным. Содержание гумуса в них достигает 10,67 %.

Профильное распределение общего углерода и азота

Table 3

The profile of total carbon and nitrogen

Слой   Layer	Мощность слоя/ глубина залегания, см   Layer strength/ depth of deposit, cm	Общий С*, %   Total C, %	Общий N*, %   Total N, %	C:N
0	Лесная подстилка   Forest litter	39,18±1,68	1,84±0,12	21
1	10/0-10	6,19±0,02	0,41±0,01	15
2	10/10-20	5,08±0,02	0,27±0,01	19
3	10/20-30	4,77±0,02	0,23±0,01	21
4	10/30-40	3,52±0,01	0,15±0,01	23
5	10/40-50	2,7±0,01	0,1±0,01	27
6	10/50-60	2,69±0,01	0,08±0,01	35

\*Примечание: М – среднее значение, m – стандартное отклонение. Собственные экспериментальные данные М – mean value, m – standard deviation. Source: own experimental data

Лесная подстилка обогащена содержанием общего углерода и азота, что в свою очередь влияет на накопление элементов в минеральных горизонтах исследуемых черноземов. Профильное распределение элементов характеризуется явно выраженным максимумом верхнем 0-10 см слое и дальнейшим убыванием с глубиной (таблица 3). Соотношение C/N составляет 21, что свидетельствует о лесной подстилке типа модер с замедленным разложением.

Содержание углерода в лесной подстилке не зависит от типа местообитания (ствол-крона-окно) и составляет в среднем для лесной полосы

39,18±1,68 %. В руководящих указаниях межправительственной группы экспертов по изменению климата для расчета запасов углерода в лесной подстилке предлагается типовой коэффициент равный 0,37. Несмотря на вполне удовлетворительное совпадение при подсчетах запасов углерода в лесной подстилке разница в значениях может достигать до 1 т С/га.

Под лесополосой запасы общего углерода в слое 0-30 см составляют 165 т/га, а в слое 0-60 – 272 т/га (рисунок 3).

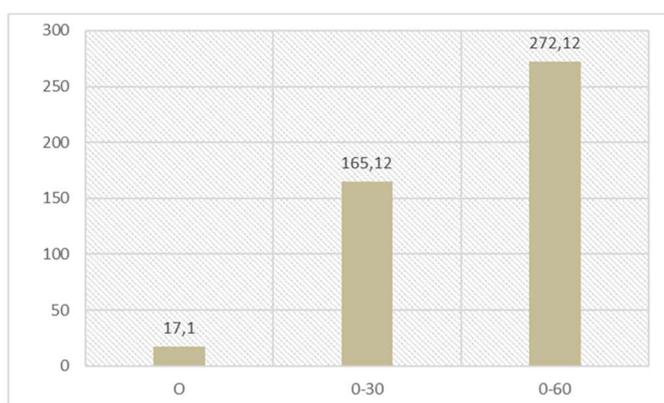


Рисунок 3. Запасы общего С в подстилке и в слое почв 0-60 см (т/га)

Figure 3. Stock of total C in litter and soil 0-60 cm (t/ha)

Источник: собственные вычисления авторов Source: own calculations

При этом в подстилке сосредоточено около 6 % общих запасов углерода в слое 0-60 см. В целом, черноземы Каменной степи имеют сравнительно

большие запасы общего углерода и гумуса, которые определяют не только положительные химические, физические и физико-химические свойства этих

почв, но и их экологические функции, в том числе устойчивость к антропогенному воздействию.

### Выводы

1. В данной работе на примере старовозрастной лесной полосы, расположенной в одном из ключевых аграрных районов нашей страны, предпринята попытка охарактеризовать долговременное воздействие лесообразующих пород на почву. Интегральным показателем подобного воздействия, характеризующим биологический круговорот в экосистеме защитных лесных насаждений, являются запасы лесной подстилки.

2. Лесная подстилка исследуемого биоценоза лесной полосы – полнопрофильная и состоит из трех подгоризонтов. В опушечной части лесного массива строение подстилок упрощается и включает гумифицированный подгоризонт лишь фрагментарно. Средняя мощность лесной подстилки в защитной лесной полосе составила  $6 \pm 0,5$  см, в центральной части это значение может достигать до 11 см, при значительной вариабельности в целом ( $V=15-41$  %). В подстилке лесной полосы накапливается значительное количество зольных элементов. Зольность составила 21,35 %.

3. При изучении лесной подстилки не было выявлено статистически значимых различий в запасах органического вещества в зависимости от положения «ствол – крона – окно».

В дальнейшей работе необходимо произвести сравнении мощности и запасов органического вещества в лесной подстилке учитывая зональность внутри лесной полосы, выделяя ряд «наветренная опушка – центральная (осевая) часть – заветренная опушка».

4. Профильное распределение общего углерода и азота характеризуется явно выраженным максимумом в подстилке с дальнейшим снижением в верхних минеральных горизонтах и убыванием с глубиной. Соотношение C/N составляет 21, что свидетельствует о лесной подстилке типа модер с замедленным разложением.

5. Под лесополосой запасы общего углерода в слое 0-30 см составляют 165 т/га, а в слое 0-60 – 272 т/га. При этом в подстилке сосредоточено около 6 % общих запасов углерода в слое 0-60 см.

6. Полученные авторами данные, могут быть использованы в биогеохимическом мониторинге цикла углерода в антропогенных экосистемах Воронежской области. В перспективе работы по оценке экосистемного пула мертвого органического вещества в защитных лесных насаждениях будут расширены и включают, помимо полезащитных лесных полос, полосы различного назначения и конструкции.

### Список литературы

1. Кулик К.Н., Беляев А.И., Пугачева А.М., Зыкова А.А. Глобальные проекты агролесомелиорации и их реализация. Вестник Российской академии наук. – 2024. – Т. 94 (1). – С.55-65. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869587324010071>.
2. Копчик Г.Н., Копчик С.В., Куприянова Ю.В., Кадулин М.С., Смирнова И.Е. Оценка запасов углерода в почвах лесных экосистем как основа мониторинга климатически активных веществ. Почвоведение. – 2023. – № 12. – С.1686-1702. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23601329>.
3. Рулев А.С., Рулев Г.А. Эколого-экономические аспекты опустынивания земель. Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. – 2019. – Т. 21, № 3. – С. 158–169. DOI: <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2019.3.14>.
4. Михин В.И., Михина Е.А. Агролесоводство в условиях Центральной лесостепи России. Успехи современного естествознания. - 2022. - №12. - С. 212-216. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37973>
5. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Титова Т.В. Изменения физических свойств черноземов сегрегационных в агролесоландшафтах центрального Черноземья. Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2020. – №4 (376). – С. 77 - 94. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43935957>.

6. Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Титова Т.В. Изменение показателей эффективного плодородия почв Каменной степи под влиянием лесных полос различной ландшафтной принадлежности. *Агрохимия*. – 2023. – № 9. – С. 3 – 13. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188123090041>.
7. Горбунова Н. С., Шешнищан С.С., Тихонова Е.Н., Куликова Е.В. Особенности трансформации углерода органических соединений при различном сельскохозяйственном использовании в условиях Каменной степи. Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства: материалы VI международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. Воронеж. – 2024. – С.208-213. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=70648225>.
8. Тихонова Е.Н., Горбунова Н.С., Шешнищан С.С., Одноралов Г.А. Агроэкологическая характеристика черноземов каменной степи: влияние растительных сообществ и распашки. *Лесотехнический журнал*. – 2023. – Т. 13. 3(51). – С. 236-248. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/16>.
9. Замолотчиков Д.Г., Каганов В.В., Мостовая А.С. Влияние лесных посадок на эмиссию диоксида углерода из почвы в Поволжье и Подонье. *Лесоведение*. – 2022. – № 4. С. 339-350. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114822040118>.
10. Каганов В.В., Замолотчиков Д.Г., Мостовая А.С. Влияние климата на запасы углерода фитомассы и подстилки в лесных насаждениях юга Европейской России. *Лесоведение*. – 2023. – №5. – С. 486-501. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114823050030>
11. Смирнова М.А., Геннадиев А.Н., Чендев Ю.Г., Ковач Р.Г. Влияние полезащитных лесных насаждений на локальное разнообразие почв (Белгородская область). *Почвоведение*. – 2020. – № 9. С. 1041-1052. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43794354>
12. Чендев Ю.Г., Геннадиев А.Н., Лукин С.В., Соэр Т.Д., Заздравных Е.А., Белеванцев В.Г., Смирнова М.А. Изменение лесостепных черноземов под влиянием лесополос на юге Среднерусской возвышенности. *Почвоведение*. – 2020. – № 8. – С. 934-947. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X20080031>
13. Amichev B.Y., Laroque C.P., Van Rees, K.C.J. Shelterbelt removals in Saskatchewan, Canada: implications for long-term carbon sequestration. *Agroforest Syst* 94. 2020. P. 1665–1680. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00484-8>
14. Zhang K., Jianlan S. Carbon Storage of Shelterbelts in Yunnan Province and Countermeasures for Increasing Carbon Sinks. *E3S Web Conf.* 423. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342302003>
15. Sauer T.J., Cambardella C.A., Brandle R.B. Soil carbon and tree litter dynamics in a red cedar-scotch pine shelterbelt. *Agrofor. Syst.* 2007. 71. P. 163 – 174. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9072-7>
16. Кретьинин В.М. Агролесоводство. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН. – 2021. – 268 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=qlacap>
17. Мировая реферативная база почвенных ресурсов. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и составления легенд почвенных карт: пер. с англ. Софии Фортовой. Науч. ред. пер. М.И. Герасимовой, П.В. Красильникова. Москва. – 2024. – 248 с. URL: <https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317-07235-3>
18. Кулакова Е. Н., Шешнищан С. С., Кулаков В. Ю., Карташова Н.П., Иркоцкий Э.Р. Тенденции смены породного состава лесомелиоративных насаждений Каменной степи (на примере вековой лесной полосы Г.Ф. Морозова). *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2023. – 192. – С. 69-82. DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-192-006>
19. Методические рекомендации наземной оценки количественных и качественных характеристик лесов на сети тестовых полигонов в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИПГЗ) в части разработки системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах. Федеральное агентство лесного хозяйства РФ.

ФГБУ «Рослесинфорг». Москва. – 2023. – 42 с. URL: <https://ritm-c.ru/wp-content/uploads/2023/07/metodika-vyborochnoj-taksaczii-putyom-zakladki-krugovyh-ploshhadok.pdf>

20. ГОСТ 27784-88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв: дата введения 1988-07-25. – Изд. официальное. – Москва. 1994. URL: [https://ros-gosts.ru/file/gost/13/080/gost\\_27784-88.pdf](https://ros-gosts.ru/file/gost/13/080/gost_27784-88.pdf)

21. Geffert A., Geffertova J., Dudiak M. Direct Method of Measuring the pH Value of Wood. Forests. 2019. DOI: <https://doi.org/10.852.10.3390/f10100852>

22. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: введ. впервые: дата введения 2019-01-01. – Изд. официальное. – Москва. 2017. URL: [https://ros-gosts.ru/file/gost/13/080/gost\\_17.4.4.02-2017.pdf](https://ros-gosts.ru/file/gost/13/080/gost_17.4.4.02-2017.pdf)

23. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов, утвержденные распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р. 117 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293723/4293723135.pdf>

24. Богатырёв Л.Г., Демаков Ю.П., Исаев А.В., Шарафутдинов Р.Н., Бенедиктова А.И., Земсков Ф.И. Структурно-функциональная организация подстилок в борах Марийского Заволжья. Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2019. – № 1. – С. 3-9. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36922214>

25. Berg B., McClaugherty C. Plant Litter, 4th ed. Switzerland. Cham: Springer. 2020. 332 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-59631-6>

26. Мамонтов В.Г., Мостовая А.С. Элементный состав лесных подстилок дерновоподзолистых почв пробных площадей Лесной опытной дачи. АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. URL: [https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st\\_225.pdf](https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st_225.pdf)

27. Телеснина В.М., Подвезенная М.А., Сорокин А.С., Мешалкина Ю.Л. Оценка биомассы хвойно-лиственных лесов на примере УОПЭЦ МГУ «Чашниково». Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2024. – № 2. – С. 37-45. DOI: <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-2-37-45>

28. Тунякин В.Д., Рыбалкина Н.В., Шеншин Л.М. Лесообразовательный процесс в предельно узкой защитной лесной полосе. Лесотехнический журнал. 2022. – Т. 12. № 2 (46). – С. 56 -67. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/5>

29. Одноралов Г.А., Тихонова Е.Н., Голядкина И.В., Малинина Т.А. Оценка биологической продуктивности лесной среды в условиях урбанизации (на примере Воронежской нагорной дубравы). Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 2(374). – С. 60-72. DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-2-60-72>

### References

1. Kulik K.N., Belyaev A.I., Pugacheva A.M., Zyкова A.A. *Global'nye proekty agrolesomelioracii i ih realizaciya* [Global agroforestry projects and their implementation]. Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences. 2024. 94. 1: 55-65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869587324010071>

2. Kopcik G.N., Kopcik S.V., Kupriyanova Yu.V. [i dr.]. *Ocenka zapasov ugleroda v pochvah lesnyh ekosistem kak osnova monitoringa klimaticheski aktivnyh veshchestv*. [Estimation of Carbon Stocks in Soils of Forest Ecosystems as a Basis for Monitoring Climatically Active Substances]. Pochvovedenie = Eur. Soil. Sci. 2023. 12 :1686-1702. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23601329>

3. Rulev A.S., Rulev G.A. *Ekologo-ekonomicheskie aspekty opustynivaniya zemel'* [Ecological and Economic Aspects of Land Desertification]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika =Journal of Volgograd State University. Economics. 2019. 21 (3):158-169. (in Russ). DOI: <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2019.3.14>

4. Mihin V.I., Mihina E.A. *Agrolesovodstvo v usloviyah Central'noj lesostepi Rossii* [Agroforestry in the conditions of the Central Forest-steppe of Russia]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Modern science success. 2022. 12: 212-216. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37973>

5. Turusov V.I., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A., Titova T.V. *Izmeneniya fizicheskikh svoystv chernozemov segregacionnyh v agrolesolandshaftah central'nogo Chernozem'ya*. [Changes in the physical properties of segregational Chernozems in agroforest landscapes of the Central chernozem region]. *Lesnoj zhurnal = Forestry Journal*. 2020. 4 (376) :77 - 94. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43935957>
6. Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A., Titova T.V. *Izmenenie pokazatelej effektivnogo plodorodiya pochv Kamennoj stepi pod vliyaniem lesnyh polos razlichnoj landshaftnoj prinadlezhnosti*. [Changes in the Indicators of Effective Soil Fertility of the Stone Steppe under the Influence of Forest Strips of Various Landscape Accessories]. *Agrokhimiya = Agrochemistry*. 2023. 9 :3 – 13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188123090041>
7. Gorbunova N.S., Sheshnican S.S., Tihonova E.N., Kulikova E.V. *Osobennosti transformacii ugleroda organicheskikh soedinenij pri razlichnom sel'skohozyajstvennom ispol'zovanii v usloviyah Kamennoj stepi*. [Particularities of soil organic carbon transformation under different agricultural use in the conditions of Kamennaya steppe]. *Materialy VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii fakul'teta zemleustrojstva i kadastr VGAV = Materials of the VI International Scientific and Practical Conference of the Faculty of Land Management and Cadastre of the VSAU*. 2024. 208-213. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=70648225>
8. Tihonova E.N., Gorbunova N.S., Sheshnican S.S., Odnoralov G.A. *Agroekologicheskaya harakteristika chernozemov kamennoj stepi: vliyanie rastitel'nyh soobshchestv i raspashki*. [Agro-ecological characterization of chernozems of the Kamennaya steppe: the impact of vegetation and tillage]. *Lesotekhnicheskij zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2023. T. 13. 3(51) : 236-248. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/16>
9. Zamolodchikov D.G., Kaganov V.V., Mostovaya A.S. *Vliyanie lesnyh posadok na emissiyu dioksida ugleroda iz pochvy v Povolzh'e i Podon'e*. [Forest plantations affect carbon dioxide emission from soils in Volga and Don region]. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2022. 4 :339-350. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114822040118>
10. Kaganov V.V., Zamolodchikov D.G., Mostovaya A.S. *Vliyanie klimata na zapasy ugleroda fitomassy i podstilki v lesnyh nasazhdeniyah yuga Evropejskoj Rossii*. [Climate Affecting the Carbon, Phytomass and Litter Stocks in Forest Stans of the South of the European Russia]. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2023. 5: 486-501. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114823050030>
11. Smirnova M.A., Gennadiev A.N., Chendev Yu.G., Kovach R.G. *Vliyanie polezashchitnyh lesnyh nasazhdenij na lokal'noe raznoobrazie pochv (Belgorodskaya oblast')* [Influence of forest shelterbelts on local pedodiversity (Belgorod oblast)]. *Pochvovedenie. = Eur. Soil Sci*. 2020. 9:1041-1052. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43794354>
12. Chendev Yu. G., Gennadiev A. N., Lukin S. V., Soer T. D., Zazdravnyh E. A., Belevancev V. G., Smirnova M. A. *Izmenenie lesostepnyh chernozemov pod vliyaniem lesopolos na yuge Srednerusskoj vozvys'hennosti*. [Change of forest-steppe Chernozems under the influence of shelterbelts in the south of the Central Russian upland]. *Pochvovedenie. = Eur. Soil Sci*. 2020. 8 :934-947. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X20080031>
13. Amichev B.Y., Laroque C.P. Van Rees, K.C.J. *Shelterbelt removals in Saskatchewan, Canada: implications for long-term carbon sequestration*. *Agroforest Syst* 94. 2020; 1665–1680 pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00484-8>
14. Zhang K., Jianlan S. *Carbon Storage of Shelterbelts in Yunnan Province and Countermeasures for Increasing Carbon Sinks*. *E3S Web Conf*. 423. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342302003>
15. Sauer T.J., Cambardella C.A., Brandle R.B. *Soil carbon and tree litter dynamics in a red cedar-scotch pine shelterbelt*. *Agrofor. Syst*. 2007; 71:163 – 174. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9072-7>
16. Kretinin V. M. *Agrolesovodstvo* [Agroforestry]. Volgograd: FNC agroekologii RAN = FSC of Agroecology RAS. 2021. 268 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=qlacap>
17. Mirovaya referativnaya baza pochvennyh resursov. *Mezhdunarodnaya sistema pochvennoj klassifi-kacii dlya diagnostiki pochv i sostavleniya legend pochvennyh kart : per. s angl. Sofii Fortovoj. Nauch. red. per. M.I. Gerasimovoj*,

P.V. Krasil'nikova. [World Soil Resource Reference Database. International Soil Classification System for Soil Diagnostics and Soil Map Legends]. 2024. 248 p. (In Russ.). URL: <https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317-07235-3>

18. Kulakova E. N., Sheshnican S. S., Kulakov V. Yu. [i dr.]. *Tendencii smeny porodnogo sostava lesno-meliorativnyh nasazhdenij KamЕННОj stepi (na primere vekovoj lesnoj polosy G.F. Morozova)*. [Trends of changes in tree species composition of forest shelterbelts in stone steppes: a case study of G.F. Morozov's 100-year-old forest shelterbelt]. *Polytematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online electronic scientific journal of Kuban state agrarian University*. 2023. 192: 69-82. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-192-006>

19. *Metodicheskie rekomendacii nazemnoj ocenki kolichestvennyh i kachestvennyh harakteristik lesov na seti testovyh poligonov v ramkah realizacii vazhnejshogo innovacionnogo proekta gosudarstvennogo znacheniya «Edinaya nacional'naya sistema monitoringa klimaticheskij aktivnyh veshchestv» (VIPGZ) v chasti razrabotki sistemy nazemnogo i distancionnogo monitoringa pulov ugleroda i potokov parnikovyh gazov na territorii Rossijskoj Federacii, sozdaniya sistemy ucheta dannyh o potokah klimaticheskij aktivnyh veshchestv i byudzhet ugleroda v lesah i drugih nazemnyh ekologicheskij sistemah. Federal'noe agentstvo lesnogo hozyajstva RF*. [Methodological recommendations for the ground assessment of quantitative and qualitative characteristics of forests on test-firing networks in the framework of implementation of a major innovative project of state importance «Unified national system for monitoring climate-active substances». To develop a system for the ground and remote monitoring of carbon pools and greenhouse gas flows in the territory of the Russian Federation, establishing a system for recording data on climate-active substance flows and carbon budget in forests and other terrestrial ecological systems. Federal Forestry Agency of the RF. FGBU «Roslesinform»]. 2023. 42 p. (In Russ.). URL: <https://ritm-c.ru/wp-content/uploads/2023/07/metodika-vyborochnoj-taksaczii-putyom-zakladki-krugovyh-ploshhadok.pdf>

20. GOST 27784-1988 *Pochvy. Metod opredeleniya zol'nosti torfyanyh i otorfovannyh gorizontov pochv* [Soils. Method for determination of ash content in peat and peat-containing soil horizons]. Moscow. 1994. (In Russ.). URL: [https://rosgosts.ru/file/gost/13/080/gost\\_27784-88.pdf](https://rosgosts.ru/file/gost/13/080/gost_27784-88.pdf)

21. Geffert A., Geffertova J., Dudiak M. *Direct Method of Measuring the pH Value of Wood*. Forests. 2019; DOI: <https://doi.org/10.852.10.3390/fl10100852>

22. GOST 17.4.4.02-2017 *Ohrana prirody. Pochvy Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza* [Nature protection. Soils. Methods for sampling and preparation of soil for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. Moscow. 2017. (In Russ.). URL: [https://rosgosts.ru/file/gost/13/080/gost\\_17.4.4.02-2017.pdf](https://rosgosts.ru/file/gost/13/080/gost_17.4.4.02-2017.pdf)

23. *Metodicheskie ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu ob'ema pogloshcheniya parnikovyh gazov, utverzhdennye rasporyazheniem Minprirody Rossii ot 30.06.2017 №20-r* [Methodological guidelines for the quantitative determination of greenhouse gas absorption, approved by the Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 30.06.2017 №20-r]. 117 p. (In Russ.). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293723/4293723135.pdf>

24. Bogatyryov L. G., Demakov Yu. P., Isaev A. V., Sharafutdinov R. N., Benediktova A. I., Zemskov F. I. *Strukturno-funkcional'naya organizaciya podstilok v borah Marijskogo Zavolzh'ya*. [Structural and functional organization of litter in the forests of the Mari Zavolzhye]. *Pochvovedenie*. = Eur. Soil. Sci. 2019; 1: 3-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36922214>

25. Berg B., McClaugherty C. *Plant Litter*, 4th ed. Switzerland. Cham: Springer. 2020. 332 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-59631-6>

26. Mamontov V.G., Mostovaya A.S. *Elementnyj sostav lesnyh podstilok dervnovopodzolistyh pochv probnyh ploshchadej Lesnoj opytnoj dachi*. [Element composition of forest litter of the soil test areas Forest Experiment Cottage]. *AgroEkoInfo: Elektronnyj nauchno-proizvodstvennyj zhurnal = AgroEco Info: Electronic scientific and production journal*. 2021. 2. (In Russ.). URL: [https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st\\_225.pdf](https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st_225.pdf)

27. Telesnina V. M., Podvezennaya M. A., Sorokin A. S., Meshalkina Yu. L. *Ocenka biomassy hvojno-listvennyh lesovna primere UOPEC MGU «Chashnikovo»* [Coniferous leaf-bearing forest biomass assessment by the example of

the educational and experimental soil and ecological center of Lomonosov Moscow state university “Chashnikovo”]. Pochvovedenie. = Eur. Soil Sci. 2024. 2 :37-45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-2-37-45>

28. Tunyakin V. D., Rybalkina N. V., Shenshin L. M. *Lesoobrazovatel'nyj process v predel'no uzakoj polezashchitnoj lesnoj polose* [Forest formation process in extremely narrow forest shelter belt]. Lesotekhnicheskij zhurnal = Forestry Engineering Journal. 2022. Т. 12. № 2 (46): 56 -67. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/5>

29. Odnoralov G. A., Tihonova E. N., Golyadkina I. V., Malinina T. A. Ocenka biologicheskoy produktivnosti lesnoj sredy v usloviyah urbanizacii (na primere Voronezhskoj nagornoj dubravyy). [Assessment of urban forest biological productivity (case study of the Voronezh upland oak forest)]. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal.= Bulletin of Higher Educational Institutions. Russian Forestry Journal. 2020; 2(374): 60 -72. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-2-60-72>

### Сведения об авторах

✉ *Голядкина Инна Вячеславовна* – канд. с.-х. наук, доцент, кафедра ландшафтной архитектуры и почвоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4532-3810>, e-mail: [golyadkina@vgtu.ru](mailto:golyadkina@vgtu.ru)

*Горбунова Надежда Сергеевна* – канд. биол. наук, доцент, кафедра экологии и земельных ресурсов, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Университетская пл., 1, г. Воронеж, Российская Федерация, 394018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-8106>, e-mail: [vilian@list.ru](mailto:vilian@list.ru)

*Шешнищан Сергей Сергеевич* – канд. биол. наук, доцент, кафедра ландшафтной архитектуры и почвоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-855X>, e-mail: [sheshnitsan@gmail.com](mailto:sheshnitsan@gmail.com).

*Бахтин Андрей Михайлович* – аспирант, преподаватель, кафедра ландшафтной архитектуры и почвоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9267-5901>, e-mail: [bakhtin\\_2019@inbox.ru](mailto:bakhtin_2019@inbox.ru)

*Царегородцев Алексей Васильевич* – канд. с.-х. наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения, старший научный сотрудник лаборатории мониторинга и проектирования лесов инженерингового центра НИИ Инновационных технологий и лесного комплекса ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-6080-3817>, e-mail: [tsar.ru@gmail.com](mailto:tsar.ru@gmail.com)

### Information about the authors

✉ *Inna V. Golyadkina* – Cand. Sci (Agric), Associate Professor, Landscape Architecture and Soil Science Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4532-3810>, e-mail: [golyadkina@post.vgtu.ru](mailto:golyadkina@post.vgtu.ru)

*Nadezhda S. Gorbunova* – Cand. Sci (Biol.), Associate Professor, Ecology and land resources Department, Voronezh State University, Universitetskaya square 1, Voronezh, Russian Federation, 394018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-8106>, e-mail: [vilian@list.ru](mailto:vilian@list.ru)

*Sergey S. Sheshnitsan* – Cand. Sci (Biol.), Associate Professor, Landscape Architecture and Soil Science Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8 Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-855X>, e-mail: [sheshnitsan@gmail.com](mailto:sheshnitsan@gmail.com).

*Andrey M. Bakhtin* – Post graduate student, Teacher, Landscape Architecture and Soil Science Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8 Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9267-5901>, e-mail: bakhtin\_2019@inbox.ru

*Alexey V. Tsaregorodtsev* – Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor of the Department of Landscape Architecture and Soil Science, Senior Researcher, Engineering Centre of the Research Institute of Innovative Technologies and Forestry Complex, Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-6080-3817>, e-mail: tsar.ru@gmail.com

✉- Для контактов/Corresponding author