

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/1>

УДК 630\*114.351:630\*113

## **Экологические особенности и ресурсный потенциал лесных подстилок дубрав Доно-Воронежского водораздела**

**Лилия А. Алаева**<sup>1</sup>✉, [liliya-250477@yandex.ru](mailto:liliya-250477@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0004-3187-6790>

**Татьяна А. Девятова**<sup>1</sup>, [devyatova@bio.vsu.ru](mailto:devyatova@bio.vsu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8722-1126>

**Елена А. Негрובה**<sup>1</sup>, [elena-negrobova@yandex.ru](mailto:elena-negrobova@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0002-5304-2186>

**Павел П. Бочаров**<sup>2</sup>, [pashaboch@gmail.com](mailto:pashaboch@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0007-0416-0668>

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

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

Исследование посвящено изучению специфических особенностей подстилкообразования под дубравами разных типов местности Доно-Воронежского водораздела. Полевые работы были начаты весной 2025 года, в ходе которых была заложена ландшафтная катена из шести пробных площадок (ПП) под дубравами: ПП 2 (190 м), останцово-водораздельный тип местности (ТМ), водораздел Ведуга-Дон; ПП 1 (118 м), надпойменно-террасовый ТМ, нижняя надпойменная терраса р. Дон; ПП 3 (160 м), надпойменно-террасовый ТМ, IV терраса р. Дон; ПП 6 (160 м), склоновый ТМ, коренной склон р. Воронеж, ПП 4 (90 м), пойменный ТМ, центральная пойма р. Воронеж; ПП 5 (114 м), надпойменно-террасовый ТМ, II ППТ р. Усманка. По всем точкам в начале вегетационного периода были отобраны образцы лесных подстилок и измерена их мощность, определены влажность, плотность, фракционный состав и рассчитаны запасы лесных подстилок (в т/га). Полученные данные позволили отнести лесные подстилки всех исследованных дубрав к деструктивным примитивным очень маломощным листовным. Результаты полевых и лабораторных исследований обрабатывались с использованием корреляционно-регрессионного анализа, что позволило оценить взаимосвязи между физическими свойствами лесных подстилок и их запасами. Установлена наиболее тесная прямая связь между запасами лесной подстилки и ее плотностью ( $R^2 = 0.8539$ ). Анализ фракционного состава лесных подстилок весеннего отбора показал, что в их составе количественно преобладают активные фракции, состоящие из листьев и травянистых остатков. Наибольший интерес представляют выявленные закономерности в различиях степени выраженности деструктивных процессов и, соответственно, быстроте возврата продуктов разложения лесных подстилок в биологический круговорот дубрав разных типов местности. По этому показателю их можно расположить в порядке убывания в следующий вариационный ряд: пойменные дубравы > надпойменно-террасовые дубравы > плакорные дубравы > склоновые (приречные) дубравы. Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности использования их как для фундаментальных исследований (биологический круговорот биофильных элементов), так и для научно-практических работ (ресурсный потенциал запасов мертвой органики лесных подстилок дубрав лесостепи).

**Ключевые слова:** дубрава, лесная подстилка и ее фракционный состав, мощность, запас, ресурсный потенциал, Доно-Воронежский водораздел, лесное почвообразование

**Благодарности:** коллектив авторов благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** коллектив авторов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Алаева Л.А., Девятова Т.А., Негрובה Е.А., Бочаров П.П. Экологические особенности и ресурсный потенциал лесных подстилок дубрав Доно-Воронежского водораздела // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 4 (60). – С. 7-22. – Библиогр.: с. 18-22 (29 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/1>.

*Поступила* 23.10.2025. *Пересмотрена* 28.11.2025. *Принята* 30.11.2025. *Опубликована онлайн* 26.12.2025.

*Article*

## **Ecological Features and Resource Potential of Oak Forest Litter in the Don–Voronezh Watershed**

**Liliia A. Alaeva** <sup>1</sup>✉, [liliya-250477@yandex.ru](mailto:liliya-250477@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0004-3187-6790>

**Tatiana A. Deviatova** <sup>1</sup>, [devyatova@bio.vsu.ru](mailto:devyatova@bio.vsu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8722-1126>

**Elena A. Negrobova** <sup>1</sup>, [elena-negrobova@yandex.ru](mailto:elena-negrobova@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0002-5304-2186>

**Pavel P. Bocharov** <sup>2</sup>, [pashaboch@gmail.com](mailto:pashaboch@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0007-0416-0668>

<sup>1</sup>*Voronezh State University, 1, Universitetskaya square, Voronezh, 394018, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazev Street, Voronezh, 394087, Russian Federation*

### **Abstract**

This study examines the specific features of litter formation in oak forests located on different terrain types within the Don–Voronezh watershed. Field work began in the spring of 2025. A landscape catena of six test sites (TS) in oak forests was established: **TS 2** (ALT = 190 m), outlier-watershed types of terrain (TT), Veduga-Don Watershed; **TS 1** (118 m), above-floodplain-terraced TT, Don River lower terrace; **TS 3** (160 m), above-floodplain-terraced TM, 4<sup>th</sup> Don River terrace; **TS 6** (160 m), slope TT, Voronezh River slope; **TS 4** (90 m), floodplain TT, central floodplain in the Voronezh River; and **TS 5** (114 m), above-floodplain-terraced TT, 2<sup>nd</sup> terrace of the Usmanka River. At the beginning of the growing season, forest litter samples were collected at all test sites. Litter thickness was measured, and its moisture content, bulk density, and fractional composition were determined, after which forest litter stocks (t/ha) were calculated. The obtained data made it possible to classify the forest floor in all the studied oak forests as destructive-primitive, very low-power deciduous. The results of field and laboratory studies were processed using correlation and regression analyses, which made it possible to assess the relationships between the physical properties of the forest litter and their reserves. The strongest direct relationship was found between forest litter reserves and bulk density ( $R^2 = 0,8539$ ). Analysis of the fractional composition of the spring forest litter samples showed that the active fractions, consisting mainly of leaves and herbaceous residues, quantitatively dominated the litter. Of the greatest interest are the identified patterns in the differences in the intensity of destructive processes and, consequently, in the rate at which forest litter decomposition products are returned to the biological cycle of oak forests on different terrain types. According to this indicator, the oak forests can be arranged in descending order in the following variation series: Floodplain oak forests > Above-floodplain-terraced oak forests > Flat interfluvial oak forests > Slope (riverine) oak forests. The practical significance of the results lies in their applicability both

to fundamental research (on the biological cycle of biophilic elements) and to scientific and practical work (assessing the resource potential of dead organic matter reserves in the litter of forest-steppe oak).

**Keywords:** oak forests, forest litter and its fractional composition, capacity, reserve, resource potential, Don-Voronezh watershed, forest soil formation.

**Acknowledgments:** the team of authors thanks the reviewers for their contribution to the peer review of the article.

**Conflict of interest:** the team of authors declares that there is no conflict of interest.

**For citation:** Alaeva L.A., Deviatova T.A., Negrobova E.A., Bocharov P.P. (2025). Ecological Features and Resource Potential of Oak Forest Litter in the Don–Voronezh Watershed. *Forestry Engineering journal*. Vol. 15, No. 4 (60), pp. 7-22 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/1>.

*Received* 23.10.2025. *Revised* 28.11.2025. *Accepted* 30.11.2025. *Published online* 26.12.2025.

### Введение

Специфика лесного почвообразования обусловлена составом, количеством мертвой органики, ритмом ее поступления на поверхность почвы, с одной стороны, и процессами деструкции и возврата продуктов разложения мертвой органики в почвообразование и биологический круговорот, с другой стороны. В случае преобладания первого процесса над вторым, на поверхности лесных почв формируется органогенный горизонт – лесная подстилка (A<sub>0</sub>). На объемы ее накопления влияет совокупность абиотических и биотических факторов. А. Fuertes и др. (2025) [1] отмечают, что в хвойных и широколиственных лесах запасы лесной подстилки зависят от возраста деревьев, типа леса и климатических условий природной зоны. R. Canessa и др. (2021) [2] считают, что микроклиматические показатели (влажность и температура почв) имеют такое же важное значение для разложения лесной подстилки, как и ее состав, и состав древостоя. В.В. Каганов и др. (2023) [3], детально изучив влияние климата на запасы углерода фитомассы и подстилки в лесах юга Европейской России, делают вывод, что запасы углерода фитомассы имеют статистически достоверную связь с климатическими характеристиками (ГТК за май–сентябрь), при этом с изменениями среднегодовой температуры, годовых осадков и ГТК за май–сентябрь значимых зависимостей с запасами углерода фитомассы не выявлено.

Большой интерес представляют механизмы и скорость деструкции лесной подстилки, которые были детально описаны в работах Л.О. Карпачевского (19) [4], и нашли отражение в современных научных исследованиях. Stuckenberg T. и др. (2025) [5] отмечают, что на скорость разложения лесной подстилки влияют тип леса и содержание питательных элементов в почве, Shigyo N. и др. (2024) [6] считают, что уникальные взаимосвязи между растительными остатками и микробными сообществами в почвах, Fanin N. и др. (2021) [7] выделяют роль микробиоты филлосферы, Ahirwal J. и др. (2021) [8] считают, что факторы окружающей среды и типы леса определяют скорость и направление процессов деструкции лесных подстилок.

В современных исследованиях лесных подстилок важное значение придается биосферным функциям лесных подстилок, в том числе, их участию в круговороте биофильных элементов и формирование запасов мертвой органики в лесных экосистемах. В работах отечественных ученых Е.Н. Наквасиной и Ю.Н. Шумиловой (2021) [9], Н.Ф. Каплиной и Н.Ю. Кулаковой (2021) [10], А.Б. Александровой и др. (2023) [11], И.А. Лихановой и др. (2024) [12] представлены результаты количественных оценок запасов лесных подстилок лесов разных природных зон и запасов углерода, азота и других биофильных элементов в них.

Исследования Л.Г. Ханиной и др. (2023) [13] подтвердили, что крупные древесные остатки являются принципиально важным компонентом лесных экосистем. Описанные ими особенности элементного состава и его динамики в валеже разных видов деревьев можно использовать для оценок круговорота и прогноза изменений концентраций элементов в лесных экосистемах.

Для устойчивого функционирования лесных экосистем, особенно после антропогенного воздействия (вырубки) или природных ЧС (пожары), необходимо применять системы мероприятий по лесовосстановлению. О.Н. Бахмет и М.В. Медведева (2022) [14], рассмотрев данные по деструкции опада хвои сосны в почвах, находящихся на различных стадиях искусственного лесовосстановления (свежая вырубка, культуры сосны 7-, 15- и 40-летнего возраста) установили, что наибольшие изменения процесса трансформации органического вещества происходят в почвах, находящихся на ранних стадиях лесовосстановления. Л.Г. Богатырев и др. (2020) [15], изучив особенности динамики морфологии и химических свойств лесной подстилки в ходе постагрогенного лесовосстановления пашни в подзоне южной тайги, установили увеличение запасов, а также разнообразие строения и степени пространственного варьирования основных морфологических показателей подстилки по мере возобновления древостоя. И.В. Зенкова и И.М. Штабровская (2022) [16] в своих исследованиях подстилочной фауны на вырубках подтвердили важность лесной подстилки для сохранения на горно-лесных вырубках и гарях исходного комплекса фауны и поддержания гидротермического режима, благоприятного для ее восстановления.

Лесная подстилка при этом может выступать индикатором процессов возобновления. Так, после глобального мета-анализа Latterini F. и др. (2023) [17] установили, что для лесовосстановления преобладающим фактором является изменение условий освещения и связанной с этим температуры почвы, что приводит к положительной корреляции

между процентом удаления биомассы и скоростью разложения подстилки. О.В. Семенюк и др. (2022) [18] считают, что лесная подстилка выступает индикатором интенсивности биологического круговорота веществ в городских лесах, где высокая степень рекреационной нагрузки.

Результатом совокупного взаимодействия всех абиотических и биотических факторов по образованию растительного опада, его трансформации и деструкции является лесная подстилка, которая характеризуется набором специфических свойств для каждой растительной формации. Особенности формирования лесных подстилок, их мощности, фракционного состава, химического состав находят отражение в работах А.В. Исаева и Ю.П. Демакова (2023) [19], Н.В. Малышевой и др. (2025) [20], И.В. Голядкиной и др. (2025) [21].

Вариабельность процессов подстилкообразования под различными биоценозами в разных природных зонах предопределила необходимость их классифицировать. В настоящее время разработаны различные подходы к классификации, индексации и номенклатуре лесных подстилок. Широко используются классификации лесных подстилок А.П. Сапожникова (1984) [22] и Л.Г. Богатырева (1990) [23].

И.М. Яшин и др. (2014) [24] отмечают, что лесная подстилка является сложной высокоорганизованной структурой, определяющей интенсивность и направленность биохимических процессов в почвах и потоков вещества и энергии в лесных экосистемах. При этом, почвенный покров играет важнейшую роль в обеспечении устойчивости лесных биогеоценозов.

Также лесная подстилка, определяя состав и свойства почв, участвует в выполнении функции регулятора состава атмосферного воздуха, тесно связанную с проблемой глобальных изменений климата, которые обусловлены эмиссией парниковых газов, в том числе, почвенного происхождения. Именно поэтому интерес к лесной подстилке как объекту экологического мониторинга постоянно растет. Однако, несмотря на

разносторонние исследования особенностей формирования лесных подстилок в разных природных зонах, все еще остаются слабые места в понимании степени выраженности участия абиогенных и биогенных факторов в накоплении, деструкции и скорости возврата продуктов разложения в биологический круговорот в условиях одной природной зоны, но различных ландшафтов и типов местности.

Цель настоящих исследований – изучить экологические особенности формирования лесных подстилок дубрав, произрастающих на разных типах местности Доно-Воронежского водораздела.

### **Материалы и методы**

#### *Объект и предмет исследований*

Территория Доно-Воронежского водораздела находится на стыке двух крупных орографических единиц – Среднерусской возвышенности (правобережная часть с абсолютными отметками 100-250 м) и Окско-Донской равнины (левобережная часть с абсолютными отметками 100-170 м) и имеет сложную геолого-геоморфологическую историю. Структурно-геоморфологические условия правобережной и левобережной частей Среднего Дона различны. Правобережная часть, представленная формами рельефа Среднерусской возвышенности, характеризуется ярусным строением в виде серии эрозионно-денудационных ступеней, выработанных преимущественно на меловых породах. Ступени формировались, начиная с позднего плиоцена в связи со спорадическим поднятием территории. Самой высокой ступенью является первая плиоценовая с абсолютными отметками 215-220 м. В нее врезана вторая эоплейстоценовая ступень с отметками 180-200 м. Третья ступень, датированная первой половиной раннего неоплейстоцена, имеет отметки 160-180 м, и четвертая ступень второй половиной раннего неоплейстоцена находится на отметке 120-140 м.

Левобережная часть Дона сложена плиоценовыми, эоплейстоценовыми и раннеоплейстоценовыми преимущественно аллювиальными отложениями. Аллювий сформировался согласно аккумулятивным циклам, соответствующим числу денудационных ступеней правобережья Дона. Сопряженность

циклов осадконакопления левобережья с денудационными ступенями правобережья указывает на одновременное их формирование. При этом равнинная часть левобережья испытывала опускание, а возвышенная часть правобережья – поднятие. В раннем неоплейстоцене произошло резкое похолодание климата и становление максимального донского оледенения. Последствием его являются накопления моренных и флювиогляциальных образований. Моренные суглинки наиболее широко распространены в Подворонежье, а в долине Дона они размыты. На морене залегают флювиогляциальные отложения, которые по генезису отвечают времени отступления донского оледенения. Пески слагают Воронежский оз, который возвышается над урезом Дона на 70-80 м. Пески оза по простирацию замещаются водораздельным зандром, который на левобережье залегают на кривоборских песках, а на правобережье – на морене. Средне- и позднеоплейстоценовое время выразилось формированием четырех надпойменных террас: самой древней четвертой, которая врезана во флювиогляциальные отложения третьей, второй и первой. Относительные превышения четырех террас над урезом воды долины Дона составляют 50-60, 30-35, 18-25 и 8-10 (15) м соответственно. В голоценовое время сформировалась пойма, относительная высота которой составляет от 3 до 7 м (В.М. Макеев и др., 2022) [25].

В таких неоднородных геоморфологических условиях сформировались островки лесных массивов, среди которых преобладают дубравы. Для изучения лесных подстилок дубрав были заложены пробные площадки на останцово-водораздельном типе местности (ПП2), надпойменно-террасовом (ПП1, ПП3, ПП5), склоновом (ПП6) и пойменном (ПП4) (рисунок 1).

Согласно классификации дубрав по приуроченности к различным ландшафтным условиям произрастания, предложенной В.Б. Михно (2014) [26], исследуемые дубравы можно отнести к 4 типам: склоновые (приречные), надпойменно-террасовые, пойменные и плакорные. Распределение пробных площадок по типам дубрав представлено в таблице 1. Названия почв на русском

языке приведены согласно классификации и диагностики почв России, 2024, на английском языке согласно международной реферативной базе почвенных ресурсов, 2024 [27].

### Сбор данных

Ландшафтная катена, включающая 6 пробных площадок, была заложена весной 2025 года с целью отбора проб лесной подстилки в начале (апрель), в середине (июль) и в конце (октябрь) вегетационного периода (рисунок 1). Все пробные площадки имеют специфические особенности геологического строения, описание которых проводилось с использованием альбома геологических разрезов С.В. Хруцкого и др. (1974) [28].

Пробы лесной подстилки отбирались с использованием деревянной рамки 0,25 x 0,25 м под

кроной деревьев дуба черешчатого (*Quercus robur L., Sp. pl.*) – основных эдификаторов не ближе 1,5 от стволов на всю мощность лесной подстилки до минерального горизонта. Образец подстилки не разбирался на горизонты, так как под пологом широколиственных лесов исследованной территории стратификация на разные по степени разложения слои отсутствует. Образцы подстилок в полевых условиях пакетировали, маркировали.

В лабораторных условиях определяли влажность и плотность (термостатно-весовым методом), фракционный состав (ситовым методом) и рассчитывали запасы лесных подстилок [29]. В настоящей статье представлены результаты обработки весеннего отбора проб лесной подстилки.

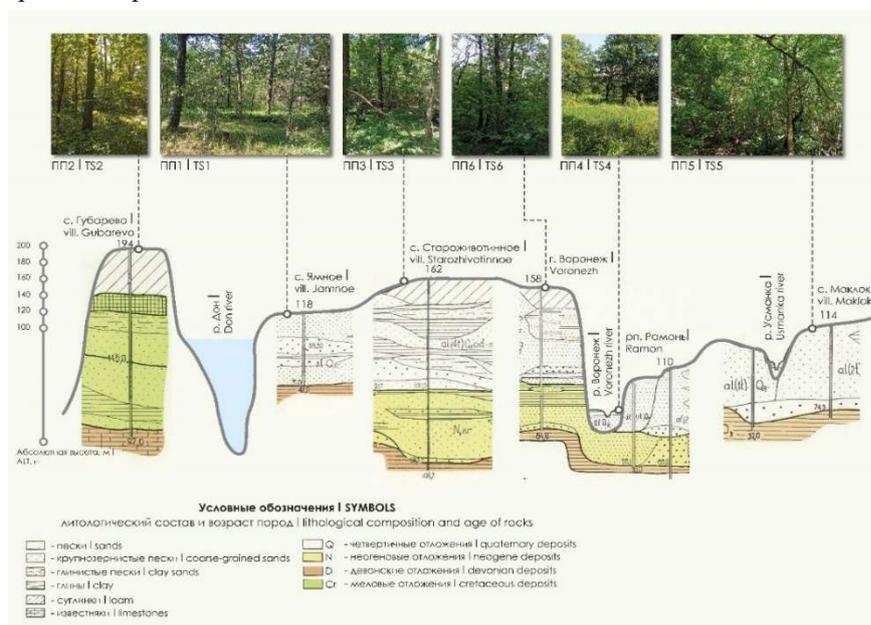


Рисунок 1. Схема расположения пробных площадок в дубравах разных типов местности Доно-Воронежского водораздела

Figure 1. The layout of the test sites in oak forests of Don-Voronezh watershed different types of terrain

Источник: собственная композиция и фото авторов. Элементы геоморфологических профилей взяты из альбома С.В. Хруцкого и др. (1974) [27]

Source: author's own composition and photos. The geomorphological profiles elements are taken from the album by S.V. Khrutsky and others (1974) [27]

Типы дубрав Доно-Воронежского водораздела

Table 1

The oak forests types of Don-Voronezh watershed

| Таксон   Taxon   | Ландшафты   Landscapes   |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| Семейство   Family   | Лесостепные   Forest-steppe  |  |   |   |
| Класс   Class  | Долинно-речные   Valley and river  |  |   | Междуречные   Watershed   |
| Подкласс   Subclass  | Ассиметрично-нейтральные   Asymmetrically neutral  |  |   | Ассиметричные   Asymmetrical  |
| Тип   Type   | Склоновые (приречные)   Slope (riverine)   | Надпойменно-террасовые   Above-floodplain-terraced   | Пойменные   Floodplain  | Плакорные   Flat interfluve   |
| Вид (номер пробной площадки, ПП)   Species (the number of the test site, TS) | Дубрава осоко-снытьевая на серых суглинистых почвах коренного склона р. Воронеж (ПП 6)   Oak forest ( <i>Carex pilisa</i> Scop., <i>Aegopodium podagraria</i> L.) on Haplic Phaeozems of Voronezh river slope (TS 6) | Дубрава ландышевая на дерново-элювоземах песчано-супесчаных нижних террас р. Дон (ПП 1), клено-липо-дубняк разнотравный на серых суглинистых почвах, подстилаемых древнеаллювиальными отложениями высоких террас р. Дон (ПП3), судубрава снытьевая на дерново-элювоземах песчано-супесчаных низких террас р. Усманка (ПП 5)   Oak forest ( <i>Convallaria majalis</i> L.) on Cambisols (Arenic) of Don River lower terraces (TS 1), Maple-Linden-Oak different herbal forest on Haplic Phaeozems (Bathyfluvic) of Don River high terraces (TS 3), Mixed oak forest ( <i>Aegopodium podagraria</i> L.) on Cambisols (Arenic) of Usmanka River lower terraces (TS 5) | Дубрава земляничная на аллювиальных серогумусовых (дерновых) почвах центральной поймы р. Воронеж (ПП 4)   Oak forest ( <i>Fragaria vesca</i> L.) on Eutric Fluvisols of central floodplain of Voronezh river (TS 4) | Дубрава осоковая на темно-серых суглинистых почвах водораздела Ведуга-Дон (ПП 2)   Oak forest ( <i>Carex pilisa</i> Scop.) on Eutric Haplic Phaeozems (Loamic) of Veduga-Don Watershed (TS 2) |

Источник: собственные описания авторов.

Source: authors' own descriptions.

*Анализ данных*

Расчеты количественных показателей и графическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием программы Excel, статистическая обработка (корреляционный и регрессионный анализы) велась в программе Statistica.

**Результаты и их обсуждение**

Островные дубравы Доно-Воронежского раздела произрастают на разных типах местности, что

предопределило неоднородность геологического строения пробных площадок и почвенные условия:

**ПП 2 (190 м), останцово-водораздельный, водораздел Ведуга-Дон** – мощность четвертичных отложений составляет около 20м, представлены покровными и делювиальными отложениями и ледниковыми отложениями днепровского возраста (р<sub>г</sub>Q<sub>2,3</sub> – г<sub>л</sub>Q<sub>1dn</sub>). Залегают на отложениях верхнего и нижнего мела (Cr<sub>2</sub>-Cr<sub>1</sub>), которые подстилаются породами верхнего девона (D<sub>3</sub>);

**ПП 1 (118 м), надпойменно-террасовый, нижняя надпойменная терраса р. Дон** – мощность четвертичных отложений составляет 42 м, которые представлены древним аллювием (alQ<sub>3</sub>). С поверхности залегает толща средне- и мелкозернистого песка мощностью около 18 м, ниже переходит в крупнозернистый песок с прослойкой глин. Глубже подстилаются девонскими отложениями (D<sub>3</sub>);

**ПП 3 (160 м), надпойменно-террасовый, IV терраса р. Дон** – мощность четвертичных отложений составляет 62 м, которые представлены древним аллювием (al(4t)Q<sub>1</sub>). С поверхности залегает суглинистый чехол мощностью около 15 м, ниже подстилается тонкой глинистой прослойкой, глубже которой идет чередование глинистых песков, глин и песков разной зернистости. Глубже подстилаются неогеновыми отложениями (N<sub>2</sub>);

**ПП 6 (160 м), склоновый, коренной склон р. Воронеж** – мощность четвертичных отложений составляет 60 м, которые представлены древним аллювием al(4t)Q<sub>2</sub>). С поверхности залегают суглинки, сменяющиеся чередованием мелко- и среднезернистого песка с включением прослоек глин и крупнозернистого песка. Глубже подстилаются неогеновыми глинами (N<sub>2</sub>);

**ПП 4 (90 м), пойменный, центральная пойма р. Воронеж** – мощность четвертичных отложений составляет 12 м, которые представлены поверхностным ярусом современного аллювия (alQ<sub>4</sub>), состоящего из пород глинистого состава с поверхности и мелкозернистого песка в основании, глубже современный аллювий подстилается древнеаллювиальными крупнозернистыми песчаными отложениями (al(1t)Q<sub>3</sub>). Глубже подстилаются девонскими глинами (D<sub>3</sub>);

**ПП 5 (114 м), надпойменно-террасовый, II НПТ р. Усманка** – мощность четвертичных отложений составляет 40 м, которые представлены древним аллювием (al(2t)Q<sub>3</sub>). С поверхности залегает толща средне- и мелкозернистого песка мощностью около 34 м, ниже переходит в тонкий слой крупнозернистого песка. Глубже подстилаются девонскими глинами (D<sub>3</sub>).

Важным экологическим показателем лесной подстилки является ее мощность, по значениям которой можно судить о преобладании аккумулятивных или деструктивных процессов. По данному показателю, согласно классификации Л.Г. Богатырева (1990) [23], лесные подстилки всех типов дубрав данной катены относятся к деструктивным примитивным очень маломощным (менее 5 см) листовым, что свидетельствует о преобладании процессов разрушения лесной подстилки над накоплением под пологом дубрав. Однако максимальные значения мощности лесной подстилки (4,85±1,95 см) зафиксированы на плакорах под дубравами осоковыми на темно-серых суглинистых почвах (таблица 2). Однако при распределении всех измерений мощности лесной подстилки по пробным площадкам, можно выделить две группы показателей: дубравы с мощностью лесной подстилки менее 3 см (ПП 3, 5, 6) и более 3 см (ПП 1, 2, 4) (рисунок 2).

Существенное значение для биологического круговорота веществ в лесных экосистемах имеют запасы лесной подстилки. В начале вегетационного периода, когда основная масса легкодоступного детрита уже использована деструкторами, а новой порции опада еще не поступило, запасы лесной подстилки составляют 2,1-7,2 т/га, исключение составляет старовозрастная судубрава снытевая на дерново-элювоземех песчано-супесчаных низких террас р. Усманка, под которой зафиксированы 27,0 т/га. Такая величина запаса обусловлена максимальными значениями плотности (0,171 г/см<sup>3</sup>) при минимальных значениях мощности.

Запасы лесных подстилок зависят как от биоценологических показателей лесной экосистемы, так и от таких физических свойств, как мощность, влажность и плотность лесной подстилки. Для определения степени этой зависимости были построены логарифмические линии тренда, которые используются для описания экспериментальных данных, убывающих или возрастающих с переменной скоростью. Зависимость запасов от влажности описывается уравнением

логарифмической линии тренда  $y = -2,991\ln(x) + 14,839$ , при коэффициенте детерминации  $R^2 = 0,0272$ , зависимость запасов от мощности описывается уравнением  $y = -13,47\ln(x) + 23,137$  ( $R^2 = 0,4403$ ), зависимость запасов от плотности описывается уравнением  $y = 6,9086\ln(x) + 35,469$  ( $R^2 = 0,8539$ ).

Таким образом, для деструктивных лесных подстилок на всех ландшафтных уровнях катены выявлена наиболее тесная прямая зависимость запасов лесной подстилки от ее плотности, что подтверждается коэффициентом детерминации, максимально близким к 1. Это подтверждается результатами исследования для дубравы ПП5, где при средней мощности лесной подстилки  $1,70 \pm 2,06$  см и ее плотности  $0,171$  г/см<sup>3</sup> формируются максимальные запасы  $27,0$  т/га.

Особое значение при характеристике лесных подстилок имеет их фракционный состав, который отражает степень выраженности деструктивных процессов и скорость возврата

органических веществ в почвы. Доля листьев главного эдификатора широколиственной лесной экосистемы в составе лесной подстилки является важным показателем скорости возврата продуктов деструкции в биологический круговорот. Пойменные дубравы земляничные формируют лесную подстилку с максимальным количеством листового опада главного эдификатора – дуба черешчатого,  $56,4\%$  (таблица 3). Второе место по этому показателю занимают надпойменно-террасовые дубрава ландышевая и клено-липо-дубняк разнотравный –  $47,9$  и  $44,6$  % соответственно. На третьей позиции плакорная дубрава осоковая ( $33,3$  %) и склоновая (приречная) дубрава осоко-снытиева на коренном склоне р. Воронеж ( $31,5$  %). Особое место занимает старовозрастная судубрава снытиева, произрастающая на низких террасах р. Усманки,  $75\%$  лесной подстилки которой приходится на трудно разлагаемую кору.

Таблица 2

Экологические показатели и запасы лесной подстилки разных типов дубрав

Table 2

Ecological indicators and stocks of forest litter of different types of the Oak forests

| Тип дубравы   The oak forests types                | Мощность (M±σ), см   Thickness (M±σ), cm | Влажность, %   Humidity, % | Плотность, г/см <sup>3</sup>   Density, g/cm <sup>3</sup> | Запасы, т/га   Stocks, t/ga |      |
|--|--|----------------------------|---|-----------------------------|------|
| Плакорные, ПП2   Flat interfluve, TS2              | 4,85±1,95 (n=7)                          | 7,2                        | 0,005   | 2,10                        |      |
| Пойменные, ПП4   Floodplain, TS4                   | 4,50±1,70 (n=10)                         | 8,8                        | 0,007   | 2,48                        |      |
| Надпойменно-террасовые   Above-floodplain-terraced | ПП1   TS1                                | 4,71±0,95 (n=7)            | 10,7  | 0,010                       | 4,44 |
|  | ПП3   TS3                                | 1,89±1,54 (n=9)            | 10,3  | 0,018                       | 3,15 |
|  | ПП5   TS5                                | 1,70±2,06 (n=10)           | 7,4   | 0,171                       | 27,0 |
| Склоновые (приречные), ПП6   Slope (riverine), TS6 | 2,90±0,77 (n=10)                         | 30,2                       | 0,032   | 7,21                        |      |

Примечание: M±σ – среднее арифметическое и стандартное отклонение; n – объем выборки.

Note: M±σ - Mean and Stantard deviation; n – sample size.

Источник: собственные вычисления авторов.

Source: authors' own calculations.

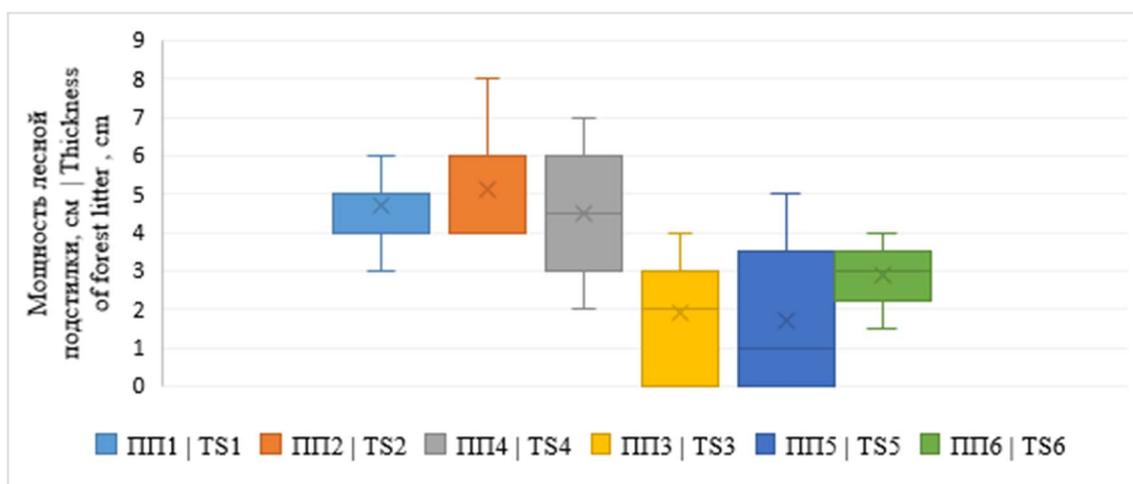


Рисунок 2. Мощность лесной подстилки дубрав в начале вегетационного периода (май 2025 г.)

Figure 2. Forest litter thickness of Oak forests at the beginning of the growing season (May of 2025<sup>th</sup>)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's own composition

Для обобщения сведений о фракционном составе лесной подстилки все фракции были сгруппированы по степени выраженности деструктивного процесса в три блока: активная часть лесной подстилки, которая еще сохраняет морфологические признаки, форму и очертания, но легко разлагается (листья и травянистые остатки), пассивная часть, включающая мертвую органику из трудно разлагаемых компонентов (желуди, древесная кора, полуразложившаяся древесина) и фракцию менее 1

см, которая уже потеряла морфологические признаки в процессе первичной деструкции (труха и ферментированная масса).

Максимальное количество активной фракции (65%) содержится в лесной подстилке дубравы земляничной пойменного типа местности (ПП4), и, следовательно, здесь максимально быстро включится в биологический круговорот продукты ее разложения (рисунок 3).

Таблица 3

Фракционный состав лесной подстилки дубрав разных типов местности (%)

Table 3

The forest litter fractional composition of Oak forests of terrain's different types

| Фракции   Fractions                                | ПП1   TS1 | ПП2   TS2 | ПП3   TS3 | ПП4   TS4 | ПП5   TS5 | ПП6   TS6 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Листья/хвоя   Leaves/needles                       | 47,9      | 33,3      | 44,6      | 56,4      | 5,8       | 31,5      |
| Травянистые остатки   Grassy remains               | 7,8       | 18,4      | 1,4       | 8,2       | 0,5       | 0,50      |
| Труха   The dust                                   | 1,6       | 0         | 0         | 0         | 0         | 12,4      |
| Ферментированная масса   Fermented mass            | 19,3      | 2,9       | 19,8      | 27,8      | 1,8       | 6,8       |
| Ветви   The branches                               | 14,1      | 43,5      | 34,2      | 4,0       | 16,9      | 31,5      |
| Шишки/Желуди   The cones/acorns                    | 9,3       | 1,9       | 0         | 3,6       | 0         | 15,4      |
| Остатки мхов/лишайники   Remains of mosses/lichens | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Кора   The bark                                    | 0         | 0         | 0         | 0         | 75,0      | 1,9       |
| Полуразложившаяся древесина   Half-decomposed wood | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Итого   Total                                      | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       |

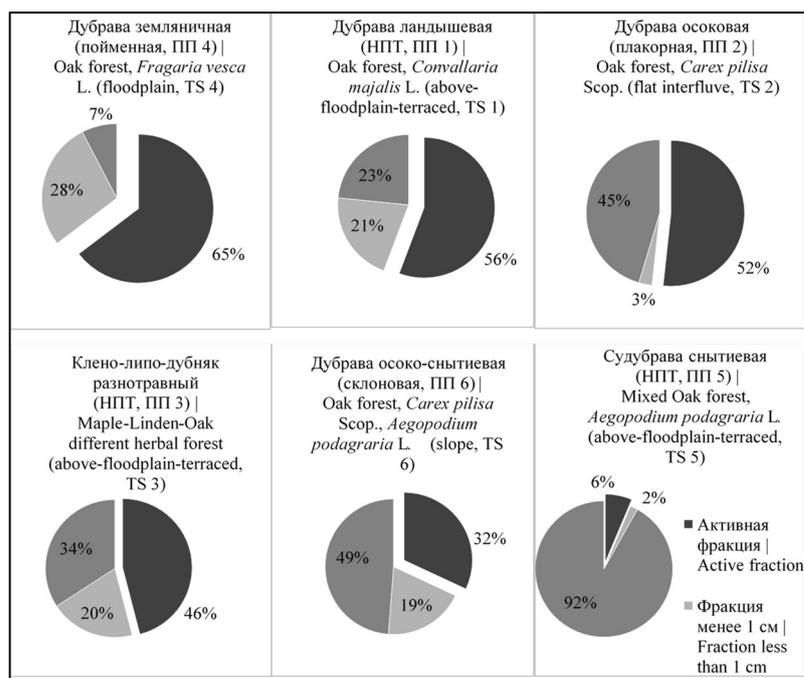


Рисунок 3. Доля активной (листья и травянистые остатки), пассивной (ветви, желуди, остатки мхов и лишайников, кора, полуразложившаяся древесина) и фракции менее 1 см (труха и ферментированная масса) в составе лесных подстилок разных типов местности

Figure 3. The proportion of active (leaves and grassy remains), passive (the branches, acorns, remains of mosses/lichens, the bark, half-decomposed wood) and fractions of less than 1 cm in the forest litter composition of different types of terrain

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's own composition

На втором месте дубравы надпойменно-террасового типа местности (ПП1, ПП3) – 46-56%. За ними следуют дубравы, произрастающие на водоразделах (ПП2), – 52%. Только 32% активной фракции содержится в лесной подстилке дубравы коренного склона р. Воронеж. Минимальное количество

### Выводы

1. Территория Доно-Воронежского водораздела имеет сложную геологическую историю, что предопределило формирование неоднородного современного рельефа и разнообразных эдафических условий для произрастания дубрав. Последние формируют лесные массивы разной площади в условиях пойменного, надпойменно-террасового, склонового (приречного) и останцово-водораздельного типов местности.

2. Несмотря на различия в геологических, топографических, эдафических условиях произрастания дубрав, во всех исследованных лесных экосистемах подстилки весеннего отбора (начала вегетационного периода) относятся к

быстро разлагаемой фракции (6%) содержится в лесной подстилке судубравы надпойменно-террасового типа местности, которая на 92% состоит из коры деревьев, что является характерной особенностью старовозрастного лесного массива (возраст отдельных дубов достигает более 300 лет). деструктивным примитивным очень маломощным листовым.

3. Статистическая обработка результатов измерения мощности лесных подстилок и доли активной фракции в ее составе позволила разделить все дубравы на две группы: первая группа включает дубравы земляничную (пойменная), ландышевая (надпойменно-террасовая, терраса р. Дон) и осоковая (плакорная, правобережье р. Дон), в которых мощность лесной подстилки приближается к 5 см (по средним показателям) и более чем на 50% состоит из активной фракции. Вторая группа включает смешанные дубравы (надпойменно-террасовые, террасы рек Дон и Усманка) и дубравы осоково-снытевые (склоновые, коренной берег р. Воронеж), лесная подстилка которых не превышает

3 см по мощности и менее 50% содержит активных фракций.

4. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости запасов лесной подстилки от ее мощности, плотности и влажности показал наиболее тесную прямую связь с плотностью ( $R^2 = 0,8539$ ).

5. По биоресурсному потенциалу, скорости деструктивных процессов и, соответственно,

быстроте возврата продуктов разложения лесных подстилок в биологический круговорот, дубравы разных типов местности можно расположить в порядке убывания в следующий вариационный ряд: пойменные дубравы > надпойменно-террасовые дубравы > плакорные дубравы > склоновые (приречные) дубравы.

### Список литературы

1. Fuertes A., Moreno-Fernandez D., Jankowski P.A., Alberdi I., Adame P., Gonzalez I., Canellas I., Oliveira N. Drivers of litter dynamics across Spanish forests: An assessment using ICP-forests Level I monitoring data. *Forest Ecology and Management*. 2025; 596 (2025); 123061. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.123061>.
2. Canessa R., Brink L., Saldana A., Rios R.S., Hattenschwiler S., Mueller C.W., Prater I., Tielborger K., Bader M.Y. Relative effects of climate and litter traits on decomposition change with time, climate and trait variability. *Journal of Ecology*. 2021; 109; 447-458. – DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13516>.
3. Каганова В.В., Замолотчикова 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>.
4. Карпачевский Л.О., Воронин А.Д., Дмитриев Е.А., Строганова М.Н., Шоба С.А. Почвенно-биогеоценологические исследования в лесных биогеоценозах. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 160 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23397185>.
5. Stuckenbert T., Lu J.-Z., Scheu S. C, N and P dynamics during litter decomposition in pure and mixed beech – conifer stands: Effects of litter species, site conditions and native vs non-native conifer species. *Forest Ecology and Management*. 2025; 594 (2025); 122929. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122929>.
6. Shigyo N., Umeki K., Hirao T. Soil microbial identity explains home-field advantage for litter decomposition. *New Phytologist*. 2024; 243, 2146-2156. – DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.19769>.
7. Fanin N., Lin D., Freschet G.T., Keiser A.D., Augusto L., Wardle D.A., Veen G.F. Home-field advantage of litter decomposition: from the phyllosphere to the soil. *New Phytologist*. 2021; 231; 1353-1358. - DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.17475>.
8. Ahrwal J., Saha P., Nath A., Nath A.J., Deb S., Sahoo U.K. Forests litter dynamics and environmental patterns in the Indian Himalayan region. *Forest Ecology and Management*. 2021; 499; 119612. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119612>.
9. Наквасина Е.Н., Шумилова Ю.Н. Динамика запасов углерода при формировании лесов на постагрогенных землях. *Известия вузов. Лесной журнал*. – 2021. – № 1. – С. 46-59. – DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-46-59>.
10. Каплина Н.Ф., Кулакова Н.Ю. Фитомасса и запасы углерода и азота в контрастных по продуктивности нагорных дубравах южной лесостепи. *Аридные экосистемы*. – 2021. – Т. 27. – № 1 (86). – С. 35-42. DOI: <https://doi.org/10.24411/1993-3916-2021-10135>.
11. Александрова А.Б., Кулагина В.И., Иванов Д.В., Маланин В.В., Марасов А.А. Оценка запасов углерода в лесных подстилках Раифского участка Волжско-Камского заповедника. *Российский журнал прикладной экологии*. – 2023. – № 2. – С. 57-62. DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2023.2.57.62>.
12. Лиханова И.А., Денева С.В., Холопов Ю.В., Рудь Е.А., Скребенков Е.А., Лаптева Е.М. Особенности лесных подстилок в разных типах среднетаёжных лесов. *Теоретическая и прикладная экология*. – 2024. – № 2. – С. 72-81. DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2024-2-072-081>.

13. Ханина Л.Г., Смирнова В. Э., Бобровский М. В. Элементный состав валежа различных древесных пород и стадий разложения в широколиственном лесу заповедника “Калужские Засеки”. Лесоведение. – 2023. – № 4. С. 353-368. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114823040034>.
14. Бахмет О.Н., Медведева М.В. Разложение опада хвои в почвах лесных культур сосны Восточной Финноскандии. Лесоведение. – 2022. – № 3. – С. 239-249. - DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114822030032>.
15. Богатырев Л.Г., Телеснина В.М., Семенюк О.В., Бенедиктова А.И. Динамика морфологии и химических свойств лесной подстилки в ходе естественного постагрогенного лесовосстановления и ее отражение напочвенным покровом. Вестник Московского Университета. Серия.17. Почвоведение. – 2020. – №3. – С. 3-11. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43061436>.
16. Зенкова И.В., Штабровская И.М. Влияние гидротермических условий на подстилочные беспозвоночных вырубок и гарей Хибин. Лесоведение. – 2022. – № 4. – С. 364–380. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114822030123>.
17. Latterini F., Dyderski K.M., Horodecki P., Lapin K., Jagodziński A.M. The effects of forest operations and silvicultural treatments on litter decomposition rate: a Meta-analysis. Current Forestry Reports. 2023; 9; 276-290. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00190-5>.
18. Семенюка О. В., Телеснина В. М., Богатырева Л. Г., Земсков Ф. И. Подстилки городских насаждений как индикатор интенсивности биологического круговорота в условиях мегаполиса. Почвоведение. – 2022. – № 6. – С. 673-686. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22060119>.
19. Исаев А.В., Демаков Ю.П. Особенности подстилок в пойменных лесах заповедника “Большая Кокшага”. Лесоведение. – 2023. – № 1. – С. 66-76. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114823010072>.
20. Малышева Н.В., Золина Т.А., Сильнягина Г.В., Филипчук А.Н., Югов А.Н. Исследование взаимосвязи толщины лесной подстилки и лесотаксационных характеристик с помощью методов машинного обучения. Лесохозяйственная информация. – 2025. – № 2. – С. 70–93. DOI: <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2025.2.05>.
21. Голядкина И.В., Горбунова Н.С., Шешницан С.С., Бахтин А.М., Царегородцев А.В. Особенности формирования лесной подстилки в условиях старовозрастной лесной полосы каменно-степного опытного лесничества. Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 1 (57). – С. 6-22. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.1/1>.
22. Сапожников А.П. Лесная подстилка – номенклатура, классификация и индексация. Почвоведение. –1984. – № 5. – С. 96-105. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26442409>
23. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок. Почвоведение. – 1990. – №3. – С. 119-127. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25886589>.
24. Яшин И.М., Когут Л.П., Прохоров И.С., Васенев И.И. Экологическое состояние почв в условиях полевых и лесопарковых экосистем Московского мегаполиса. Агрехимический Вестник. 2014. – № 2. – С. 17-21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30685906>.
25. Макеев В.М., Пикулик Е.А., Гусельцев А.С. Неотектонические структуры и современная геодинамика района среднего течения р. Дон (территория Новоронежской АЭС). Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2022. – № 64 (1). – С. 75-87. – DOI:10.32454/0016-7762-2022-64-1-75-87.
26. Михно В.Б. Ландшафтный аспект произрастания, дифференциации и структурной организации дубрав Среднерусской лесостепи. Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2014. – № 1. – С. 9-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21455300>
27. 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. DOI: <https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317 07235-3>.
28. Хруцкий С.В., Смольянинов В.М., Косцова Э.В. Альбом геологических разрезов Центрально-Черноземных областей. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1974. – 176 с.
29. Шумаков В.С., Федорова Е.Л. Методические рекомендации по определению запасов лесной подстилки и её зольности при лесоводственных исследованиях. М.: ВНИИЛХ, 1979. – 38 с.

### References

1. Fuertes A., Moreno-Fernandez D., Jankowski P.A., Alberdi I., Adame P., Gonzalez I., Canellas I., Oliveira N. *Drivers of litter dynamics across Spanish forests: An assessment using ICP-forests Level I monitoring data. Forest Ecology and Management.* 2025; 596 (2025): 123061. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.123061>.
2. Canessa R., Brink L., Saldana A., Rios R.S., Hattenschwiler S., Mueller C.W., Prater I., Tielborger K., Bader M.Y. *Relative effects of climate and litter traits on decomposition change with time, climate and trait variability.* Journal of Ecology. 2021; 109: 447-458. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13516>.
3. Kaganova V.V., Zamolodchikova D.G., Mostovaja A.S. *Vlijanie klimata na zapasy ugljeroda fitomassy i podstilki v lesnyh nasazhdenijah juga Evropejskoj Rossii.* [Climate affecting the carbon, phytomass and litter stocks in forest stands of the South of the European Russia]. Lesovedenie. 2023; № 5: 486-501. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114823050030>.
4. Karpachevskij L.O., Voronin A.D., Dmitriev E.A., Stroganova M.N., Shoba S.A. *Pochvenno-biogeocenticheskie issledovanija v lesnyh biogeocenoazah.* [Soil and biogeocentotic studies in forest biogeocenososes]. Moskovskij gosudarstvennyj universitet. 1980;160. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23397185>.
5. Stuckenberg T., Lu J.-Z., Scheu S. *C, N and P dynamics during litter decomposition in pure and mixed beech – conifer stands: Effects of litter species, site conditions and native vs non-native conifer species.* Forest Ecology and Management. 2025; 594 (2025): 122929. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122929>.
6. Shigyo N., Umeki K., Hirao T. *Soil microbial identity explains home-field advantage for litter decomposition.* New Phytologist. 2024; 243: 2146-2156. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.19769>.
7. Fanin N., Lin D., Freschet G.T., Keiser A.D., Augusto L., Wardle D.A., Veen G.F. *Home-field advantage of litter decomposition: from the phyllosphere to the soil.* New Phytologist. 2021; 231: 1353-1358. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.17475>.
8. Ahirwal J., Saha P., Nath A., Nath A.J., Deb S., Sahoo U.K. *Forests litter dynamics and environmental patterns in the Indian Himalayan region.* Forest Ecology and Management. 2021; 499: 119612. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119612>.
9. Nakvasina E.N., Shumilova Ju.N. *Dinamika zapasov ugljeroda pri formirovanii lesov na postagrogennyh zemljah.* [Dynamics of carbon stocks in the formation of forests on post-agrogenic lands]. Izvestija vuzov. Lesnoj zhurnal. 2021; № 1: 46-59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-46-59>.
10. Kaplina N.F., Kulakova N.Ju. *Fitomassa i zapasy ugljeroda i azota v kontrastnyh po produktivnosti nagornyh dubravah juzhnoj lesostepi.* [Phytomass and carbon and nitrogen reserves in the contrasting productivity of upland oak forests of the southern forest steppe] Aridnye jekosistemy. 2021; Vol. 27; № 1 (86): 35-42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/1993-3916-2021-10135>.
11. Aleksandrova A.B., Kulagina V.I., Ivanov D.V., Malanin V.V., Marasov A.A. *Ocenka zapasov ugljeroda v lesnyh podstilkah Raifskogo uchastka Volzhsko-Kamskogo zapovednika.* [Assessment of carbon reserves in forest litter of the Raifa area of Volzhsko-Kamsky state natural biosphere reserve]. Rossijskij zhurnal prikladnoj jekologii. 2023; № 2: 57-62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2023.2.57.62>.
12. Lihanova I.A., Deneva S.V., Holopov Ju.V., Rud' E.A., Skrebenkov E.A., Lapteva E.M. *Osobennosti lesnyh podstilk v raznyh tipah srednetajozhnyh lesov.* [Litter features in different forest types in the middle taiga subzone]. Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. 2024; № 2: 72-81. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2024-2-072-081>.
13. Hanina L.G., Smirnova V. Je., Bobrovskij M. V. *Jelementnyj sostav valezha razlichnyh drevesnyh porod i stadij razlozhenija v shirokolistvennom lesu zapovednika "Kaluzhskie Zaseki".* [Dead wood elements composition in different tree species and stages of decay in the broad-leaved forests of The Kaluzhskie Zaseki Reserve]. Lesovedenie. 2023; № 4: 353-368. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114823040034>.

14. Bahmet O.N., Medvedeva M.V. *Razlozhenie opada hvoi v pochvah lesnyh kul'tur sosny Vostochnoj Fennoskandii*. [Pine needles litter decomposition in soils of The Eastern Fennoscandia's pine plantations]. *Lesovedenie*. 2022; № 3: С. 239-249. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114822030032>.
15. Bogatyrev L.G., Telesnina V.M., Semenjuk O.V., Benediktova A.I. *Dinamika morfologii i himicheskikh svojstv lesnoj podstilki v hode estestvennogo postagrogennogo lesovosstanovlenija i ee otrazhenie napochvennym pokrovom*. [Dynamics of morphology and chemical properties of forest litter during natural postagrogenic reforestation and its reflection by the ground cover]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Serija.17. Pochvovedenie*. 2020; №3: 3-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43061436>.
16. Zenkova I.V., Shtabrovskaja I.M. *Vlijanie gidrotermicheskikh uslovij na podstilochnyh bespozvonochnyh vyrubok i garej Hibin*. [Hydrothermal conditions affecting the forest litter invertebrates in the cuttings and burnt areas of Khibiny mountains] *Lesovedenie*. 2022; № 4: 364-380. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114822030123>.
17. Latterini F., Dyderski K.M., Horodecki P., Lapin K., Jagodziński A.M. *The effects of forest operations and silvicultural treatments on litter decomposition rate: a Meta-analysis*. *Current Forestry Reports*. 2023; 9: 276-290. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00190-5>.
18. Semenjuka O. V., Telesnina V. M., Bogatyreva L. G., Zemskov F. I. *Podstilki gorodskih nasazhdenij kak indikator intensivnosti biologicheskogo krugovorota v uslovijah megapolisa*. [Biological Cycling in Urban Stands (Bytsevsky Les Protected Area)] *Pochvovedenie*. 2022; № 6: 673-686. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22060119>.
19. Isaev A.V., Demakov Ju.P. *Osobennosti podstilk v pojmyennyh lesah zapovednika "Bol'shaja Kokshaga"*. [Features of litter in floodplain forests of the Bolshaya Kokshaga Nature Reserve]. *Lesovedenie*. 2023; № 1: 66-76. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114823010072>.
20. Malysheva N.V., Zolina T.A., Sil'njagina G.V., Filipchuk A.N., Jugov A.N. *Issledovanie vzaimosvyazi tolshhiny lesnoj podstilki i lesotaksacionnyh harakteristik s pomoshh'ju metodov mashinnogo obuchenija*. [Exploring the relationship between forest litter thickness and forest taxation characteristics using machine learning methods]. *Lesohozjajstvennaja informacija*. 2025; № 2: 70-93. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2025.2.05>.
21. Goljadkina I.V., Gorbunova N.S., Sheshnican S.S., Bahtin A.M., Caregorodcev A.V. *Osobennosti formirovanija lesnoj podstilki v uslovijah starovozrastnoj lesnoj polosy Kamenno-Stepnogo opytного lesnichestva*. [Features of plant litter in the conditions of old-age shelterbelt in The Kamennaya Steppe] *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2025; Vol. 15; № 1 (57): С. 6-22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.1/1>
22. Sapozhnikov A.P. *Lesnaja podstilka – nomenklatura, klassifikacija i indeksacija*. [Forest litter – nomenclature, classification and indexing]. *Pochvovedenie*. 1984; № 5: 96-105. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26442409>.
23. Bogatyrev L.G. *O klassifikatsii lesnykh podstilk* [On classification of forest litter]. *Pochvovedenie*. 1990; №3: 119-127. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25886589>.
24. Jashin I.M., Kogut L.P., Prohorov I.S., Vasenev I.I. *Jekologicheskoe sostojanie pochv v uslovijah polevyh i lesoparkovyh jekosistem Moskovskogo megapolisa*. [The ecological state of soils in the conditions of field and forest park ecosystems of the Moscow metropolis]. *Agrohimicheskij vestnik*. 2014; № 2: 17-21. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30685906>.
25. Makeev V.M. Pikulik E.A., Gusel'tsev A.S. *Neotektonicheskie struktury i sovremennaya geodinamika raiona srednego techeniya r. Don (territoriya Novovoronezhskoi AES)* [Neotectonic structures and modern geodynamics of the middle flow region of the Don river (the territory of the Novovoronezh nuclear power plant)] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Geologiya i razvedka* [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]. 2022; № 64 (1): 75-87. (In Russ.). DOI:10.32454/0016-7762-2022-64-1-75-87.
26. Mikhno V.B. *Landshaftnyi aspekt proizrastaniya, differentsiatsii i strukturnoi organizatsii dubrav Srednerusskoi lesostepi* [Landscape Aspects of Growth, Differentiation, and Structural Organization of Oak Forests in the Central Russian Forest-Steppe] *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2014; № 1: 9-17. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21455300>.
27. *Mirovaya referativnaya baza pochvennyh resursov. Mezhdunarodnaya sistema pochvennoj klassifikatsii 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. (In Russ.). URL: <https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317-07235-3>.

28. Khrutskii S.V., Smol'yaninov V.M., Kostsova E.V. *Al'bom geologicheskikh razrezov Tsentral'no-Chernozemnykh oblastei* [Album of Geological Sections of the Central Chernozem Regions]. Voronezh: Publ. Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. 1974; 176. (In Russ.).

29. Shumakov V.S., Fedorova E.L. *Metodicheskie rekomendacii po opredeleniju zapasov lesnoj podstilki i ejo zol'nosti pri lesovodstvennykh issledovaniyakh*. [Methodological recommendations for the determination of forest litter stocks and its ash content in forestry research]. 1979; 38. (In Russ.).

### Сведения об авторах

✉ *Алаева Лилия Алексеевна* – 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/0009-0004-3187-6790>, e-mail: [liliya-250477@yandex.ru](mailto:liliya-250477@yandex.ru).

*Девятлова Татьяна Анатольевна* – доктор биол. наук, профессор, зав. кафедрой экологии и земельных ресурсов, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Университетская пл., 1, г. Воронеж, Российская Федерация, 394018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8722-1126>, e-mail: [devyatova@bio.vsu.ru](mailto:devyatova@bio.vsu.ru).

*Негробова Елена Андреевна* – ассистент, кафедра экологии и земельных ресурсов, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Университетская пл., 1, г. Воронеж, Российская Федерация, 394018, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5304-2186>, e-mail: [elena-negrobova@yandex.ru](mailto:elena-negrobova@yandex.ru).

*Бочаров Павел Павлович* – соискатель кафедры менеджмента и экономики предпринимательства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0416-0668>, e-mail: [pashaboch@gmail.com](mailto:pashaboch@gmail.com).

### Information about the authors

✉ *Liliia A. Alaeva* – PhD of Sci (Biol.), Associate Professor (Docent), Ecology and Land Resources Department, Voronezh State University, Universitetskaya square 1, Voronezh, Russian Federation, 394018, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3187-6790>, e-mail: [liliya-250477@yandex.ru](mailto:liliya-250477@yandex.ru).

*Tatiana A. Deviatova* – Doctor of Sci (Biol.), Full Professor, Head of Ecology and Land Resources Department, Voronezh State University, Universitetskaya square 1, Voronezh, Russian Federation, 394018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8722-1126>, e-mail: [devyatova@bio.vsu.ru](mailto:devyatova@bio.vsu.ru).

*Elena A. Negrobova* – Assistant, Ecology and Land Resources Department, Voronezh State University, Universitetskaya square 1, Voronezh, Russian Federation, 394018, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5304-2186>, e-mail: [elena-negrobova@yandex.ru](mailto:elena-negrobova@yandex.ru).

*Pavel P. Bocharov* – Applicant at the Department of Management and Business Economics, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0416-0668>, e-mail: [pashaboch@gmail.com](mailto:pashaboch@gmail.com).