

Научная статья

УДК 631.4:504.53

EDN OZNSWZ

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.4.10

Влияние покрытия из щепы лиственных пород на органическое вещество почв

Марина Сергеевна Розанова¹

кандидат биологических наук

Геннадий Родионович Васильев²

Сергей Львович Рысин³

кандидат биологических наук

Кирилл Алексеевич Горохов⁴

Татьяна Вадимовна Прокофьева⁵

кандидат биологических наук

Аннотация. Исследовано изменение свойств дерново-подзолистых почв ГБС РАН под влиянием щепы деревьев лиственных пород, используемой для покрытия тропиночной сети. В верхних горизонтах почв обнаружено повышенное содержание органического вещества и лабильных гумусовых веществ, низкая ферментативная активность на начальных этапах после покрытия щепой. По результатам 2-летнего эксперимента и наблюдений в дендрарии ГБС за дорожкой, покрытой щепой из деревьев лиственных пород, можно утверждать, что она оказывает слабое влияние на ферментативную активность и органическое вещество почвы под тропами и в непосредственной близости от них. На периферии покрытых щепой дорожек это воздействие можно охарактеризовать как слабоположительное.

Ключевые слова: щепа лиственных пород, дерново-подзолистые почвы, органическое вещество почв, ферментативная активность.

Для цитирования: Розанова М.С., Васильев Г.Р., Рысин С.Л., Горохов К.А., Прокофьева Т.В. Влияние покрытия из щепы лиственных пород на органическое вещество почв. – Текст: электронный // Лесохозяйственная информация. 2025. № 4. С. 152–160. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.4.10. <https://elibrary.ru/oznswz>.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ), старший преподаватель факультета почвоведения (Москва, Российская Федерация), rozanova_ms@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ), студент 2 курса магистратуры факультета почвоведения (Москва, Российская Федерация), gena_vasilev_02@bk.ru

³ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, заведующий лабораторией дендрологии (Москва, Российская Федерация), ser-rysin@yandex.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, студент 2 курса магистратуры факультета почвоведения (Москва, Российская Федерация), gorki0211@gmail.com

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, доцент факультета почвоведения (Москва, Российская Федерация), tatianaprokofieva@yandex.ru

Original article

EDN OZNSWZ
DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.4.10

The Effect of Deciduous Wood Chips on Soil Organic Matter

Marina S. Rozanova¹

Candidate of Biological Sciences

Gennady R. Vasiliev²

Sergey L. Rysin³

Candidate of Biological Sciences

Kirill A. Gorokhov⁴

Tatiana V. Prokof'eva⁵

Candidate of Biological Sciences

Abstract. The properties of sod-podzolic soils (Albic Retisols) of the MBG RAS under the influence of hardwood chips used to cover the path network have been studied. The low fermentative activity, an increase in the content of organic matter and labile humic substances at the initial stages of the existence of chip coating were found in upper soil horizons. Based on the results of a 2-year experiment and observations of a covered path in the arboretum of the GBS, it can be argued that the coating of hardwood chips has little effect on the enzymatic activity and organic matter of the soil under the paths and in their immediate vicinity. On the periphery of the paths covered with wood chips, this effect can be described as weakly positive.

Key words: hardwood chips, Albic Retisols, soil organic matter, fermentative activity.

For citation: Rozanova M., Vasiliev G., Rysin S., Gorokhov K., Prokof'eva T. The Effect of Deciduous Wood Chips on Soil Organic Matter. – Text : electronic // Forestry Information. 2025. № 4. P. 152–160. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.4.10. <https://elibrary.ru/oznswz>.

¹ Lomonosov Moscow State University (MSU), Senior Lecturer at the Department of Soil Science (Moscow, Russian Federation), rozanova_ms@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University (MSU), 2nd year Master's Student of the Faculty of Soil Science (Moscow, Russian Federation), gena_vasilev_02@bk.ru

³ Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Head of the Dendrology Laboratory (Moscow, Russian Federation), ser-rysin@yandex.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, 2nd year Master's Student of the Faculty of Soil Science (Moscow, Russian Federation), gorki0211@gmail.com

⁵ Lomonosov Moscow State University, Associate Professor, Department of Soil Science (Moscow, Russian Federation), tatianaprokofieva@yandex.ru

Введение

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН), основанный в 1945 г., является крупнейшим ботаническим садом России и входит в перечень особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения. Основная площадь сада – около 330 га, почти половину территории занимают лесные насаждения естественного и искусственного происхождения. Здесь собраны наиболее обширные в России коллекции живых растений, которые насчитывают около 17 тыс. таксонов (2023) [1].

Деятельность ГБС РАН как ООПТ регламентируется Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» № 33-ФЗ [2], что накладывает строгие ограничения на хозяйственное использование территории. В условиях роста антропогенной нагрузки на экосистемы Москвы особую актуальность приобретает разработка методов утилизации древесных отходов, образующихся при санитарных рубках в лесных насаждениях и в процессе ухода за коллекциями. Одним из ключевых методов, применяемых в ГБС РАН, является измельчение древесины в щепу, которая используется для мульчирования почв в питомнике, защиты ценных растений, а также создания покрытия на дорожно-тропиночной сети. Однако влияние такого материала на почвы изучено недостаточно. Отсутствие комплексных исследований, особенно в условиях ООПТ, затрудняет прогнозирование долгосрочных последствий. Проведённая в ГБС РАН работа направлена на устранение этого пробела. Результаты исследования позволят оптимизировать применение древесной щепы в рамках природоохранного режима, обеспечить сохранение плодородия почв и повысить эффективность восстановительных мероприятий для редких видов растений. Это соответствует стратегическим задачам ботанического сада как научного учреждения, сочетающего фундаментальные исследования с практикой охраны биоразнообразия.

В научной литературе описываются как положительные, так и отрицательные последствия

воздействия щепы на свойства почв. К ним относятся: снижение уплотнения почвы, регулирование температуры почвы, подавление роста сорняков и улучшение микробиологической активности, увеличение популяции бактерий. Покрытие почвы щепой может привести как к повышению, так и к снижению содержания азота в почве, способно изменять её кислотность. Исследования разных авторов свидетельствуют о том, что используемые для мульчирования органические материалы, такие как древесная щепа и кора, являются источником питательных веществ для растений [3–6]. Кроме того, мульчирование щепой оказывает комплексное воздействие на почву, и оно неоднозначно [7]. В то же время исследований и данных по влиянию покрытия из щепы на свойства и состав органического вещества почвы очень мало. Это создаёт существенные пробелы в понимании долгосрочных последствий применения этого метода утилизации древесных отходов, что требует проведения дополнительных научных исследований.

Цель исследований – проанализировать влияние покрытия из щепы древесных пород на свойства почв и, в частности, на органическое вещество почв.

Объекты и методы исследования

На территории Главного Ботанического сада РАН в 2022 г. был проведён модельный эксперимент по оценке влияния покрытия из щепы древесных пород на свойства почв и, в частности, на органическое вещество почв. Почва (фоновая, она же использована как контроль в эксперименте) – дерново-подзолистая контактно-глееватая глубокоподзолистая старопахотная легко- и тяжелосуглинистая на моренных суглинках [8]. Опытные площадки в количестве 5 шт. были заложены на опушке небольшой вырубки площадью 0,6 га, которая образовалась в год проведения исследования при реконструкции деградирующего насаждения в южной части дубравы.

На площадках 1–4 ($2,5 \times 0,8$ м) была выложена щепа слоем 10 см. Для засыпки использовали

смесь несортированной разноразмерной щепы, полученной при измельчении древесины исключительно лиственных пород, удалённых в ходе санитарных рубок насаждений на территории ГБС РАН. В составе смеси преобладала щепа лещины, рябины, черёмухи, берёзы и клёна остролистного; также присутствовало небольшое количество щепы дуба. Площадка 5 служит контролем (без щепы). При этом на площадках 1 и 3 была смоделирована полугодовая рекреационная нагрузка, т. е. путём многократных проходов имитировалось умеренное антропогенное воздействие, характерное для зон с периодическим пешеходным трафиком: локальное уплотнение материала и возможное частичное перемешивание верхнего слоя щепы с почвой. На площадках 2 и 4 рекреационного воздействия не проводилось и исследовалось воздействие на почву только щепы лиственных пород. Пробы почвы для анализа отбирали из верхних гумусовых горизонтов AY (0–8(10) см) и AYра (8(10)–18 см). Эти горизонты содержат наибольшее количество органического вещества и характеризуются максимальной биологической активностью.

Помимо опытных площадок, для оценки влияния покрытия дорожек щепой лиственных пород на почвы по обе стороны от троп была использована трансекта, проложенная в естественных природных условиях от середины тропы с многолетним покрытием щепой до территории без щепы.

По трансекте из верхних горизонтов AY и AYра отобраны образцы почв в трёх точках: центр (середина) тропы (непосредственно под щепой), на расстоянии 80 см от центра тропы (переходная зона от покрытой щепой к не покрытой почве) и 2 м от центра (почва без щепы, контроль). На расстоянии 2 м от тропы фрагменты щепы в почве и на её поверхности отсутствуют, поэтому полученные данные для варианта эксперимента с тропой в естественных условиях сравнивали с данными в этой точке.

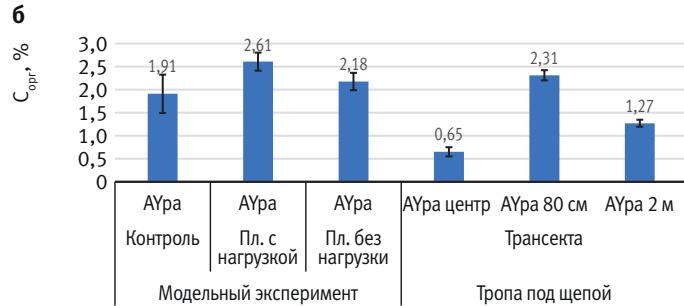
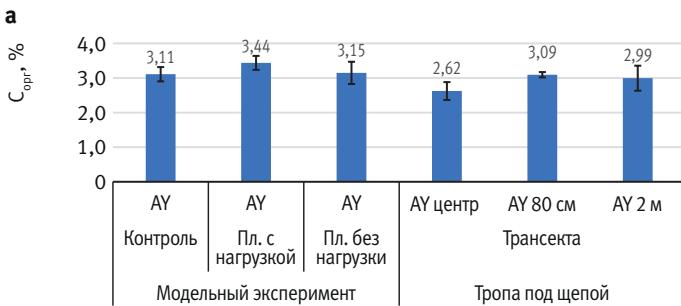
Для исследований применяли традиционные методы. Содержание углерода органических соединений ($C_{опр}$) установлено титриметрически по методу Тюрина [9]), углерод водорастворимых

органических соединений ($C_{воб}$) определён в последовательных вытяжках: а) методом холодной экстракции (30 мин при 20 °C) – первая вытяжка; б) далее 16-часовая экстракция водой при 60 °C – вторая вытяжка [10]. Каталазная активность установлена газометрическим методом по количеству кислорода, выделившегося при взаимодействии H_2O_2 с почвой, содержание дегидрогеназы – по количеству образовавшегося формазана, а инвертазы (β -фруктофуранозидазы) – на основе учёта восстанавливющих сахаров по Бертрану [10]. Лабильные гумусовые вещества ($C_{лгв}$) определены в 0,1 н щелочной вытяжке без предварительного компостирования, в свежих пробах [11].

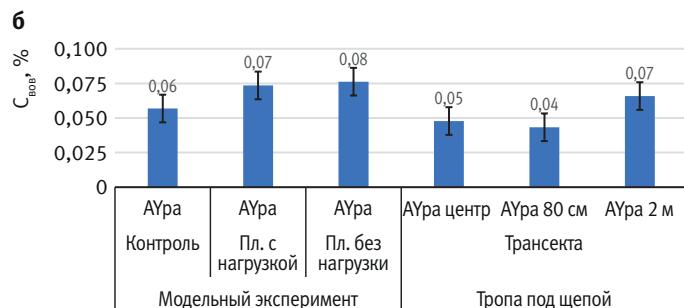
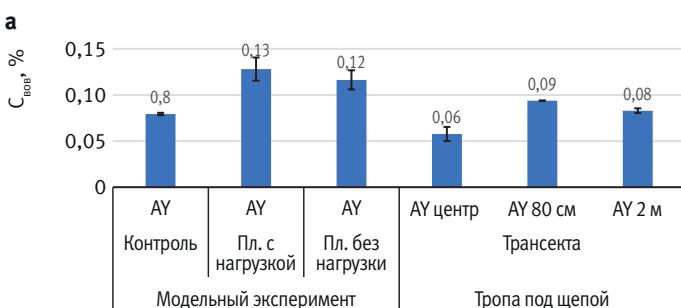
Результаты и обсуждение

Исследование органического вещества гумусовых горизонтов показало, что за первые 2 года модельного эксперимента значимого увеличения содержания углерода органических соединений ($C_{опр}$) в обоих горизонтах не произошло, тенденция к его накоплению только намечается. В почве под тропой можно говорить о значимой разнице между содержанием $C_{опр}$ в центре и по краям тропы в горизонте AY, где содержание $C_{опр}$ увеличивается (рис. 1а). В нижележащем горизонте AYра эта тенденция проявляется ярче: содержание $C_{опр}$ резко снижается в центре тропы, а по её краям, где меньше вытаптываемость, отмечается большее содержание углерода (рис. 1б), что свидетельствует о перераспределении органических веществ в почве под щепой при постоянной антропогенной нагрузке.

На опытных площадках содержание $C_{воб}$ в верхнем горизонте выше, чем в контроле. Различий в содержании $C_{воб}$ в верхнем горизонте почвы модельных площадок с нагрузкой и без неё нет. В реальных условиях (тропа под щепой) почва в центре тропы обеднена $C_{воб}$, по краям тропы почва богаче $C_{воб}$ (рис. 2а). С глубиной содержание $C_{воб}$ снижается (рис. 2б). Полученные данные согласуются с ранее опубликованными сведениями о разложении порубочных остатков и коры после



**Рис. 1. СОДЕРЖАНИЕ C_{опт} В ГОРИЗОНТАХ АY (а) И АYpa (б)
(планками отмечен доверительный интервал, каждый вариант представлен 6-ю повторностями)**



**Рис. 2. СОДЕРЖАНИЕ C_{вов} В ГОРИЗОНТАХ АY (а) И АYpa (б)
(планками отмечен доверительный интервал, каждый вариант представлен 6-ю повторностями)**

сплошных рубок в южно- и среднетаежных лесах и увеличении содержания водорастворимых органических веществ в почвах [13–15]. Тенденция к увеличению содержания C_{опт} в почве связана

с повышенной скоростью разложения, свойственной древесным остаткам лиственных пород, в древесине которых, в отличие от хвойных, отсутствуют смолистые вещества [15].

В модельном эксперименте отмечено увеличение по сравнению с контролем как общего содержания углерода лабильных гумусовых веществ (ЛГВ), так и фракции лабильных гуминовых кислот (ЛГК). В центре тропы содержание углерода ЛГВ ниже, чем по её краям, где оно возрастает и достигает контрольных значений (рис. 3).

Изменение содержания C_{лгк} в почве в модельном эксперименте и в почве под тропой характеризуется такой же тенденцией. Максимальное значение этот показатель имеет при небольшой нагрузке, т. е. на опытных площадках и по краям тропы (80 см). Это говорит о том, что органические вещества, поступающие при трансформации щепы в почве, обогащают последнюю углеродом лабильных гуминовых кислот. В контроле во

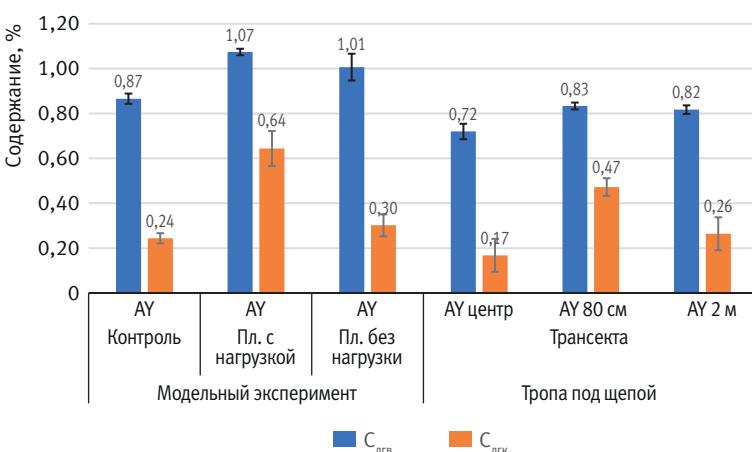


Рис. 3. СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ (C_{лгв}) И УГЛЕРОДА ЛАБИЛЬНЫХ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ (C_{лгк}) В ВЕРХНЕМ ГУМУСОВОМ ГОРИЗОНТЕ ПОЧВЫ (планками отмечен доверительный интервал, каждый вариант представлен 6-ю повторностями)

всех случаях так же, как и в центре тропы, содержание С_{лгк} минимально.

Была исследована ферментативная активность верхних горизонтов почв по каталазе, инвертазе и дегидрогеназе. По литературным данным, ферментативная активность значительно выше в естественных почвах, чем в почвах, на которые оказывается антропогенное воздействие [16]. Полученные нами результаты согласуются с литературными сведениями. В модельном эксперименте каталазная активность в горизонте АY под площадкой с щепой без рекреационной нагрузки несколько выше по сравнению с контролем и площадками с нагрузкой (таблица). В естественных условиях также отмечено увеличение каталазной активности в центре тропы по сравнению с её краями и периферией, но в обоих случаях речь идет только о намечающейся тенденции. Нижние горизонты (AYра) по степени обогащения каталазой относятся к очень бедным, дегидрогеназная активность не выявлена.

Исследование гумусовых горизонтов почв показало отсутствие различий в активности инвертазы как в вариантах модельного эксперимента, так и в почве под щепой на тропе (рис. 4).

Согласно [17], обогащённость всех вариантов исследованных гумусовых горизонтов инвертазой – средняя, покрытие щепой не повлияло на инвертазную активность почв.

Заключение

По итогам 2-летнего эксперимента и наблюдений в дендрарии ГБС за покрытой щепой лиственных пород дорожкой можно утверждать, что щепа оказывает слабое влияние на ферментативную активность и органическое вещество почвы под тропами и в непосредственной близости от них. На периферии покрытых щепой дорожек это воздействие можно характеризовать как слабоположительное.

❖ Обнаружена тенденция к увеличению содержания С_{опр} в вариантах модельного эксперимента с рекреационной нагрузкой, что может быть связано с увеличением скорости потери массы щепой за счёт не только минерализации, но и возможной гумификации. В модельном эксперименте в горизонте АY содержание С_{опр} выше, чем в контроле, вероятно, за счет втаптывания щепы в почву.

ОЦЕНКА ПОЧВ ПОД ТРОПАМИ ПО СТЕПЕНИ ОБОГАЩЕНИЯ КАТАЛАЗОЙ

Горизонт	Модельные площадки			Трансекта		
	Контроль	С нагрузкой	Без нагрузки	Центр тропы	80 см от центра тропы	2 м от тропы
AY	Очень бедная	Очень бедная	Бедная	Бедная	Очень бедная	Очень бедная
AYра	Очень бедная	Очень бедная	Очень бедная	Очень бедная	Очень бедная	Очень бедная

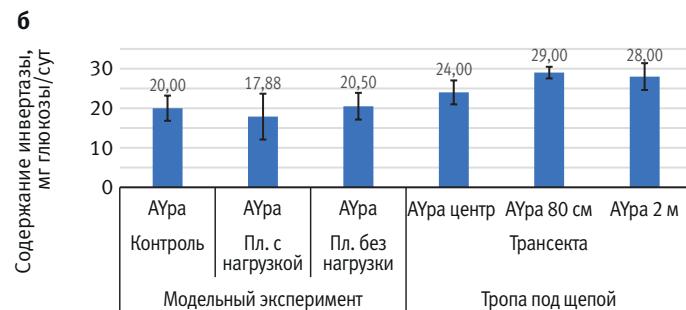
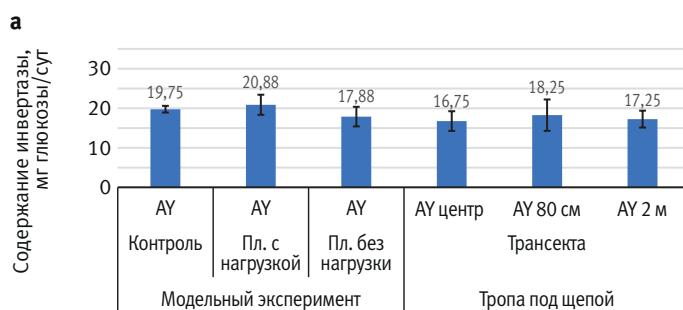


Рис. 4. Содержание инвертазы в горизонтах АY (а) и АYра (б)

- ❖ Почва в середине тропы под щепой обеднена $C_{\text{боб}}$ по сравнению с почвой по краям тропы и фоновой почвой, которая более богата $C_{\text{боб}}$.
- ❖ К окончанию 2-го года модельного эксперимента в почве отмечено увеличение содержания как углерода лабильных гумусовых веществ в целом ($C_{\text{лгв}}$), так и лабильных гуминовых кислот ($C_{\text{лгк}}$), по сравнению с контролем. В почве под тропой с многолетним покрытием щепой в реальных условиях распределение $C_{\text{лгв}}$ в поверхностных горизонтах (AY) неравномерно: в середине тропы, где рекреационная нагрузка максимальна, почва обедняется углеродом лабильных гумусовых веществ, ближе к краю тропы его становится больше.
- ❖ Покрытие почвы щепой не повлияло на инвертазную активность, все исследованные горизонты характеризуются средней обогащённостью инвертазой. Горизонты AY и A'Yра очень бедны каталазой. В реальных условиях в центре тропы отмечается более высокая каталазная активность по сравнению с почвой по краям тропы и на периферии, однако можно говорить только о намечающейся тенденции. Дегидрогеназная активность в исследованных почвенных горизонтах не выявлена.

*Работа частично выполнена в рамках
государственного задания ГБС РАН по теме № 122042700002-6*

Список источников

1. Большая Российская энциклопедия. Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/glavnyi-botanicheskii-sad-imeni-n-v-tsitsina-ran-07bb7d/>
2. Об особо охраняемых природных территориях. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ.
3. Response of Eucalyptus to organic manure mulch and fertilizer sources of nitrogen and phosphorus / S.B. Singh, K. Pramod, K.G. Prasad, P. Kumar // Van Vigyan. – 1991. – Vol. 29. – № 4. – P. 200–207.
4. Pickering, J.S. Evaluation of organic landscape mulches: composition and nutrient release characteristics / J.S. Pickering & A. Shepherd // Arboricultural Journal. – 2000. – № 4(2–3). – P. 175–187. DOI:10.1080/03071375.2000.9747271.
5. Mulch application improves survival but not growth of *Acacia ampliceps* Maslin, *Acacia nilotica* L. and *Conocarpus lancifolius* L. on a saline site in southern Pakistan. – Текст : электронный / R. Ansari, N.E. Marcar, A.N. Khanzada, M.U. Shirazi, D.F. Crawford // International Forestry Review. – 2001. 3: P. 158–163. – Режим доступа: <http://www.jstor.org/stable/42609371>.
6. Downer, J. The effects of mulching on establishment of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Becc., *Washingtonia robusta* H. Wendl. and *Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl. and Drude in the landscape. – Текст : электронный / J. Downer, D. Hodel // Scientia Horticulturae. – 2001. – 87. – P. 85–92. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00171-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00171-0) .
7. Влияние покрытия из древесной щепы на почвы тропической сети ГБС РАН / Т.В. Прокофьева, М.С. Розанова, К.А. Горохов [и др.] // Актуальные проблемы урболосоведения. – Москва : ГБС РАН, 2024. – С. 189–193. DOI: 10.35102/cbg.2024.22.38.039.
8. Классификация и диагностика почв России / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Рос. акад. с.-х. наук, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Докучаев. о-во почвоведов ; [Л.Л. Шишов и др.]. – Смоленск : Ойкумена, 2004 (ГУП Смол. обл. тип. им. В.И. Смирнова). – 341 с.
9. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. – Москва : ГЕОС, 2006. – 400 с.
10. Ghani, A. Hot-water extractable carbon in soils; a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation / A. Ghani, M. Dexter, K.W. Perrot // Soil Biology and Biochemistry. – 2003. – 35(9): 1231–1243. DOI:10.1016/S0038-0717(03)00186-X.
11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – Москва : изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
12. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном оккультуривании почв. – Москва : Почв. ин-т, 1984. – 96 с.
13. Dymov, A.A. Soils of Cuttings and Secondary Forests / A.A. Dymov // Eurasian Soil Science. – 2023. – Vol. 56. – Suppl. 1. – P. S46–S83. DOI:10.1134/S1064229323700205.
14. Активность выделения CO₂, азотфиксации и денитрификации при разложении крупных древесных остатков ели обыкновенной в южной тайге. – Текст: электронный / И.В. Евдокимов, Н.В. Костина, С.С. Быховец, А.В. Кураков // Почвоведение. – 2023. – № 3. – С. 370–379. DOI: 10.31857/S0032180X22600949. – Режим доступа: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600949>.
15. Разложение коры в составе порубочных остатков после сплошных рубок в среднетаежных лесах. – Текст : электронный / Е.А. Капица, Е.В. Шорохова, И.В. Ромашкин, Н.А. Галибина, К.М. Никерова, И.А. Казарцев // Лесоведение. – 2019. – № 1. – С. 38–48. DOI: 10.1134/S0024114819010066. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1134/S0024114819010066>
16. Сравнительная оценка состояния городских почв по их биологической активности / Т.А. Трифонова, О.Н. Сахно, О.Н. Забелина, И.Д. Феоктистова // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2014. – № 3. – С. 23–27.
17. Звягинцев, Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–54.

References

1. Bol'shaya Rossijskaya enciklopediya. Glavnij botanicheskij sad imeni N.V. Cicina RAN. – [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://bigenc.ru/c/glavniy-botanicheskii-sad-imeni-n-v-tsitsina-ran-07bb7d/>
2. Ob osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah. Federal'nyj zakon ot 14.03.1995 № 33-FZ.
3. Response of Eucalyptus to organic manure mulch and fertilizer sources of nitrogen and phosphorus / S.B. Singh, K. Pramod, K.G. Prasad, P. Kumar // Van Vigyan. – 1991. – Vol. 29. – № 4. – P. 200–207.
4. Pickering, J.S. Evaluation of organic landscape mulches: composition and nutrient release characteristics / J.S. Pickering & A. Shepherd // Arboricultural Journal. – 2000. – № 4(2–3). – P. 175–187. DOI:10.1080/03071375.200.9747271.
5. Mulch application improves survival but not growth of *Acacia ampliceps* Maslin, *Acacia nilotica* L. and *Conocarpus lancifolius* L. on a saline site in southern Pakistan. – Tekst : elektronnyj / R. Ansari, N.E. Marcar, A.N. Khanzada, M.U. Shirazi, D.F. Crawford // International Forestry Review. – 2001. 3: P. 158–163. – Rezhim dostupa: <http://www.jstor.org/stable/42609371>.
6. Downer, J. The effects of mulching on establishment of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Becc., *Washingtonia robusta* H. Wendl. and *Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl. and Drude in the landscape. – Tekst : elektronnyj / J. Downer, D. Hodel // Scientia Horticulturae. – 2001. – 87. – P. 85–92. – Rezhim dostupa: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00171-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00171-0).
7. Vliyanie pokrytiya iz drevesnoj shchepy na pochvy tropinochnoj seti GBS RAN / T.V. Prokof'eva, M.S. Rozanova, K.A. Gorohov [i dr.] // Aktual'nye problemy urbolesovedeniya. – Moskva : GBS RAN, 2024. – S. 189–193. DOI: 10.35102/cbg.2024.22.38.039.
8. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii / Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva Ros. akad. s.-h. nauk, Mosk. gos. un-t im. M.V. Lomonosova, Dokuchaev. o-vo pochvovedov ; [L.L. Shishov i dr.]. – Smolensk : Ojkumena, 2004 (GUP Smol. obl. tip. im. V.I. Smirnova). – 341 s.
9. Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv / pod red. L.A. Vorob'evoj. – Moskva : GEOS, 2006. – 400 c.
10. Ghani, A. Hot-water extractable carbon in soils; a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation / A. Ghani, M. Dexter, K.W. Perrot // Soil Biology and Biochemistry. – 2003. – 35(9): 1231–1243. DOI:10.1016/S0038-0717(03)00186-X.
11. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / pod red. D.G. Zvyaginceva. – Moskva : izd-vo MGU, 1991. – 304 s.
12. Rekomendacii dlya issledovaniya balansa i transformacii organicheskogo veshchestva pri sel'skohozyajstvennom ispol'zovanii i intensivnom okul'turivanii pochv. – Moskva : Pochv. in-t, 1984. – 96 s.
13. Dymov, A.A. Soils of Cuttings and Secondary Forests / A.A. Dymov // Eurasian Soil Science. – 2023. – Vol. 56. – Suppl. 1. – R. S46–S83. DOI:10.1134/S1064229323700205.
14. Aktivnost' vydeleniya SO₂, azotfiksacii i denitrifikacii pri razlozenii krupnyh drevesnyh ostatkov eli obyknovennoj v yuzhnoj tajge. – Tekst: elektronnyj / I.V. Evdokimov, N.V. Kostina, S.S. Byhovec, A.V. Kurakov // Pochvovedenie. – 2023. – № 3. – S. 370–379. DOI: 10.31857/S0032180X22600949. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600949>.
15. Razlozhenie kory v sostave porubochnyh ostatkov posle sploshnyh rubok v srednetaezhnyh lesah. – Tekst : elektronnyj / E.A. Kapica, E.V. Shorohova, I.V. Romashkin, N.A. Galibina, K.M. Nikerova, I.A. Kazarcev // Lesovedenie. – 2019. – № 1. – S. 38–48. DOI: 10.1134/S0024114819010066. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1134/S0024114819010066>
16. Sravnitel'naya ocenka sostoyaniya gorodskikh pochv po ih biologicheskoy aktivnosti / T.A. Trifonova, O.N. Sahno, O.N. Zabelina, I.D. Feoktistova // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie. – 2014. – № 3. – S. 23–27.
17. Zvyagincev, D.G. Biologicheskaya aktivnost' pochvi shkaly dlya ocenki nekotoryh ee pokazatelej / D.G. Zvyagincev // Pochvovedenie. – 1978. – № 6. – C. 48–54.