

DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.2.3>

UDC 631.4

LBC 40.3

METHODS FOR DETERMINING THE DECOMPOSITION RATE OF ORGANIC MATTER IN SOIL (A REVIEW)

Dariya A. Samus

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. This article analyses methods for determining the rate of organic matter (OM) decomposition in soils. The review found that the rate of decomposition varies depending on both environmental factors (temperature and humidity) and soil composition and properties (acidity, nitrogen and potassium content). We have divided the methods for determining the rate of OM decomposition into laboratory, chemical-analytical and field methods. The incubation experiment method (CO respiration) falls under the laboratory category. The most popular chemical-analytical method is the determination of enzyme activity (cellulase, peroxidase, β -glucosidase, phenoloxidase). Among the field methods, historical approaches (linen cloths) and the classic "Litter bags" method are described. It is shown that the most promising and standardised generally accepted method is the Tea Bag Index, based on burying green tea and rooibos in the soil for 90 days to calculate the rates of organic matter decomposition. The study demonstrates that the use of a suitable method for determining decomposition rates is a fundamental prerequisite for the reliability of carbon balance estimates and for understanding the global patterns of CO emissions from soils.

Key words: soil, organic matter, decomposition rate, Tea Bag Index, review.

Citation. Samus D.A. Methods for Determining the Decomposition Rate of Organic Matter in Soil (A Review). *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2026, vol. 16, no. 2, pp. 23-29. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.2.3>

УДК 631.4

ББК 40.3

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

Дария Алексеевна Самусь

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена анализу методов определения скорости разложения органического вещества (ОВ) в почвах. В рамках обзора установлено, что скорость разложения изменяется в зависимости, как от факторов окружающей среды (температура и влажность), так и от состава и свойств почв (кислотность, содержание азота и калия). Методы определения скорости разложения ОВ разделены нами на лабораторные, химико-аналитические и полевые. К лабораторным относится метод инкубационного эксперимента (CO_2 -респирация). Самым популярным химико-аналитическим способом является определение активности ферментов (целлюлаза, пероксидаза, β -глюкозидаза, фенолоксидаза). В ряду полевых методов охарактеризованы исторические подходы (тканевые льняные полотна) и классический метод «Litter bags». Показано, что наиболее перспективным и стандартизированным общепринятым методом является Tea Bag Index, основанный на закладке в почву на 90 дней зеленого чая и ройбуша для расчета темпов разложения органического вещества. Работа демонстрирует, что использование подходящего метода определения скорости разложения является фундаментальным условием достоверности оценок углеродного баланса и понимания глобальных закономерностей эмиссии CO из почв.

Ключевые слова: почва, органическое вещество, скорость разложения, Tea Bag Index, обзор.

Цитирование. Самусь Д. А. Обзор методов определения скорости разложения органического вещества почв // Природные системы и ресурсы. – 2026. – Т. 16, № 2. – С. 23–29. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.2.3>

Ведение

Один из важнейших процессов, протекающих на Земле это разложение органического вещества. Благодаря нему элементы минерального питания становятся доступны растениям и микроорганизмам для роста и процессов метаболизма. В результате разложения живых остатков выделяется углекислый газ (CO_2) в атмосферу. Быстрое разложение приводит к повышению содержания этого показателя в атмосфере, а медленное – к увеличению запасов углерода в почвах. Таким образом, зная скорость разложения органического вещества можно понимать процесс и глобальные закономерности эмиссии углекислого газа из почвы. Однако, скорость разложения очень сильно варьирует по всему миру. В условиях холодных температур этот процесс идет медленнее нежели, чем в теплых. Кроме того, такие почвенные свойства как влажность, кислотность или содержание питательных элементов могут дополнительно влиять на скорость разложения [7–14; 21; 24; 25]. Так, например, в результате проведенных исследований 2017 г. в Сиднее было обнаружено, что значение скорости разложения, стабилизация углерода может повлиять на секвестрационный потенциал. Это значение увеличивалось от влажных тропических лесов до гуминовых почв до торфяников. Высокие показатели в сочетании с низкими показателями калия способствовали низкой скорости разложения и накоплению углерода в долгосрочной перспективе [17]. На скорость разложения также оказывает влияние загрязнение почв радионуклидами. Так, на Украине исследования проводились в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. Исследованиям установлено, что синтез нового стабильного органического вещества не зависел от уровня радиации. В то же время интенсивность разложения растительных остатков была наименьшей в точке с наименьшим уровнем радиационного загрязнения [15]. В холодных условиях на скорость разложения в большей степени влияло содержание азота в почвах. Это доказано в исследованиях в Швеции [22]. В нашей стране подобные исследования проведены группой ученых, целью которых было изучение разложения органического вещества в шести природных зонах вдоль широтного градиента протяженностью 3000 км [23]. Точность данных исследований

этого сложного процесса напрямую зависит от метода определения скорости разложения органического вещества.

Целью работы является анализ применяемых в настоящее время и ранее способов определения скорости разложения органического вещества.

Материал и методы

При написании работы авторы использовали методы, применяемые к литературным анализам научных и научно-популярных публикаций, статей в журналах и сборниках конференций, а также методических указаниях.

Результаты и обсуждение

Лабораторные методы. К лабораторным относится метод инкубационного эксперимента (CO_2 -респирация). Это самый распространенный подход. Суть его состоит в том, что почву инкубируют при контролируемых условиях (температура, влажность) и измеряют скорость выделения CO_2 [19]. Также часто используют метод измерения динамики микробной биомассы: субстрат-индуцированной респирации (SIR) и фумигации-экстракции (CFE) Суть первого метода заключается в измерении начальной скорости выделения CO_2 , индуцированного внесением доступного органического субстрата (например, глюкозы), и пересчет эту скорость на содержание микробного углерода [16]. Метод фумигации-экстракции (CFE, FE) – биохимический метод измерения динамики микробной биомассы (углерода, азота, фосфора и серы) в почве. С помощью метода возможно оценить микробную биомассу как разницу концентраций элементов в фумигированном и исходном образцах. Для этого почвы обрабатывают парами фумиганта (хлороформом), что приводит к лизису микробных клеток, что, в свою очередь, способствует высвобождению элементов биомассы, которые можно экстрагировать солевым раствором (0,5 М K_2SO_4 , можно также использовать 2,0 М KCl) [18].

Химико-аналитические методы. Самым популярным способом является определение активности ферментов (целлюлаза, пероксидаза, β -глюкозидаза, фенолоксидаза). В работах мно-

гих исследователей установлено, что активность этих ферментов напрямую коррелирует со скоростью разложения. Суть метода заключается в измерении скорости ферментативной реакции и дальнейшая оценка по накоплению конечных продуктов или по убыли субстрата. Также популярными являются изотопные и спектроскопические методы. Так, используя естественные изотопы $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ можно проследить сдвиг изотопных сигнатур по мере разложения, что позволит оценивать темпы минерализации и степень гумификации. Методы ЯМР, FTIR, Пиролиз-GC не предназначены для определения скорости разложения органического вещества, но могут использоваться для анализа структуры, состава и продуктов разложения органических материалов [27].

Описанные выше лабораторные методы сложны в использовании, а также достаточно

дорогостоящие, поэтому возможно применение ряда полевых методов, по которым качественно и количественно можно судить о степени разложения.

Полевые методы. В середине 1940-х гг. исследователи закапывали льняные полотна (рис. 1), чтобы выяснить, насколько они устойчивы к грибному разложению. Лен на 80 % состоит из целлюлозы, соответственно, степень его разрушения отражает активность микроорганизмов, перерабатывающих растительный материал [3–5; 20].

Один из самых известных методов (Litter bags) основан на том, что мешочки с известной массой растительных остатков помещают в почву, а затем регулярно извлекают и определяют остаточную массу (рис. 2). По динамике изменения веса можно судить



Рис. 1. Процесс установки льняного полотна в почву на глубину [20]



Рис. 2. Мешочки с растительными остатками [10]

о скорости разложения органического вещества [1; 2; 6; 26].

В настоящее время в академической и гражданской науке используется Tea Bag Index (TBI). Это Стандартизированный международный метод. В почву на глубину 8 см вносят два типа чая (зеленый – быстро разлагаемый и ройбуш – устойчивый). Через 90 дней по изменению массы рассчитывают темпы разложения и стабилизации органического вещества.

Таким образом, были рассмотрены лабораторные, химико-аналитические и полевые методы. Лабораторные требуют больших денежных затрат, а также сложны в реализации, однако позволяют контролировать ход эксперимента. Полевые методы проще в исполнении, однако, часть из них устарела (метод льняных полотен и мешочков). Единственным полевым методом, применяющимся в настоящее время на практике, остается стандартизированный метод Tea Bag Index. С помощью него возможно определение количественной и качественной оценки скорости разложения органического вещества.

Заключение

Таким образом, проанализировав различные лабораторные и полевые методы определения скорости разложения органического вещества можно сделать вывод, что индекс чайных пакетиков (Tea Bag Index) имеет ряд преимуществ, которые и обеспечили широкое распространение метода в том числе и в гражданской науке. Метод отличается своей простотой (закопать чайный пакетик, достать из почвы, высушить и взвесить), опыт не требует сложного лабораторного оборудования и специальных навыков. Информативность метода помогает сразу выявить разницу в скорости разложения органики путем охвата многих показателей. В отличие от обычного замера потери массы, TBI позволяет рассчитать скорость разложения и фактор стабилизации, который отражает долю трудноразлагаемого материала, остающегося в почве. Одним из ключевых преимуществ является также дешевизна данного метода, что позволяет осуществлять исследования в этой области как ученым, так и работникам сферы гражданской науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водолазко, А. Н. Плодородие каштановых и светло-каштановых почв сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / А. Н. Водолазко, Д. А. Ясинский, Е. А. Иванцова // Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – с. Соленое Займище, 2015. – С. 147–150.
2. Водолазко, А. Н. Эколого-токсикологическая характеристика почв сухостепной зоны Волгоградской области / А. Н. Водолазко, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2015. – С. 141–147.
3. Востров, И. С. Определение биологической активности почвы различными методами / И. С. Востров, А. Н. Петрова // Микробиология. – 1961. – Т. 30, вып. 4. – С. 665–672.
4. Иванцова, Е. А. Аридные экосистемы в условиях техногенного прессинга / Е. А. Иванцова, В. В. Новачадов, Н. В. Онистратенко // Академический вестник ELPIT. – 2018. – Т. 3, № 4 (6). – С. 22–28.
5. Иванцова, Е. А. Защита почв от эрозии и воспроизводство плодородия почвенного покрова в Нижневолжском регионе / Е. А. Иванцова // Современные тенденции развития аграрного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище, 2016. – С. 356–359.
6. Иванцова, Е. А. Качество почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. Н. Водолазко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 150–157.
7. Иванцова, Е. А. Ландшафтно-экологическая оптимизация землепользования в агроландшафтах степной зоны / Е. А. Иванцова // Инновации и интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2015. – С. 525–527.
8. Иванцова, Е. А. Мероприятия по повышению плодородия светло-каштановых почв Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. А. Данилов, В. В. Нестеров // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2019. – С. 252–256.

9. Иванцова, Е. А. Оптимизация фитосанитарного состояния агробиоценозов Нижнего Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.11, 03.00.16 / Иванцова Елена Анатольевна. – Саратов, 2009. – 453 с.
10. Иванцова, Е. А. Противозерозионные мероприятия и воспроизводство плодородия почвенного покрова в Нижневолжском регионе / Е. А. Иванцова // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2016. – № 67. – С. 161–164.
11. Особенности возделывания подсолнечника на черноземных почвах Волгоградской области / Н. Ю. Петров, Е. А. Иванцова, С. Я. Семененко, Н. Н. Пинашкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 4 (24). – С. 37–43.
12. Снижение негативного воздействия на агроценозы путем управления примыкающими природно-антропогенными системами / Е. А. Иванцова, Н. В. Онистратенко, А. В. Холоденко, А. А. Тихонова, В. В. Новочадов // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3, Экономика. Экология. – 2017. – Т. 19, № 4(41). – С. 138–146. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2017.4.15>
13. Экобиотехнологии оптимизации аридных фитоценозов юго-востока европейской части России / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов, А. С. Рулев, М. В. Постнова. – Волгоград, 2019. – 76 с.
14. Ясинский, Д. А. Агроэкологический мониторинг каштановых и светло-каштановых почв сухостепной зоны Волгоградской области / Д. А. Ясинский, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2015. – С. 218–224.
15. A new tea bag index method in the study of ionizing radiation effect on the transformation of plant residues by microorganisms / I. V. Volkohov [et. al.] // Agricultural Microbiology. – 2023. – № 37. – P. 34–47.
16. Anderson, J. P. E. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / J. P. E. Anderson, K. H. Domsch // Soil Biology & Biochemistry. – 1978. – Vol. 10. – P. 215–221.
17. Boosting soil citizen-science using Tea Bag Index method towards soil security in Australia / V. Pino [et. al.] // Soil Security. – 2021. – № 5. – P. 100016.
18. Brookes, P. C. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil / P. C. Brookes, D. S. Powlson, D. S. Jenkinson // Soil Biology & Biochemistry. – 1982. – Vol. 14. – P. 319–329.
19. CO₂-C evolution rate in an incubation study with straw input to soil managed by different tillage systems / X. Li [et al.] // RSC Advances. – 2018. – № 8(23). – P. 12588–12596.
20. Cotton strip assay: An index of decomposition in soils / A. F. Harrison, P. M. Latter, D. W. H. Walton. – Institute of Terrestrial Ecology. – Cumbria : ITE, 1988. – 176 p.
21. Ecological aspects phytosanitary optimization of arid agrobiocenoses of the south of Russia / E.A. Ivantsova, V.V. Novochadov, N.V. Onistratenko, N.V. Postnova // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2017. – Т. 23, № 5. – P. 834–842.
22. Evaluating the Tea Bag Index approach for different management practices in agroecosystems using long-term field experiments in Austria and Sweden / M. R. Gmach [et. al.] // Copernicus GmbH. – 2023 [preprint]. – DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1229>
23. Extension of the soil monitoring network via tea bag initiatives: A 3000 km latitudinal gradient in European Russia / K Ivashchenko [et. al.] // Science of The Total Environment. – 2024. – 927. – P. 171881. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171881>
24. Heavy metals in suburban ecosystems of industrial centres and ways of their reduction / N.B. Onistratenko, E.A. Ivantsova, A.A. Denysov, D.A. Solodovnicov // Ekologia (Bratislava). – 2016. – Vol. 35, № 3. – P. 205–212.
25. Influence of ecological and anthropogenic factors on soil transformation in recreational areas of Volgograd / O. Gordienko, R. Balkushkin, A. Kholodenko, E. Ivantsova // Catena. – 2022. – Т. 28. – P. 105773
26. Mjöefors, K.. Input and turnover of forest tree litter in the Forsmark and Oskarshamn areas / K. Mjöefors. – Stockholm : SKB, 2007. – 62 p.
27. Shiau, Y. J. ¹³C NMR spectroscopy characterization of particle-size fractionated soil organic carbon in subalpine forest and grassland ecosystems / Y. J. Shiau, J. S. Chen, T. L. Chung // Bot Stud. – 2017. – № 58. – P. 1–7.

REFERENCES

1. Vodolazko A.N., Yasinskiy D.A., Ivantsova E.A. Plodorodie kashtanovyh i svetlo-kashtanovyh pochv suhostepnoy pochvennoy zony Volgogradskoy oblasti [Fertility of Chestnut and Light Chestnut Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Aktualnye voprosy razvitiya agrarnoy nauki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh: materialy IV Mejdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh* [Current Issues in the Development of Agricultural Science in Modern Economic Conditions. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. Solenoe Zajmishche, 2015, pp. 147-150.

2. Vodolazko A.N., Ivantsova E.A. Ecologo-toksikologicheskaya harakteristika pochv suhostepnoy zony Volgogradskoy oblasti [Ecological and Toxicological Characteristics of Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Ecologicheskaya bezopasnost i ohrana okruzhayushchey sredy v regionah Rossii: teoriya i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in Russian Regions: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, Izd-vo VolGU, 2015, pp. 141-147.
3. Vostrov I.S., Petrova A.N. Opredelenie biologicheskoy aktivnosti pochvy razlichnymi metodami [Determination of Biological Activity of Soil by Various Methods]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 1961, vol. 30, iss. 4, pp. 665-672.
4. Ivantsova E.A., Novochadov V.V., Onistratenko N.V. Aridnie ekosistemy v usloviyah tehnogennoy pressinga [Arid Ecosystems under Technogenic Pressure]. *Akademicheskij vestnik ELPIT*, 2018, vol. 3, no. 4 (6), pp. 22-28.
5. Ivantsova E.A. Zashchita pochv ot erozii i vosproizvodstvo plodorodiya pochvennogo pokrova v Nijnevoljskom regione [Soil Protection from Erosion and Soil Fertility Restoration in the Lower Volga Region]. *Sovremennye tendencii razvitiya agrarnogo kompleksa: materialy Mejdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern Trends in the Development of the Agricultural Complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Solenoe Zajmishche, 2016, pp. 356-359.
6. Ivantsova E.A., Vodolazko A.N. Kachestvo pochv zemel selskohozyaystvennogo naznacheniya suhostepnoy pochvennoy zony Volgogradskoy oblasti [Soil Quality of Agricultural Lands in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2018, no. 2 (50), pp. 150-157.
7. Ivantsova E.A. Landshaftno-ecologicheskaya optimizaciya zemlepolzovaniya v agrolandshaftah stepnoy zony [Landscape and Ecological Optimization of Land Use in Agro-Landscapes of the Steppe Zone]. *Innovacii i intensivizatsii proizvodstva i pererabotki selskohozyaystvennoy produkcii: materialy Mejdunar. nauch.-prakt. konf.* [Innovations and Intensification of Agricultural Production and Processing. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 525-527.
8. Ivantsova E.A., Danilov A.A., Nesterov V.V. Meropriyatiya po povysheniyu plodorodiya svetlo-kashtanovykh pochv Volgogradskoy oblasti [Measures to Improve the Fertility of Light Chestnut Soils in the Volgograd Region]. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: priroda, hozyaystvo, obshchestvo: materialy V Mejdunar. nauch.-prakt. konf.* [Anthropogenic Transformation of Geospace: Nature, Economy, and Society. Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference]. Volgograd, Izd-vo VolGU, 2019, pp. 252-256.
9. Ivantsova E.A. *Optimizaciya fitosanitarnogo sostoyaniya agrobiocenozov Nijnego Povolzhya: dis. ... d-ra s.-kh. nauk* [Optimization of the Phytosanitary State of the Lower Volga Region Agrobiocenoses. Dr. Agriculture sci. diss]. Saratov, 2009. 453 p.
10. Ivantsova E.A. Protivoerozionnyye meropriyatija i vosproizvodstvo plodorodiya pochvennogo pokrova v Nizhnevolzhskom regione [Erosion Control Measures and Reproduction of Soil Fertility Cover in the Lower Volga Region]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchogo centra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology, Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2016, no. 67, pp. 161-164.
11. Petrov N.Ju., Ivantsova E.A., Semenenko S.Ya., Pinashkin N.N. Osobennosti vozdeystviya podsolnechnika na chernozemnykh pochvah Volgogradskoy oblasti [Features of Sunflower Cultivation on Black Earth Soils in the Volgograd Region]. *Izvestiya Nijnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2011, no. 4 (24), pp. 37-43.
12. Ivantsova E.A., Onistratenko N.V., Holodenko A.V., Tihonova A.A., Novochadov V.V. Snizhenie negativnogo vozdeystviya na agrocenozy putem upravleniya primykayushchimi prirodno-antropogennymi sistemami [Reducing the Negative Impact on Agrocenoses by Managing Adjacent Natural and Anthropogenic Systems]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 3. Ekonomika. Ekologiya* [Bulletin of Volgograd State University. Episode 3: Economics. Ecology], 2017, vol. 19, no. 4 (41), pp. 138-146. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2017.4.15>
13. Ivantsova E.A., Novochadov V.V., Rulev A.S., Postnova M.V. *Ecobiotehnologii optimizatsii aridnykh fitocenozov jugo-vostoka evropeyskoy chasti Rossii* [Ecobiotechnology Optimization of Arid Phytocenoses in the South-East of the European Part of Russia]. Volgograd, 2019. 76 p.
14. Yasinskiy D.A., Ivantsova E.A. Agroecologicheskij monitoring kashtanovykh i svetlo-kashtanovykh pochv suhostepnoy zony Volgogradskoy oblasti [Agroecological Monitoring of Chestnut and Light Chestnut Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Ecologicheskaya bezopasnost i ohrana okruzhayushchey sredy v regionah*

Rossii: teoriya i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. [Environmental Safety and Environmental Protection in Russian Regions: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 218-224.

15. Volkohon I.V., Illienko V.V., Lazarev M.M., Klepko A.V., Hudkov I.M. A New Tea Bag Index Method in the Study of Ionizing Radiation Effect on the Transformation of Plant Residues by Microorganisms. *Agricultural Microbiology*, 2023, no. 37, pp. 34-47.

16. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A Physiological Method for the Quantitative Measurement of Microbial Biomass in Soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 1978, vol. 10, pp. 215-221.

17. Pino V., McBratney A., O'Brien E., Ng W. Boosting Soil Citizen-Science Using Tea Bag Index Method Towards Soil Security in Australia. *Soil Security*, 2021, no. 5, p. 100016.

18. Brookes P.C., Powlson D.S., Jenkinson D.S. Measurement of Microbial Biomass Phosphorus in Soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 1982, vol. 14, pp. 319-329.

19. Li X.S., Han H.F., Ning T.Y., Lal R. CO₂-C Evolution Rate in an Incubation Study With Straw Input to Soil Managed by Different Tillage Systems. *RSC Advances*, 2018, no. 8 (23), pp. 12588-12596.

20. Harrison A.F., Latter P.M., Walton D.W.H. Cotton Strip Assay: An Index of Decomposition in Soils. *Institute of Terrestrial Ecology*. Cumbria, ITE, 1988. 176 p.

21. Ivantsova E.A., Novochadov V.V., Onistratenko N.V., Postnova N.V. Ecological Aspects Phitosanitary Optimization of Arid Agrobiocenoses of the South of Russia. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2017, vol. 23, no. 5, pp. 834-842.

22. Gmach M.R., Bolinder M.A., Menichetti L., Kätterer T., Spiegel H., Ekesson O., Friedel J.K., Surböck A., Schweinzer A., Sandén T. Evaluating the Tea Bag Index Approach for Different Mmanagement Practices in Agroecosystems Using Long-Term Field Experiments in Austria and Sweden. *Copernicus GmbH*, 2023 preprint. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1229>.

23. Ivashchenko K., Gavrichkova O., Korneykova M., Vasenev V., Salnik N., Saltan N., Sarzhanov D., Babenko E., Urabova S., Slukovskaya M., Zavodskikh M., Gorbov S., Petro, D., Dolgikh A., Yu S., Vasileva M., Skripnikov P., Ryzhkov O., Nikerova K., Kuzyakov Y. Extension of the Soil Monitoring Network Via Tea Bag Initiatives: A 3000 km Latitudinal Gradient in European Russia. *Science of the Total Environment*, 2024, no. 927, p. 171881. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171881>

24. Onistratenko N.B., Ivantsova E.A., Denysov A.A., Solodovnicov D.A. Heavy Metals in Suburban Ecosystems of Industrial Centres and Ways of Their Reduction. *Ekologia (Bratislava)*, 2016, vol. 35, no. 3, pp. 205-212.

25. Gordienko O., Balkushkin R., Kholodenko A., Ivantsova E. Influence of Ecological and Anthropogenic Factors on Soil Transformation in Recreational Areas of Volgograd. *Catena*, 2022, vol. 28, p. 105773.

26. Mjöefors K. *Input and Turnover of Forest Tree Litter in the Forsmark and Oskarshamn Areas*. Stockholm, SKB, 2007. 62 p.

27. Shiao Y.J., Chen J.S., Chung T.L. ¹³C NMR Spectroscopy Characterization of Particle-Size Fractionated Soil Organic Carbon in Subalpine Forest and Grassland Ecosystems. *Bot Stud*, 2017, no. 58, pp. 1-7.

Information About the Author

Dariya A. Samus, Student, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, darinakotik@yandex.ru

Информация об авторе

Дария Алексеевна Самусь, студент, кафедра экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, darinakotik@yandex.ru