Трансформация экосистем
Ecosystem Transformation

ISSN 2619-0931 Online
www.ecosysttrans.com

DOI: https://doi.org/10.23859/estr-240819
EDN: https://elibrary.ru/vxxone
УДК 574.9:592

Научная статья

Разнообразие сообществ дождевых червей в Европейской России: полевые данные и модельные оценки

Н.В. Иванова[1]*, М.П. Шашков[1], С.А. Ермолов[1, 2]

[1] *Институт математических проблем биологии РАН – филиал ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 142290, Россия, Московская область, г. Пущино, ул. проф. Виткевича, д. 1*

[2] *Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32, стр. 14*

**natalya.dryomys@gmail.com*

Аннотация. В работе представлены результаты сравнения глобальной пространственной модели разнообразия сообществ дождевых червей, опубликованной H.R.P. Phillips et al. в 2019 г., с доступными для Европейской России полевыми данными. Материалы полевых исследований (271 сбор) взяты из ранее обобщенного нами массива литературных данных. На их основе показано, что всего в регионе учтено 25 видов дождевых червей, в сборах отмечено от 1 до 9 видов. Среди биотопов разных типов наибольшее число видов зафиксировано в широколиственных лесах (в среднем 5 ± 2 видов) и на урбанизированных территориях (5 ± 2 видов), наименьшее – в лиственничных лесах (2 ± 0 вида). Максимальная численность дождевых червей отмечена в широколиственных лесах (217 ±168 экз./м^2), минимальная – в лиственничных лесах (5 ± 0 экз./м^2). Полученные показатели значительно превышают модельные оценки. Согласно последним, среднее значение видового богатства в точках проведения полевых исследований составляет 1 ± 1 вид, численности – 2 ± 1 экз./м^2. Расхождения вызваны недостаточным объемом исходных данных для моделирования, что, в свою очередь, обусловлено строгими критериями их отбора.

Ключевые слова: биоразнообразие, пространственная модель, оцифровка данных, GBIF

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00112, https://rscf.ru/project/23-24-00112/

ORCID:
Н.В. Иванова, https://orcid.org/0000-0003-4199-5924
М.П. Шашков, https://orcid.org/0000-0002-1328-8758
С.А. Ермолов, https://orcid.org/0000-0002-0634-7641

Для цитирования: Иванова, Н.В. и др., 2025. Разнообразие сообществ дождевых червей в Европейской России: полевые данные и модельные оценки. *Трансформация экосистем* **8** (4), 120–137. https://doi.org/10.23859/estr-240819

Поступила в редакцию: 019.08.2024
Принята к печати: 21.11.2024
Опубликована онлайн: 05.12.2025

DOI: https://doi.org/10.23859/estr-240819
EDN: https://elibrary.ru/vxxone
UDC 574.9:592

Article

Diversity of earthworm communities in the European part of Russia: field data and model estimations

N.V. Ivanova[1]*, M.P. Shashkov[1], S.A. Ermolov[1, 2]

[1] *Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – the Branch of Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Professor Vitkevich St. 1, Pushchino, Moscow Oblast, 142290 Russia*

[2] *Centre for Forest Ecology and Productivity, Russian Academy of Sciences, Profsoyuznaya St. 84/32 bldg. 14, Moscow, 117997 Russia*

**natalya.dryomys@gmail.com*

Abstract. The predictions of the global earthworm community diversity spatial model, published by H.R.P. Phillips et al. (2019), and field data for earthworm surveys available for the European part of Russia were compared. We analyzed early literature dataset comprised 271 surveys. According to the literature data, 25 earthworm species are reported in the European part of Russia, total of 1 to 9 species were recorded per survey. The greatest species richness was recorded in the broad-leaved forests (on average, 5 ± 2 species) and in the urbanized areas (5 ± 2 species), the lowest (2 ± 0 species) was in larch forests. The highest earthworm population density was observed in broad-leaved forests (217 ± 168 ind./m^2), the lowest (5 ± 0 ind./m^2), in larch forests. The field assesments considerably exceeded the modelling results. According to the model, species richness calculated for the sampling sites was 1 ± 1 species on average, population density, 2 ± 1 ind./m^2. These discrepancies were due to an insufficient volume of input data for modelling; the latter, in turn, was due to strict criteria for data selection.

Keywords: biodiversity, spatial model, data digitization, GBIF

Funding. The research was funded by the Russian Science Foundation (grant no. 23-24-00112, https://rscf.ru/en/project/23-24-00112/).

ORCID:
N.V. Ivanova, https://orcid.org/0000-0003-4199-5924
M.P. Shashkov, https://orcid.org/0000-0002-1328-8758
S.A. Ermolov, https://orcid.org/0000-0002-0634-7641

To cite this article: Ivanova, N.V. et al., 2025. Diversity of earthworm communities in the European part of Russia: field data and model estimations. *Ecosystem Transformation* **8** (4), 120–137. https://doi.org/10.23859/estr-240819

Received: 19.08.2024
Accepted: 21.11.2024
Published online: 05.12.2025

Введение

В большой части наземных биотопов умеренного пояса наиболее обильной по биомассе группой почвенных беспозвоночных являются дождевые черви – представители отрядов Crassiclitellata, Moniligastrida и Opisthopora, наиболее распространены черви семейства Lumbricidae (Opisthopora) (Edwards and Bohlen, 1996; Lee, 1985). Однако, несмотря на высокую значимость этой группы организмов в экосистемных процессах (Blouin et al., 2013; Bouché, 2014; Eisenhauer et al., 2007; Eisenhauer, 2010; Frouz et al., 2011; Lavelle et al., 1997, Ponge et al., 2014), данные о распространении дождевых червей и структуре их сообществ в глобальном масштабе до сих пор фрагментарны (Cameron, 2018; Phillips et al., 2019, 2021; Rutgers et al., 2016). Заполнение существующих пробелов осложняется трудоемкостью и локальностью полевых сборов (Гиляров, 1975; Coja et al., 2008; Eisenhauer et al., 2008; Hackenberger et al., 2017). Другая проблема заключается в ограниченной доступности уже имеющейся информации. Значительная часть данных содержится в т.н. «серой» литературе: отчетах по техническим и исследовательским проектам, диссертациях, журналах и сборниках материалов конференций, изданных ограниченным тиражом и недоступных через сеть Интернет и др.

Перспективным направлением для решения этой проблемы является модельный подход. Математические модели позволяют на основе известных данных о распространении отдельных видов или составе сообществ в определенных точках пространства и характеристиках среды в них предсказать вероятность присутствия того или иного вида, а также состав и структуру сообществ там, где полевых исследований не проводили (Guisan and Thuiller, 2005; Phillips et al., 2006). Существующие модели распространения сообществ дождевых червей единичны. Для стран Западной Европы построены модели обилия и видового богатства с учетом различных характеристик окружающей среды (Rutgers et al., 2016). Единственная известная нам модель, включающая территорию России, предсказывает видовую насыщенность, численность и биомассу сообществ дождевых червей в глобальном масштабе (Phillips et al., 2019). Однако эти модельные прогнозы получили неоднозначный отклик научного сообщества (James et al., 2021). Поэтому большой интерес представляет сравнение модельных оценок разнообразия сообществ дождевых червей Phillips et al. (2019) с результатами полевых сборов. До недавнего времени такие сравнения для территории России были невозможны, поскольку данные о составе и структуре сообществ этой группы организмов оставались разрозненными. Ранее нашим коллективом были обобщены и оцифрованы сведения о распространении дождевых червей и их населении на основе публикаций отечественных исследователей (Shashkov et al., 2023, 2024).

Цель представленной работы – сравнение модельных оценок разнообразия сообществ дождевых червей для европейской части России с обобщенными литературными данными.

Материалы и методы

Массив данных о распространении дождевых червей собран нами по материалам 159 публикаций отечественных исследователей. Он включает 5304 записи о находках дождевых червей 110 видов на территории 27 стран. Основная часть собранной информации относится к территории России. Собранные данные доступны через глобальный портал о биоразнообразии GBIF (Shashkov et al., 2023). Методика поиска, обработки и стандартизации данных изложена в работе M.P. Shashkov et al. (2024). Таксономия дождевых червей приводится согласно актуальному фаунистическому списку G.G. Brown et al. (2023) с сохранением оригинальных названий из публикаций. Данные включают как сведения об отдельных находках, так и о сборах. Под сбором мы понимаем информацию о видовом составе и обилии сообществ дождевых червей в определенной географической точке, полученную стандартным методом разбора почвенных проб (Гиляров, 1975).

Для анализа использована часть собранного массива данных, которая охватывает Европейскую Россию (без островов, эксклавов и гор Кавказа). Выбор этой территории обусловлен тем, что практически все исходные данные из России в модели Phillips et al. (2019) происходят из ее европейской части; кроме того, в собранном нами массиве литературных данных информация для этой территории наиболее репрезентативна. Число сборов дождевых червей для района исследований составило 271, число записей – 1051. (Рис. 1**A**).

В ходе анализа данных было оценено общее число видов в Европейской России. Затем указанные авторами сведения о типах местообитаний, в которых проведены исследования, были приведены в соответствие с классификацией, использованной Phillips et al. (2019). Для 14 записей информация о местообитаниях отсутствовала. Перечень типов местообитаний и литературных источников, включающих соответствующие сборы, приведен в Табл. 1. После этого проанализирована встречаемость и численность видов разных морфо-экологических групп (Гераськина, 2020; Перель, 1979) в целом и по типам местообитаний. В последнем случае расчеты проводили для типов, которые были представлены 10 и более сборами.

Исходные данные о сборах, использованных для построения модели, получены через портал iDiv (Phillips et al., 2020). Их число для Европейской России составило 171 (Рис. 1**B**). Растровые слои с оценками обилия сообществ, построенные на основе пространственной интерполяции регрессионной модели Phillips et al. (2019), предоставлены авторами по нашему запросу. Пространственное разрешение слоев составляет ~1 км/пиксель, данные представлены в географической системе координат WGS 84.

Сравнение литературных данных с модельными оценками проводили на основе показателей видовой насыщенности (число видов в сборе) и численности (экз./м^2); последняя была указана для 180 сборов из 271. Оценки биомассы нами не рассматривались, поскольку в большей части публикаций они не приведены, хотя были спрогнозированы в модели Phillips et al. (2019). Для каждого типа местообитаний рассчитывали среднее число видов (± SD), а также общую численность (± SD) дождевых червей в сборе. Затем сравнивали полученные показатели разнообразия сообществ с модельными оценками в тех же географических точках. Информацию из растровых слоев получали с использованием пакета *terra* в среде R. Форму распределения данных визуализировали при помощи «скрипичных» диаграмм (пакет *ggplot2*). В силу очевидности выявленных различий их статистическую значимость не оценивали.

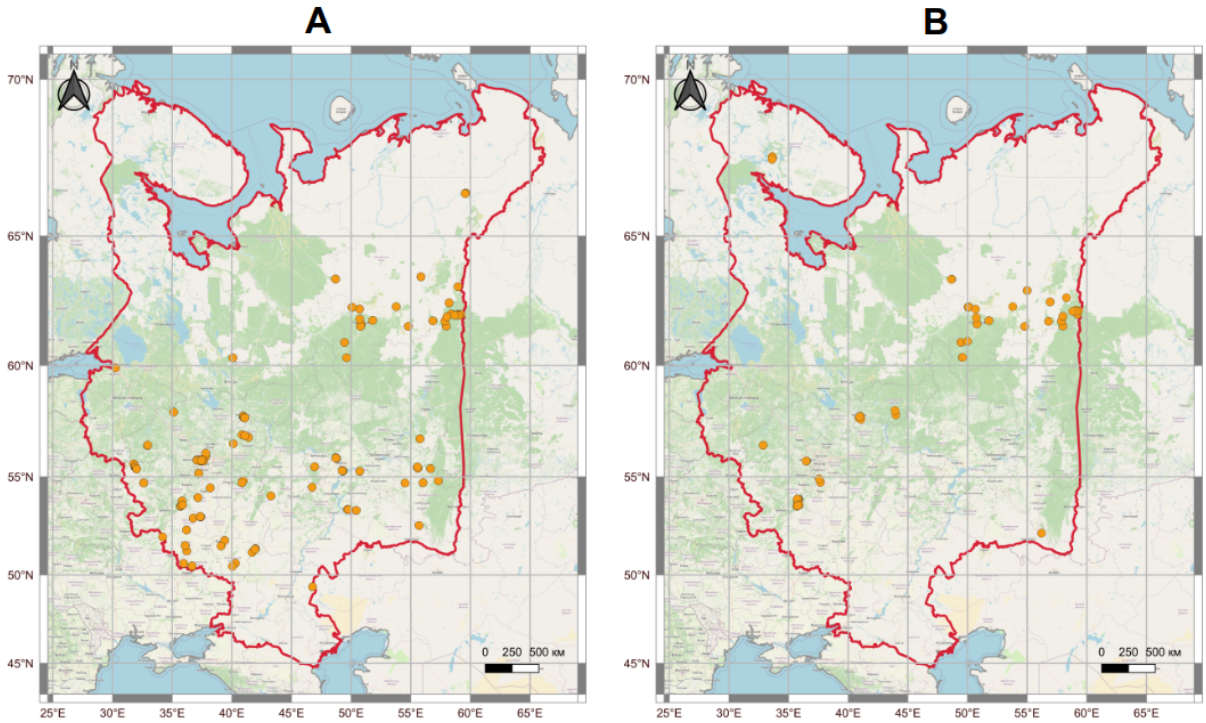

Рис. 1. A – места сборов дождевых червей по литературным данным (Shashkov et al., 2023b), **B** – исходные данные для европейской части России из работы Phillips et al. (2020).

Табл. 1. Источники данных о сборах дождевых червей в разных типах местообитаний по классификации из работы Phillips et al. (2019). * – в указанной работе не приводится.

Тип местообитаний	Источники
Вечнозеленые хвойные леса	Акулова и др., 2017; Валиахмедов и Гарипов, 2019; Гаврилов, 1950; Гераськина и Ермолов, 2022; Гордиенко и др., 2016; Грюнталь, 2010; Иванова и др., 2018; Лычковская, 2019; Перель, 1958; Соколов, 1956
Листопадные хвойные леса (лиственничники)*	Гаврилов, 1950; Гераськина, 2016; Соколов, 1956
Смешанные мелколиственные и хвойно-мелколиственные леса	Акулова и др., 2017; Балуев, 1950; Гаврилов, 1950; Гаврилов и Перель, 1958; Гераськина и Ермолов, 2022; Иванова и др., 2018; Кутовая и др., 2014; Лычковская, 2019; Перель, 1958; Перель, 1979; Приземин, 2012; Соколова, 2006; Соколова, 2013; Чегодаева, 2019; Шарова, 1970
Гемибореальные хвойно-широколиственные леса	Гераськина и Ермолов, 2022; Перель, 1979
Широколиственные леса	Валиахмедов и Гарипов, 2019; Всеволодова-Перель и др., 1997; Гаврилов, 1950; Гордиенко и др., 2016; Пенев и др., 1994; Перель, 1958; Перель и Соколов, 1964; Перель, 1979; Соколов, 1956; Шарова, 1970
Лесные культуры	Всеволодова-Перель и др., 1997, Всеволодова-Перель и др., 2000; Творонович и Красников, 2019
Луговые местообитания с участием кустарников и (или) единичными деревьями	Акулова и др., 2017; Лычковская, 2019; Приземин, 2012
Луговые местообитания	Акулова и др., 2017; Валиахмедов и Гарипов, 2019; Гаврилов и Перель, 1958; Гераськина, 2016; Иванова и др., 2018; Лычковская, 2019; Матвеева, 1970; Перель, 1979; Приземин, 2012; Творнович и Красников, 2019; Чегодаева, 2019;
Агроценозы	Акулова и др., 2017; Балуев, 1950; Валиахмедов и Гарипов, 2019; Гераськина, 2009; Кутовая и др., 2014; Малевич, 1955; Матвеева, 1970; Соколова, 2006; Чегодаева, 2019
Урбанизированные территории	Кутовая и др., 2014; Лычковская, 2019; Преображенская, 2015

Результаты и обсуждение

Оценка видового разнообразия дождевых червей по литературным данным показала, что в Европейской России встречается 24 вида и 2 подпида: *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826), *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Aporrectodea icterica* (Savigny, 1826), *Aporrectodea longa* (Ude, 1885), *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826), *Aporrectodea trapezoides* (Dugés, 1828), *Bimastos rubidus* (Savigny, 1826), *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826), *Dendrobaena tellermanica* Perel, 1966, *Eisenia atlavinyteae* Perel & Graphodatsky, 1984, *Eisenia balatonica* (Pop, 1943), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), *Eisenia intermedia* (Michaelsen, 1901), *Eisenia nordenskioldi* (Eisen, 1879), *Eisenia uralensis* Malevič, 1950, *Eiseniella tetraedra tetraedra* (Savigny, 1826), *Eiseniella tetraedra hercynia* (Eisen, 1874), *Lumbricus baicalensis* Michaelsen, 1900, *Lumbricus castaneus* (Savigny, 1826), *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843, *Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758, *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884), *Octolasion lacteum* (Örley, 1881), *Perelia tuberosa* (Svetlov, 1924), *Riphaeodrilus diplotetratheca* (Perel, 1967).

Чаще всего в сборах были отмечены следующие виды: подстилочные *Dendrobaena octaedra* (51.7% сборов), *Bimastos rubidus* (19.2%) и *Lumbricus castaneus* (12.5%), почвенно-подстилочные *Lumbricus rubellus* (53.1%) и *Eisenia nordenskioldi* (32.0%), собственно почвенные *Aporrectodea rosea* (45.4%), *Aporrectodea caliginosa* (37.6%) и *Octolasion lacteum* (35.8%), норный *Lumbricus terrestris* (19.9%). Дождевые черви других видов встречались редко и обнаружены менее чем в 10% проанализированных сборов.

Во всех типах лесных местообитаний наиболее высокая встречаемость показана для *Dendrobaena octaedra.* Этот вид был отмечен в 58.3% сборов из вечнозеленых хвойных лесов, 55.4% из смешанных, 70.0% из гемибореальных и 75.5% из широколиственных. В вечнозеленых хвойных лесах помимо этого вида часто встречались *Lumbricus rubellus* (55.0%) и *Eisenia nordenskioldi* (33.3%); в смешанных лесах – *Aporrectodea rosea* (35.7%) и *Aporrectodea caliginosa* (30.4%), а также *Eisenia nordenskioldi* (32.1%); в широколиственных лесах – *Aporrectodea rosea* (63.3%), *Aporrectodea caliginosa* (59.2%), *Eisenia nordenskioldi* (44.9%) и *Octolasion lacteum* (57.1%). Согласно имеющимся данным о численности видов разных морфо-экологических групп, в вечнозеленых хвойных лесах чаще всего доминировали почвенно-подстилочные, реже – собственно почвенные или подстилочные виды, норные черви не были учтены. В сборах из смешанных лесов выявлена высокая вариация в соотношении подстилочных, подстилочно-почвенных и собственно почвенных видов, единично отмечены норные. В широколиственных лесах, как правило, преобладали черви собственно почвенной морфо-экологической группы, в половине сборов учтены норные виды.

В луговых местообитаниях чаще всего встречались *Lumbricus rubellus* (68.6%) и *Aporrectodea rosea* (60%), в агроценозах – *Aporrectodea rosea* (81.3%), *Lumbricus rubellus* (78.1%) и *Aporrectodea caliginosa* (71.9). Среди видов разных морфо-экологических групп по численности в луговых местообитаниях доминировали собственно почвенные или подстилочно-почвенные виды, норных видов не отмечено. В агроценозах также чаще всего преобладали собственно почвенные виды. В отличие от луговых местообитаний, почти в трети сборов из агроценозов встречены норные виды.

Полученные результаты в целом согласуются с имеющимися представлениями о распространении и ценотической приуроченности дождевых червей (Перель, 1979). В то же время для количественного анализа видового и структурного разнообразия их сообществ в разных типах местообитаний требуется больше данных, в том числе подробных описаний почв и фитоценозов.

В анализируемом массиве литературных данных в сборах было учтено от 1 до 9 видов. Среди разных типов местообитаний наиболее богатыми по числу видов были широколиственные леса и урбанизированные территории, наиболее бедными – лиственничные леса (Табл. 2). Во всех типах местообитаний показано высокое варьирование видовой насыщенности. Это объясняется тем, что сообщества внутри каждого типа были неоднородны по составу, возрасту, характеру и давности предшествующих антропогенных воздействий и другим характеристикам. Наибольшая численность дождевых червей отмечена в широколиственных лесах, на урбанизированных территориях и в агроценозах. Минимальные значения численности зафиксированы в лиственничных и вечнозеленых хвойных лесах (Табл. 3). Более высокое обилие и разнообразие дождевых червей в широколиственных лесах по сравнению со смешанными и хвойными – ожидаемый результат. Большое количество легкоразлагаемого опада широколиственных деревьев и кустарников и близкий к нейтральному pH подстилки создают подходящие условия для обитания дождевых червей. В хвойных и смешанных лесах присутствует трудноразлагаемый опад хвойных деревьев и бореальных кустарничков, среда подстилки более кислая, что негативно влияет на дождевых червей (Гераськина, 2020). Высокое обилие в агроценозах, по всей видимости, связано с бла-

Табл. 2. Видовое богатство сообществ дождевых червей в разных типах местообитаний по литературным данным.

Тип местообитаний	Число сборов	Среднее число видов ± SD	Диапазон числа видов
Вечнозеленые хвойные леса	60	3 ± 3	1–6
Листопадные хвойные леса (лиственничники)	2	2 ± 0	2
Смешанные мелколиственные и хвойно-мелколиственные леса	56	3 ± 2	1–8
Гемибореальные хвойно-широколиственные леса	10	3 ± 1	1–6
Широколиственные леса	49	5 ± 2	3–8
Лесные культуры	7	4 ± 1	3–6
Луговые местообитания с участием кустарников и (или) единичными деревьями	3	3 ± 2	2–5
Луговые местообитания	35	3 ± 2	1–7
Агроценозы	32	4 ± 2	1–9
Урбанизированные территории	3	5 ± 2	3–7

гоприятными почвенными условиями в этом типе местообитаний. Сведения о высоком обилии и разнообразии изучаемой группы в антропогенных местообитаниях, на наш взгляд, являются спорными. В анализируемых литературных данных к этому типу относились только 3 сбора, которые, очевидно, не охватывают все разнообразие городских территорий, в том числе непригодных для обитания дождевых червей. В целом использование этого типа местообитаний при моделировании является дискуссионным вопросом в силу большой гетерогенности.

На качественном уровне полученные из литературы значения видового разнообразия и обилия дождевых червей не противоречат модельным оценкам Phillips et al. (2019), согласно которым в широколиственных лесах прогнозируются более богатые по числу видов и обилию сообщества, а в хвойных – более бедные.

Результаты сравнения показателей разнообразия в точках проведения полевых сборов (литературные данные) с модельными оценками показали существенные расхождения (Рис. 2). Согласно литературным данным, в сборах встречено в среднем 4 ± 2 вида дождевых червей, в то время как предсказанное моделью значение составляет 1 ± 1 вид. Средняя численность дождевых червей в сборах из Европейской России по литературным данным составляет 77 ± 121 экз./м^2, а по модельным оценкам в тех же географических точках – 2 ± 1 экз./м^2.

На всей территории Европейской России, согласно модели Phillips et al. (2019), видовое разнообразие дождевых червей варьирует от 0 до 6 видов, численность – от 0 до 5 экз./м^2 (Рис. 3). В то же время по литературным данным максимальная видовая насыщенность составила 9 видов, максимальная численность – 720 экз./м^2 (Табл. 2, 3).

Таким образом, оценки, полученные нами по литературным данным, значительно выше предсказанных моделью. Этот результат может быть объяснен особенностями исходных данных для моделирования. Для построения модели Phillips et al. (2019) использовано 176 сборов из европейской части России, 115 из которых были приурочены к таежной зоне республики Коми (Рис. 1**В**). Для этой территории в силу климатических особенностей характерно низкое разнообразие сообществ дождевых червей (Крылова и др., 2011). Сборы из других частей и природных зон Европейской России (например, из широколиственных лесов Калужской области) были представлены мало и локально. По всей видимости, низкая репрезентативность данных стала причиной недооценки разнообразия сообществ дождевых червей в модели на всей рассматриваемой

Табл. 3. Обилие сообществ дождевых червей в разных типах местообитаний по литературным данным.

Тип местообитаний	Число сборов	Средняя численность ± SD, экз./м^2	Диапазон значений численности, экз./м^2
Вечнозеленые хвойные леса	52	20 ± 33	2–200
Листопадные хвойные леса (лиственничники)	2	5 ± 0	–
Смешанные мелколиственные и хвойно-мелколиственные леса	40	34 ± 56	1–258
Гемибореальные хвойно-широколиственные леса	1	20	–
Широколиственные леса	30	217 ± 168	27–678
Лесные культуры	0	–	–
Луговые местообитания с участием кустарников и (или) единичными деревьями	2	32 ± 36	6–58
Луговые местообитания	27	63 ± 87	2–390
Агроценозы	25	108 ± 141	4–720
Урбанизированные территории	1	132	–

территории. В собранном нами массиве литературных данных помимо сборов в таежной зоне представлены исследования гемибореальных и широколиственных лесов, лесостепей и степей, а также полупустынной зоны (Джаныбекский стационар Института лесоведения РАН, Волгоградская обл., эксперимент по интродукции дуба).

В то же время в собранных нами литературных данных также имеются пробелы. Не обнаружено никаких сведений о распространении дождевых червей в Псковской и Новгородской областях, а также в Удмуртии. Единичные и не всегда геолоцируемые сведения приводятся для Республики Карелия (Рыбалов и Камаев, 2011), Ивановской (Балуев, 1950), Вологодской (Гаврилов и Перель, 1958; Перель, 1979), Кировской (Устинов, 1962) и таежной части Архангельской (Перель, 1979) областей. Сборы И.В. Зенковой из Мурманской области, приведенные Phillips et al. (2020), не учтены в наших данных из-за отсутствия доступных публикаций на русском языке (артефакт методики сбора публикаций). Таким образом, для получения более полной картины распространения дождевых червей в Европейской России требуются дополнительные полевые исследования.

Для территории Западной Сибири исходные данные для моделирования Phillips et al. (2019) представлены единичными сборами. Мы предполагаем, что это также могло стать причиной недооценки разнообразия сообществ дождевых червей в восточной части рассматриваемой нами территории. Известно, что горы Среднего Урала являются одним из центров разнообразия дождевых червей (Перель, 1979). В изученных нами литературных источниках сведения о сообществах дождевых червей для этого района фрагментарны. Тем не менее, через глобальный портал GBIF доступны первичные данные многолетнего мониторинга сообществ дождевых червей в различных типах местообитаний Среднего Урала (Vorobeichik et al., 2021). Включение этих данных в модель, вероятно, могло бы улучшить качество прогнозов.

Необходимо отметить, что в процессе отбора исходных данных для моделирования Phillips et al. (2019) следовали определенным критериям качества и полноты данных. Для модельных экспериментов были использованы только результаты исследований, в которых материал собирали по стандартной схеме отбора почвенных проб, указывали географические координаты мест сбо-

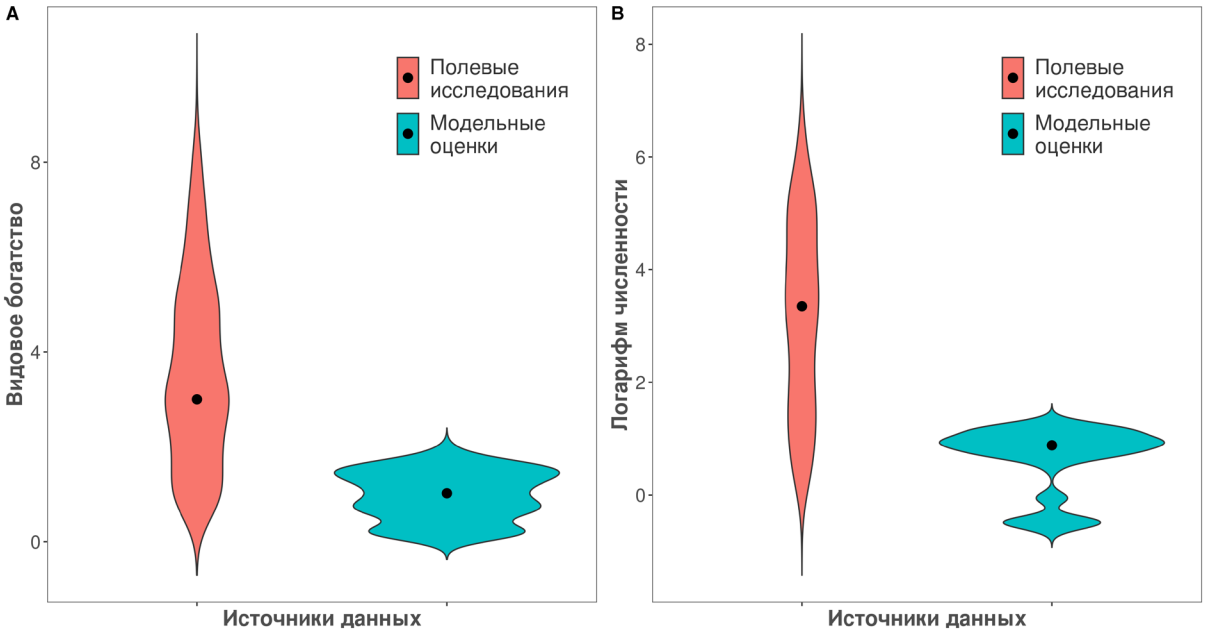

Рис. 2. Оценки разнообразия сообществ дождевых червей по результатам полевых исследований (литературные данные) и предсказанные моделью Phillips et al. (2019) в этих же точках. Черные точки внутри диаграмм – медианы.

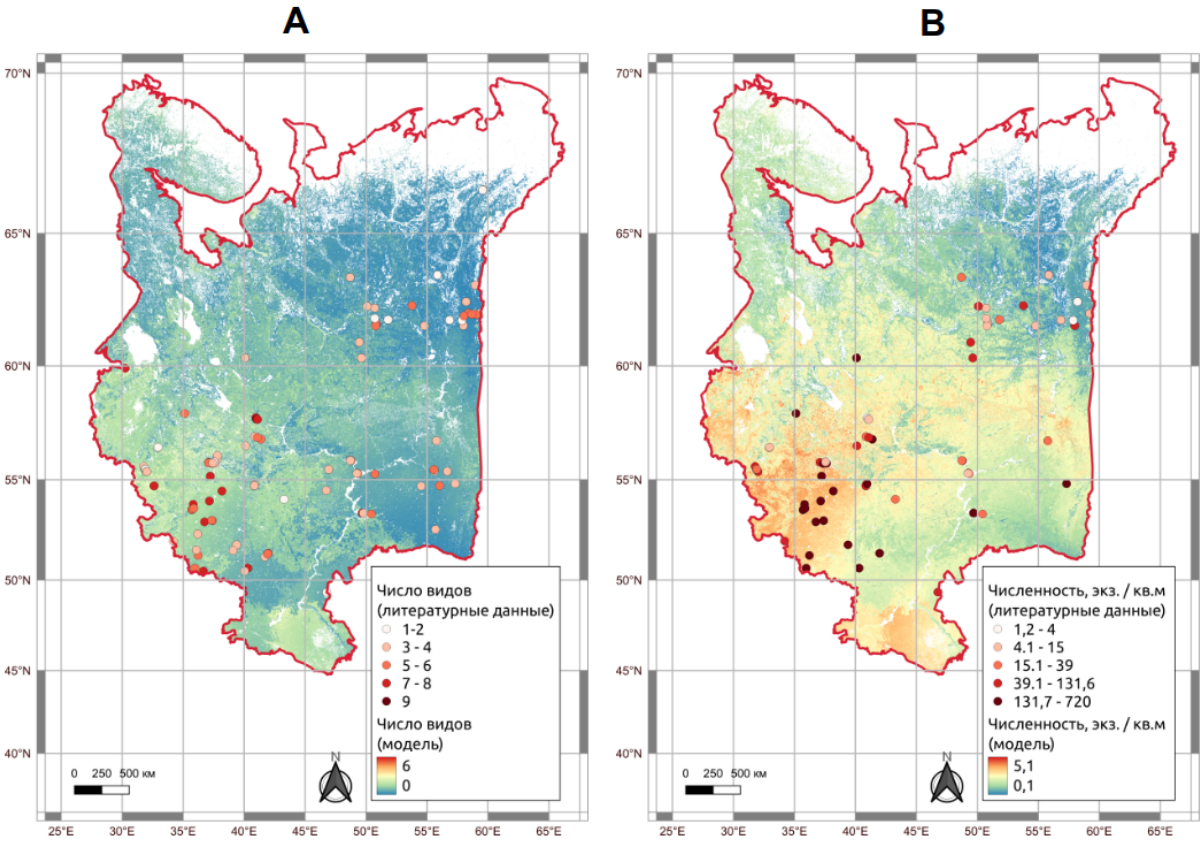

Рис. 3. Модельные оценки видового богатства (**A**) и численности (**B**) сообществ дождевых червей (Phillips et al., 2019). Точками показаны места сборов из литературных источников (Shashkov et al., 2023b).

ров или приводили точное описание их расположения, измеряли как минимум один показатель химического состава почвы, указывали информацию о типе местообитания и характере антропогенных воздействий. Большинство проанализированных нами публикаций не соответствовало по меньшей мере одному из этих критериев, поэтому неизвестно, насколько технически возможно их использование в рамках предложенной Phillips et al. (2019) модели.

Строгая процедура отбора исходных данных была обусловлена требованиями алгоритма построения модели и значительно ограничила их объем. Авторы указывали, что в процессе подготовки исходных данных было удалено 92.3% источников (Phillips et al., 2021), что не позволило получить репрезентативные выборки для разных географических областей и типов местообитаний. Это привело к недооценке разнообразия сообществ дождевых червей не только в Европейской России, но и в других регионах. В частности, модель занижает показатели разнообразия сообществ в тропических лесах (James et al., 2021).

Важно отметить, что полученные нами оценки разнообразия и обилия сообществ дождевых червей рассчитаны на основе материалов, собранных в разные годы и в разные сезоны. Известно, что обилие этой группы организмов в одном и том же месте может существенно изменяться в разные годы в зависимости от количества осадков, мощности снежного покрова, хода температуры и других климатических факторов (Крылова и др., 2011). Кроме того, на основе описаний, приведенных авторами, не всегда можно было однозначно установить тип местообитания, что могло внести дополнительную погрешность в полученные результаты. Поэтому мы допускаем, что рассчитанные нами по литературным данным оценки также носят смещенный характер. Для уточнения этих результатов требуются исследования с привлечением методов метаанализа и дополнительных источников данных.

Заключение

Проведенная работа представляет первый опыт сопоставления оценок разнообразия сообществ дождевых червей согласно глобальной модели, разработанной коллективом под руководством Helen R.P. Phillips, с обобщенными литературными данными о полевых сборах в Европейской России. Было показано, что, несмотря на большой объем проведенных исследований, разнообразие дождевых червей остается неизученным во многих частях рассматриваемого региона. Результаты сопоставления модельных и литературных оценок видового разнообразия и численности в разных типах биотопов показали существенные расхождения. Глобальная модель значительно недооценивает как видовое разнообразие, так и численность дождевых червей в европейской части России. На наш взгляд, причина кроется в недостаточном объеме исходных данных для моделирования из-за строгих критериев их отбора. Полученные результаты также демонстрируют необходимость стандартизации и более тщательного описания методики сбора полевого материала в научных публикациях.

Список литературы

Акулова, Л.И., Долгин, М.М., Колесникова, А.А., 2017. Распространение и численность дождевых червей (Lumbricidae) в подзоне средней тайги Республики Коми. *Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН* **1**, 4–16.

Балуев, В.К., 1950. Дождевые черви основных почвенных разностей Ивановской области. *Почвоведение* **4**, 220–227.

Валиахмедов, Б.В., Гарипов, Т.Т., 2019. Видовой состав и численность дождевых червей в различных экосистемах северной лесостепи Республики Башкортостан. *Экобиотех* **2** (4), 434–438. http://www.doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-4-434-438

Всеволодова-Перель, Т.С., Романовский, М.Г., Ильюшенко, А.Ф., 1997. Почвенное население естественных и искусственных дубрав лесостепи. *Лесоведение* **2**, 60–68.

Всеволодова-Перель, Т.С., Карпачевский, Л.О., Савельева, Л.И., 2000. Почвенное население в разных типах сосновых культур. *Лесоведение* **5**, 66–71.

Гаврилов, К.А., 1950. Влияние состава лесонасаждений на микрофлору и фауну лесных почв. *Почвоведение* **3**, 129–141.

Гаврилов, Г.А., Перель, Т.С., 1958. Дождевые черви и другие беспозвоночные в почвах лесов Вологодской области. *Почвоведение* **8**, 133–140.

Гераськина, А.П., 2009. Население дождевых червей (Lumbricidae) на зарастающих полях. *Зоологический журнал* **88** (8). 901–906.

Гераськина, А.П., 2016. Население дождевых червей (Lumbricidae) в основных типах темнохвойных лесов Печоро-Илычского заповедника. *Зоологический журнал* **95** (4), 394–405. http://www.doi.org/10.7868/S0044513416020094

Гераськина, А.П., 2020. Влияние дождевых червей разных морфо-экологических групп на аккумуляцию углерода в лесных почвах. *Вопросы лесной науки* **3** (2), 1–20. http://www.doi.org/10.31509/2658-607x-2020-3-2-1-20

Гераськина, А.П., Ермолов, С.А., 2022. Дождевые черви лесных сообществ Национального парка “Смоленское Поозерье”. *Биологические науки в школе и ВУЗе* **23**, 38–45.

Гиляров, М.С., 1975. Методы почвенно-зоологических исследований. Наука, Москва, СССР, 280 с.

Гордиенко, Т.А., Суходольская, Р.А., Вавилов, Д.Н., 2016. Биоразнообразие и структура сообществ почвенной мезофауны Волжско-Камского заповедника. *Труды Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника* **7**, 213–229.

Грюнталь, С.Ю., 2010. Мезофауна различных типов почв под южнотаежными ельниками (Тверская область). *Почвоведение* **11**, 1370–1380.

Иванова, Н.В., Смирнов, В.Э., Ханина, Л.Г., Бобровский, М.В., Шашков, М.П., 2018. Трансформация растительности и населения дождевых червей при вольном выпасе зубров *Bison bonasus* в широколиственных лесах заповедника «Калужские засеки». *Известия Российской академии наук. Серия биологическая* **1**, 113–122. https://doi.org/10.7868/S0002332918010149

Крылова, Л.П., Акулова, Л.И., Долгин, М.М., 2011. Дождевые черви (Oligochaeta, Lumbricidae) Таежной зоны республики Коми. Коми государственный педагогический институт, Сыктывкар, Россия, 104 с.

Кутовая, О.В., Замотаев, И.В., Белобров, В.П., 2014. Сообщества микроорганизмов и беспозвоночных в почвоподобных образованиях футбольных полей Московской области. *Почвоведение* **11**, 1315–1324. http://www.doi.org/10.7868/S0032180X14110057

Лычковская, И.Ю., 2019. Материалы к изучению дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) в зимний период. *Труды Окского государственного природного биосферного заповедника* **38**, 299–306.

Малевич, И.И., 1955. О сезонных миграциях дождевых червей в почве. *Ученые записки Московского городского педагогического института имени В.П. Потемкина* **38**, 223–229.

Матвеева, В.Г., 1970. Почвенная мезофауна лугов и полей Подмосковья. *Ученые записки Московского Ордена Трудового Красного Знамени государственного педагогического института имени В.И. Ленина. Фауна и экология животных* **394**, 21–46.

Пенев, Л.Д., Василев, А.И., Головач, С.И., Квавадзе, Е.Ш., 1994. Видовой состав и классификация группировок дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) дубрав Русской равнины. *Зоологический журнал* **73** (2), 23–37.

Перель, Т.С., 1958. Зависимость численности и видового состава дождевых червей от породного состава лесонасаждений. *Зоологический журнал* **37** (9), 1307–1315.

Перель, Т.С., 1979. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР (с определительными таблицами Lumbricidae и других Megardili). Наука, Москва, СССР, 272 с.

Перель, Т.С., Соколов, Д.Ф., 1964. Количественная оценка участия дождевых червей *Lumbricus terrestris* Linne (Lumbricidae, Oligochaeta) в переработке лесного опада. *Зоологический журнал* **43** (11), 1618–1625.

Преображенская, К.М., 2013. Влияние увлажненности местообитания на численность и видовой состав дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae). *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии* **213**, 82–91.

Приземин, А.А., 2012. Влияние различных древесных насаждений на чернозем выщелоченный в условиях лесостепи Орловской области. *Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки* **3**, 142–147.

Рыбалов, Л.Б., Камаев, И.О., 2011. Разнообразие почвенной мезофауны в северотаежных биоценозах бассейна река Каменная (Карелия). *Известия Российской академии наук. Серия биологическая* **4,** 403–412.

Соколов, А.А., 1956. Значение дождевых червей в почвообразовании (на примере образования почв Северо-Западного Алтая). Издательство академии наук Казахской ССР, Алма-Ата, СССР, 263 с.

Соколова, Т.Л., 2006. Влияние антропогенного фактора на видовое разнообразие дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae). *Вестник КГУ им. Н.А. Некрасов*а **4**, 19–21.

Соколова, Т.Л., 2013. Видовое разнообразие люмбрицид в различных биогеоценозах города Костромского Заволжья. *Вестник КГУ им. Н.А. Некрасов*а **2**, 12–14.

Творонович, В.В., Красников, М.В., 2019. Видовой состав почвенной макрофауны различных биотопов вблизи истока р. Оки Глазуновского района Орловской области. *Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции “Новые направления и концепции в современной науке”*. Самара, Россия, 8–11.

Устинов, И.Д., 1962. О видовом составе и экологии дождевых червей (Lumbricidae) Кировской области. *Зоологический журнал* **41** (1), 133–135.

Чегодаева, Н.Д., 2019. Популяционные характеристики дождевых червей окрестностей п. Торбеево республики Мордовия. *Тезисы докладов Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы естественно-технологического образования”*. Саранск, Россия, 32–36.

Шарова, И.Х., 1970. Почвенная мезофауна лиственных лесов в Подмосковье. *Ученые записки Московского Ордена Трудового Красного Знамени государственного педагогического института имени В.И. Ленина. Фауна и экология животных* **394**, 3–44.

Blouin, M., Hodson, M., Delgado, E., Baker, G., Brussaard, L., et al., 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* **64**, 161–182. htts://doi.org/10.1111/ejss.12025

Bouché, M., 2014. Des vers de terre et des hommes: Découvrir nos écosystèmes fonctionnant à l'énergie solaire. Actes Sud, Arles, 336 p. (In French).

Brown, G.G., James, S.W., Csuzdi, C., Lapied, E., Decaëns, T., et al., 2023. A checklist of megadrile earthworm (Annelida: Clitellata) species and subspecies of the world. Zenodo dataset. Version 3 (accessed via zenodo.org: 20.07.2025). https://doi.org/10.5281/ZENODO.8348860

Cameron, E., Martins, I.S., Lavelle, P., Mathieu,, J., Tedersoo, L., et al., 2018 Global gaps in soil biodiversity data. *Nature Ecology & Evolution* **2**, 1042–1043. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0573-8

Coja, T., Zehetner, K., Bruckner, A., Watzinger, A., Meyer, E., 2008. Efficacy and side effects of five sampling methods for soil earthworms (Annelida, Lumbricidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety* **71**, 552–565. htts://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.08.002

Edwards, C.A., Bohlen P.J., 1996. Biology and ecology of earthworms. 3rd Edition. Chapman & Hall, London, UK, 426 p.

Eisenhauer, N., 2010. The action of an animal ecosystem engineer: Identification of the main mechanisms of earthworm impacts on soil microarthropods. *Pedobiologia* **53** (6), 343–352. https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2010.04.003

Eisenhauer, N., Partsch, S., Parkinson, D., Scheu, S., 2007. Invasion of a deciduous forest by earthworms: Changes in soil chemistry, microflora, microarthropods and vegetation. *Soil Biology and Biochemistry* **39** (5), 1099–1110. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.019

Eisenhauer, N., Straube, D., Scheu, S., 2008. Efficiency of two widespread non-destructive extraction methods under dry soil conditions for different ecological earthworm groups. *European Journal of Soil Biology* **44**, 141–145. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.10.002

Frouz, J., Li, X., Brune, A., Abakumov, E., 2011. Effect of soil invertebrates on the formation of humic substances under laboratory conditions. *Eurasian Soil Science* **44** (8), 893–896. http://dx.doi.org/10.1134/S1064229311080047

Guisan, A., Thuiller, W., 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* **8**, 993–1009. https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2005.00792.X

Hackenberger, D.K., Hackenberger, B.K., Lončarić, Z., 2017. Earthworm population dynamics: modeling approach and challenges. In: Horton, C.G. (ed.), *Earthworms: types, roles and research*. Nova Science Publishers, New York, USA, 92–138.

James, S.W., Csuzdi, C., Chang, C.-H., Aspe, N., Jiménez, J., et al., 2021. Comment on “Global distribution of earthworm diversity”. *Science* **371** (6525), 1–3. https://doi.org/10.1126/science.abe4629

Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., et al., 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* **33**, 159–193.

Lee, K., 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, London, UK, 411 p.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* **190**, 231–259. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Phillips, H.R.P., Guerra, C.A., Bartz, M.L.C., Briones, M., Brown, G., et al., 2019. Global distribution of earthworm diversity. *Science* **366** (6464), 480–485. https://doi.org/10.1126/science.aax4851

Phillips, H., Eisenhauer, N., Cameron, E., 2020. Global data on earthworm abundance, biomass, diversity and corresponding environmental properties. iDiv Data Repository. German Centre for Integrative Biodiversity Research (accessed via idiv.de: 20.07.2025). https://doi.org/10.25829/idiv.1880-17-3189

Phillips, H.R.P., Bach, E.M., Bartz, M.L.C., Bennett, J., Beugnon, R., et al., 2021. Global data on earthworm abundance, biomass, diversity and corresponding environmental properties. *Nature Scientific Data* **8** (136), 1–13. https://doi.org/10.1038/s41597-021-00912-z

Ponge, J.-F., Sartori, G., Garlato, A., Ungaro, F., Zanella, A., et al., 2014. The impact of parent material, climate, soil type and vegetation on Venetian forest humus forms: a direct gradient approach. *Geoderma* **226–227**, 290–299. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.02.022

Rutgers, M., Orgiazzi, A., Gardi, C., Römbke, J., Jänsch, S., et al., 2016. Mapping earthworm communities in Europe. *Applied Soil Ecology* **97**, 98–111. http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.015

Shashkov, M.P., Ivanova, N.V., Ermolov, S.A., 2023. Earthworm occurrences from Russian-language literature. Version 1.16. Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – the Branch of Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences. Occurrence dataset (accessed via GBIF.org: 16.07.2024). https://doi.org/10.15468/cvwpyu

Shashkov, M., Ivanova, N., Ermolov, S., 2024. Earthworm occurrence dataset extracted from Russian-language literature. *Biodiversity Data Journal* **12**, e130897. https://doi.org/10.3897/BDJ.12.e130897

Vorobeichik, E., Nesterkov, A., Golovanova, E., Nesterkova, D., Ermakov, A., Grebennikov, M., 2021. Long-term dynamics of the abundance of earthworms and enchytraeids (Annelida, Clitellata: Lumbricidae, Enchytraeidae) in forests of the Central Urals, Russia. *Biodiversity Data Journal* **9**, e75466. https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e75466

References

Akulova, L.I., Dolgin, M.M., Kolesnikova, A.A., 2017. Rasprostranenie i chislennost' dozhdevykh chervei (Lumbricidae) v podzone srednei taigi Respubliki Komi [Distribution and abundance of earthworms (Lumbricidae) in the middle taiga subzone of the Komi Republic]. *Vestnik IB Komi NTs UrO RAN [Bulletin of the Institute of Biology of the Komi National Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]* **1**, 4–16. (In Russian).

Baluev, V.K., 1950. Dozhdevye chervi osnovnykh pochvennykh raznostei Ivanovskoi oblasti [Earthworms of the main soil differences of Ivanovo region]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]* **4**, 220–227. (In Russian).

Blouin, M., Hodson, M., Delgado, E., Baker, G., Brussaard, L., et al., 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* **64**, 161–182. htts://doi.org/10.1111/ejss.12025

Bouché, M., 2014. Des vers de terre et des hommes: Découvrir nos écosystèmes fonctionnant à l'énergie solaire. Actes Sud, Arles, 336 p. (In French).

Brown, G.G., James, S.W., Csuzdi, C., Lapied, E., Decaëns, T., et al., 2023. A checklist of megadrile earthworm (Annelida: Clitellata) species and subspecies of the world. Zenodo dataset. Version 3 (accessed via zenodo.org: 20.07.2025). https://doi.org/10.5281/ZENODO.8348860

Cameron, E., Martins, I.S., Lavelle, P., Mathieu,, J., Tedersoo, L., et al., 2018 Global gaps in soil biodiversity data. *Nature Ecology & Evolution* **2**, 1042–1043. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0573-8

Chegodaeva, N.D., 2019. Populiatsionnye kharakteristiki dozhdevykh chervei okrestnostei p. Torbeevo respubliki Mordoviia [Population characteristics of earthworms in the vicinity of Torbeevo village in the Republic of Mordovia]. *Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Aktual'nye problemy estestvenno-tekhnologicheskogo obrazovaniia"* [*Abstracts of the International scientific and practical conference "Actual problems of natural technology education"*]. Saransk, 32–36. (In Russian).

Coja, T., Zehetner, K., Bruckner, A., Watzinger, A., Meyer, E., 2008. Efficacy and side effects of five sampling methods for soil earthworms (Annelida, Lumbricidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety* **71**, 552–565. htts://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.08.002

Edwards, C.A., Bohlen P.J., 1996. Biology and ecology of earthworms. 3rd Edition. Chapman & Hall, London, UK, 426 p.

Eisenhauer, N., 2010. The action of an animal ecosystem engineer: Identification of the main mechanisms of earthworm impacts on soil microarthropods. *Pedobiologia* **53** (6), 343–352. https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2010.04.003

Eisenhauer, N., Partsch, S., Parkinson, D., Scheu, S., 2007. Invasion of a deciduous forest by earthworms: Changes in soil chemistry, microflora, microarthropods and vegetation. *Soil Biology and Biochemistry* **39** (5), 1099–1110. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.019

Eisenhauer, N., Straube, D., Scheu, S., 2008. Efficiency of two widespread non-destructive extraction methods under dry soil conditions for different ecological earthworm groups. *European Journal of Soil Biology* **44**, 141–145. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.10.002

Frouz, J., Li, X., Brune, A., Abakumov, E., 2011. Effect of soil invertebrates on the formation of humic substances under laboratory conditions. *Eurasian Soil Science* **44** (8), 893–896. http://dx.doi.org/10.1134/S1064229311080047

Gavrilov, K.A., 1950. Vliianie sostava lesonasazhdenii na mikrofloru i faunu lesnykh pochv [The influence of the forest plantations composition on the microflora and fauna of forest soils]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]* **3**, 129–141. (In Russian).

Gavrilov, G.A., Perel', T.S., 1958. Dozhdevye chervi i drugie bespozvonochnye v pochvakh lesov Vologodskoi oblasti [Earthworms and other invertebrates in the soils under forests in Vologda region]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]* **8**, 133–140. (In Russian).

Geras'kina, A.P., 2009. Naselenie dozhdevykh chervei (Lumbricidae) na zarastaiushchikh poliakh [Earthworm populations (Lumbricidae) in soils of laylands]. *Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology]* **88** (8), 901–906. (In Russian).

Geras'kina, A.P., 2016. Naselenie dozhdevykh chervei (Lumbricidae) v osnovnykh tipakh temnokhvoinykh lesov Pechoro-Ilychskogo zapovednika [The population of earthworms (Lumbricidae) in the main types of dark coniferous forests in Pechora-Ilych nature reserve]. *Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology]* **95** (4), 394–405. (In Russian). http://www.doi.org/10.7868/S0044513416020094

Geras'kina, A.P., 2020. Vliyaniye dozhdevykh chervey raznykh morfo-ekologicheskikh grupp na akkumulyatsiyu ugleroda v lesnykh pochvakh [Impact of earthworms of different morpho-ecological groups on carbon accumulation in forest soils]. *Voprosy lesnoy nauki [Forest Science Issues]* **3** (2), 1–20. (In Russian). http://www.doi.org/10.31509/2658-607x-2020-3-2-1-20

Geras'kina, A.P., Ermolov, S.A., 2022. Dozhdevye chervi lesnykh soobshchestv Natsional'nogo parka “Smolenskoe Poozer'e” [Earthworms in the forest communities of the “Smolensk Lakelands” national park]. *Biologicheskie nauki v shkole i VUZe [Biological Sciences at School and University]* **23**, 38–45. (In Russian).

Giliarov, M.S., 1975. Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovanii [Researching methods of soil zoology]. Nauka, Moscow, USSR, 280 p. (In Russian).

Gordienko, T.A., Sukhodol'skaia, R.A., Vavilov, D.N., 2016. Bioraznoobrazie i struktura soobshchestv pochvennoi mezofauny Volzhsko-Kamskogo zapovednika [Biodiversity and community structure of the soil mesofauna of Volga-Kama Reserve]. T*rudy Volzhsko-Kamskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika [Proceedings of the Volga-Kama State Natural Biosphere Reserve]* **7**, 213–229. (In Russian).

Griuntal', S.Yu., 2010. Mezofauna razlichnykh tipov pochv pod iuzhnotaezhnymi el'nikami (Tverskaia oblast') [Mesofauna of various soil types under Southern taiga fir forests (Tver region)]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]* **11**, 1370–1380. (In Russian).

Guisan, A., Thuiller, W., 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* **8**, 993–1009. https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2005.00792.X

Hackenberger, D.K., Hackenberger, B.K., Lončarić, Z., 2017. Earthworm population dynamics: modeling approach and challenges. In: Horton, C.G. (ed.), *Earthworms: types, roles and research*. Nova Science Publishers, New York, USA, 92–138.

Ivanova, N.V., Smirnov, V.E., Khanina, L.G., Bobrovskii, M.V., Shashkov, M.P., 2018. Transformatsiia rastitel'nosti i naseleniia dozhdevykh chervei pri vol'nom vypase zubrov *Bison bonasus* v shirokolistvennykh lesakh zapovednika «Kaluzhskie zaseki» [Transformation of vegetation and population of earthworms during free grazing of *Bison bonasus* in the broad-leaved forests of the Kaluga Zaseki nature reserve.]. *Izvestiia Rossiiskoi akademii nauk. Seriia biologicheskaia [Biology Bulletin]* **1**, 113–122. (In Russian). https://doi.org/10.7868/S0002332918010149

James, S.W., Csuzdi, C., Chang, C.-H., Aspe, N., Jiménez, J., et al., 2021. Comment on “Global distribution of earthworm diversity”. *Science* **371** (6525), 1–3. https://doi.org/10.1126/science.abe4629

Krylova, L.P., Akulova, L.I., Dolgin, M.M., 2011. Dozhdevye chervi (Oligochaeta, Lumbricidae) Taezhnoi zony respubliki Komi [Earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) of the taiga zone in Komi Republic]. Komi State Pedagogical Institute, Syktyvkar, Russia, 104 p. (In Russian).

Kutovaia, O.V., Zamotaev, I.V., Belobrov, V.P., 2014. Soobshchestva mikroorganizmov i bespozvonochnykh v pochvopodobnykh obrazovaniiakh futbol'nykh polei Moskovskoi oblasti [Communities of microorganisms and invertebrates in soil-like formations of football fields in the Moscow region.]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]* **11**, 1315–1324. (In Russian). http://www.doi.org/10.7868/S0032180X14110057

Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., et al., 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* **33**, 159–193.

Lee, K., 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, London, UK, 411 p.

Lychkovskaia, I.Yu., 2019. Materialy k izucheniiu dozhdevykh chervei (Oligochaeta, Lumbricidae) v zimnii period [Materials for studying of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in winter.]. *Trudy Okskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika [Proceedings of the Oka State Natural Biosphere Reserve],* 299–306. (In Russian).

Malevich, I.I., 1955. O sezonnykh migratsiiakh dozhdevykh chervei v pochve [Seasonal migrations of earthworms in the soil]. *Uchenye zapiski Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo instituta imeni V.P. Potemkina [Scientific notes of the Moscow city pedagogical institute named after V.P. Potemkin]* **38**, 223–229. (In Russian).

Matveeva, V.G., 1970. Pochvennaia mezofauna lugov i polei Podmoskov'ia [Soil mesofauna of meadows and fields of the Moscow region.]. U*chenye zapiski Moskovskogo Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta imeni V.I. Lenina. Fauna i ekologiia zhivotnykh [Scientific notes of the Moscow Order of the Red Banner of Labor of the V.I. Lenin State Pedagogical Institute. Fauna and ecology of animals]* **394**, 21–46. (In Russian).

Penev, L.D., Vasilyev, A.I., Golovach, S.I., Kvavadze, E.Sh., 1994. Vidovoi sostav i klassifikatsiia gruppirovok dozhdevykh chervei (Oligochaeta, Lumbricidae) dubrav Russkoi ravniny [Species composition and classification of earthworms assemblages (Oligochaeta, Lumbricidae) in oak forests of the Russian plain]. *Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology]* **73** (2), 23–37. (In Russian).

Perel', T.S., 1958. Zavisimost' chislennosti i vidovogo sostava dozhdevykh chervei ot porodnogo sostava lesonasazhdenii [Dependence of earthworms abundance and species composition on the species composition of forest plantations]. *Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology]* **37** (9), 1307–1315. (In Russian).

Perel', T.S., 1979. Rasprostranenie i zakonomernosti raspredeleniia dozhdevykh chervei fauny SSSR (s opredelitel'nymi tablitsami Lumbricidae i drugikh Megardili) [Range and regulerities in the distribution of earthworms of the USSR fauna (with keys to Lumbricidae and other Megardili)]. Nauka, Moscow, USSR, 272 p. (In Russian).

Perel', T.S., Sokolov, D.F., 1964. Kolichestvennaia otsenka uchastiia dozhdevykh chervei *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae, Oligochaeta) v pererabotke lesnogo opada [Quantitative assessment of the participation of *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae, Oligochaeta) in the decaying of forest litter]. *Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology]* **43** (11), 1618–1625. (In Russian).

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* **190**, 231–259. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Phillips, H.R.P., Guerra, C.A., Bartz, M.L.C., Briones, M., Brown, G., et al., 2019. Global distribution of earthworm diversity. *Science* **366** (6464), 480–485. https://doi.org/10.1126/science.aax4851

Phillips, H., Eisenhauer, N., Cameron, E., 2020. Global data on earthworm abundance, biomass, diversity and corresponding environmental properties. iDiv Data Repository. German Centre for Integrative Biodiversity Research (accessed via idiv.de: 20.07.2025). https://doi.org/10.25829/idiv.1880-17-3189

Phillips, H.R.P., Bach, E.M., Bartz, M.L.C., Bennett, J., Beugnon, R., et al., 2021. Global data on earthworm abundance, biomass, diversity and corresponding environmental properties. *Nature Scientific Data* **8** (136), 1–13. https://doi.org/10.1038/s41597-021-00912-z

Ponge, J.-F., Sartori, G., Garlato, A., Ungaro, F., Zanella, A., et al., 2014. The impact of parent material, climate, soil type and vegetation on Venetian forest humus forms: a direct gradient approach. *Geoderma* **226–227**, 290–299. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.02.022

Preobrazhenskaia, K.M., 2013. Vliianie uvlazhnennosti mestoobitaniia na chislennost' i vidovoi sostav dozhdevykh chervei (Oligochaeta, Lumbricidae) [Influence of moisture habitats on the number and species composition of earthworms]. *Izvestiia Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy]* **213**, 82–91. (In Russian).

Prizemin, A.A., 2012. Vliianie razlichnykh drevesnykh nasazhdenii na chernozem vyshchelochennyi v usloviiakh lesostepi Orlovskoi oblasti [The influence of various tree plantations on leached chernozem in the conditions of the forest-steppe in Orel region]. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki [Scientific notes of the Orel State University. Series: Natural, Technical and Medical Sciences]* **3**, 142–147. (In Russian).

Rutgers, M., Orgiazzi, A., Gardi, C., Römbke, J., Jänsch, S., et al., 2016. Mapping earthworm communities in Europe. *Applied Soil Ecology* **97**, 98–111. http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.015

Rybalov, L.B., Kamaev, I.O., 2011. Raznoobrazie pochvennoi mezofauny v severotaezhnykh biotsenozakh basseina reka Kamennaia (Kareliia) [Diversity of soil macrofauna in north taiga biocoenoses of the Kamennaya River basin (Karelia)] *Izvestiia Rossiiskoi akademii nauk. Seriia biologicheskaia [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series Biological]* **4**, 403–412. (In Russian).

Shashkov, M.P., Ivanova, N.V., Ermolov, S.A., 2023. Earthworm occurrences from Russian-language literature. Version 1.16. Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – the Branch of Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences. Occurrence dataset (accessed via GBIF.org: 16.07.2024). https://doi.org/10.15468/cvwpyu

Shashkov, M., Ivanova, N., Ermolov, S., 2024. Earthworm occurrence dataset extracted from Russian-language literature. *Biodiversity Data Journal* **12**, e130897. https://doi.org/10.3897/BDJ.12.e130897

Sharova, I.Kh., 1970. Pochvennaia mezofauna listvennykh lesov v Podmoskov'e [Soil mesofauna of deciduous forests in the Moscow region]. U*chenye zapiski Moskovskogo Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta imeni V.I. Lenina. Fauna i ekologiia zhivotnykh [Scientific notes of the Moscow Order of the Red Banner of Labor of the V.I. Lenin State Pedagogical Institute. Fauna and ecology of animals]* **394**, 3–44. (In Russian).

Sokolov, A.A., 1956. Znachenie dozhdevykh chervei v pochvoobrazovanii (na primere obrazovaniia pochv Severo-Zapadnogo Altaia) [The importance of earthworms in soil formation (on the example of soil formation in Northwestern Altai)]. Publishing House of the Kazakh SSR Academy of Sciences, Alma-Ata, USSR, 263 p. (In Russian).

Sokolova, T.L., 2006. Vliianie antropogennogo faktora na vidovoe raznoobrazie dozhdevykh chervei (Oligochaeta, Lumbricidae) [The influence of anthropogenic factors on the species diversity of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae)]. *Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova [Bulletin of the Kostroma State University named after N.A. Nekrasov]* **4**, 19–21. (In Russian).

Sokolova, T.L., 2013. Vidovoe raznoobrazie liumbritsid v razlichnykh biogeotsenozakh goroda Kostromskogo Zavolzh'ia [Species diversity of lumbricides in various biogeocenoses of the city of Kostroma Zavolzhye]. *Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova [Bulletin of the Kostroma State University named after N.A. Nekrasov]* **2**, 12–14. (In Russian).

Tvoronovich, V.V., Krasnikov, M.V., 2019. Vidovoi sostav pochvennoi makrofauny razlichnykh biotopov vblizi istoka r. Oki Glazunovskogo raiona Orlovskoi oblasti [The species composition of the soil macrofauna in various biotopes near the source of the Oka river Glazunovsky district inthe Oryol region.]. *Tezisy dokladov IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Novye napravleniia i kontseptsii v sovremennoi nauke" [Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference "New directions and concepts in modern science"].* Samara, Russia, 8–11. (In Russian).

Ustinov, I.D., 1962. O vidovom sostave i ekologii dozhdevykh chervei (Lumbricidae) Kirovskoi oblasti [On the species composition and ecology of earthworms (Lumbricidae) of the Kirov region]. *Zoologicheskii zhurnal [Zoologicheskii Zhurnal]* **41** (1), 133–135.(In Russian).

Valiakhmedov, B.V., Garipov, T.T., 2019. Vidovoi sostav i chislennost' dozhdevykh chervei v razlichnykh ekosistemakh severnoi lesostepi Respubliki Bashkortostan [Specific composition and number of earthworms in various ecosystems of the northern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan]. *Ekobiotekh [Ekobiotech Journal]* **2** (4), 434–438. (In Russian). http://www.doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-4-434-438

Vorobeichik, E., Nesterkov, A., Golovanova, E., Nesterkova, D., Ermakov, A., Grebennikov, M., 2021. Long-term dynamics of the abundance of earthworms and enchytraeids (Annelida, Clitellata: Lumbricidae, Enchytraeidae) in forests of the Central Urals, Russia. *Biodiversity Data Journal* **9**, e75466. https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e75466

Vsevolodova-Perel', T.S., Karpachevskii, L.O., Savel'eva L. I., 2000. Pochvennoe naselenie v raznykh tipakh sosnovykh kul'tur [Soil population in various types of pine crops]. *Lesovedenie [Russian Journal of Forest Science]* **5**, 66–71. (In Russian).

Vsevolodova-Perel', T.S., Romanovskii, M.G., Il'iushenko, A.F., 1997. Pochvennoe naselenie estestvennykh i iskusstvennykh dubrav lesostepi [Soil population of natural and artificial oak forests in forest-steppe]. *Lesovedenie [Russian Journal of Forest Science]* **2**, 60–68. (In Russian).