

Научная статья

УДК 712.4.01

doi: 10.34655/bgsha.2022.66.1.010

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОКРЕСТНОСТЕЙ КРАСНОЯРСКА (ПО ДАННЫМ ЗООТЕСТИРОВАНИЯ)

Галина Александровна Демиденко

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

demidenkoechos@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования состояния почв пригородных сосновых биоценозов окрестностей Красноярска на основе зоотестирования по данным тест-объектов – дождевых червей (*Lumbricidae*). Пригородные сосновые леса Красноярска являются природными экосистемами, сохраняющими равновесие между компонентами ландшафта, основными из которых являются резко континентальный климат, полого-холмистый рельеф, лесные почвы, рекреационные сосновые леса. Усиление антропогенного воздействия на городскую среду безусловно оказывает негативное влияние на прилегающие леса. Это приводит к разной степени нарушения природных экосистем и возникновению в прилегающих лесах необратимых последствий. Виды дождевых червей (*Lumbricidae*) как тест-объектов – восьмигранная дендробена (*Dendrobaena octaedra*; люмбрикус земной (*Lumbricus terrestris*); малый красный червь (красноватый дождевик) (*Lumbricus rubellus*); червь земляной (пашенный червь) (*Helodrilus caliginosus*); аллобофора малая (*Allolobophora parva*), эйзеня балатонская (*Eisenia balatonika*) – являются индикаторными маркерами антропогенного нарушения почв при зоотестировании почв пригородных сосновых биоценозов окрестностей Красноярска. Наибольшим видовым разнообразием дождевых червей характеризуются сосновые биоценозы, произрастающие на дерновой лесной почве Дрокинской сопки (северный склон). Наибольшее антропогенное нарушение почвенного покрова исследуемых участков пригородных сосновых биогеоценозов, по данным зоотестирования, выявлено в районе Академгородка и микрорайоне Ветлужанка.

Ключевые слова: лесные экосистемы, почвы пригородных сосновых биоценозов, объекты рекреации, зоотестирование, виды дождевых червей (*Lumbricidae*), окрестности Красноярска.

Original article

ASSESSMENT OF THE FOREST ECOSYSTEMS STATE IN THE VICINITY OF THE CITY OF KRASNOYARSK (ACCORDING TO THE ZOOTEESTING DATA)

Galina. A. Demidenko

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

demidenkoechos@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the soil condition of suburban pine biocenoses in the vicinity of Krasnoyarsk on the basis of zootesting according to test objects -

earthworms (*Lumbricidae*). Suburban pine forests of Krasnoyarsk are natural ecosystems that maintain a balance between the components of the landscape, among which there are the sharply continental climate, hollow-hilly terrain, forest soils, recreational pine forests. The increased anthropogenic impact on the urban environment has a negative impact on the adjacent forests. This leads to a various degree of disruption of natural ecosystems and the emergence of irreversible consequences in adjacent forests. Species of earthworms (*Lumbricidae*) that were used as test objects include octahedral dendrobena (*Dendrobaena octaedra*; *Lumbricus terrestris*; small red worm (reddish raincoat) (*Lumbricus rubellus*); earthworm (arable worm) (*Helodrilus caliginosus*); *Allobophora minor* (*Allobophora parva*), *Eisenia balaton*. (*Eisenia balatonika*). All these species are indicator markers of anthropogenic soil disturbance during zootesting of soils in suburban pine biocenoses in the vicinity of Krasnoyarsk. The greatest species diversity of earthworms is presented on the pine biocenoses growing on the sod forest soil of the Drokinskaya hill (northern slope). The greatest anthropogenic disturbance of the soil covering of the studied areas of suburban pine biogeocenoses according to zootesting data was detected in the Akademgorodok district and the Vetluzhanka microdistrict.

Keywords: forest ecosystems, soils of suburban pine biocenoses, recreational facilities, zootesting, species of earthworms (*Lumbricidae*), the vicinity of Krasnoyarsk.

Введение. Лесные экосистемы, прилегающие к городским территориям, являются объектами рекреации для городских жителей и определяют уровень жизни и состояние здоровья каждого человека [1]. Усиление антропогенного воздействия на городскую среду в Красноярске [2-4] безусловно оказывает негативное влияние на прилегающие леса. Это приводит к разной степени нарушения природных экосистем и возникновению в прилегающих лесах необратимых последствий.

Почвенные беспозвоночные – естественный компонент в лесных экосистемах, по состоянию которых возможно судить о происходящих изменениях в экосистеме [5-7, 8, 9].

Актуальность исследования заключается в оценке состояния пригородных лесов Красноярска методом биотестирования для стабилизации экологических условий в антропогенно изменяющейся природной среде города.

Цель исследования: на основе зоотестирования по данным тест-объектов (зоо-тестеров) – дождевых червей (*Lumbricidae*) – определить состояние почв пригородных сосновых биоценозов окрестностей Красноярска.

Задачи исследования: 1. В почвах сосновых лесов окрестностей Красноярска выявить основные виды дождевых червей как тест-объектов. 2. Провести анализ количественной представленнос-

ти видов дождевых червей в почвах выбранных участков сосновых лесов окрестностей Красноярска: район Академгородка; микрорайон Ветлужанка; Дрокинская Сопка. 3. Выявить наибольшее антропогенное нарушение почвенного покрова исследуемых участков пригородных сосновых биоценозов Красноярска по данным зоотестирования.

Объекты и методы исследования. Объектами являются почвенные беспозвоночные, в том числе дождевые черви, обитаемые в почвах лесных экосистем окрестностей города Красноярска.

Основные виды дождевых червей как тест-объектов: 1. Восьмигранная дендробена (*Dendrobaena octaedra*) – окраска фиолетово-коричневая с металлическим блеском. Пигмент синеватый (длина 25 - 40 мм, толщина 3 - 4 мм; число сегментов 80-95); 2. Лямбрикус земной (*Lumbricus terrestris*) – крупный красноватый червь (длина 110-200 мм; ширина 7-10 мм в диаметре; число сегментов 120-170). 3. Малый красный червь (красноватый дождевик) (*Lumbricus rubellus*) – окраска красновато-коричневая или красновато-фиолетовая, переливающаяся сверху и бледно-желтая снизу (длина 25 – 105 мм; число сегментов – 95-120); 4. Червь земляной (пашенный червь) (*Helodrilus caliginosus*). Один из разновидностей – навозный червь (*Eisenia foetida*), ярко окрашенный червь, обладающий специфическим неприятным запа-

хом (длина 60 -100 мм с попарно сближенными щетинками). 5. Аллобофора малая (*Allolobophora parva*). Черви мелкие (длина 17-25 мм, ширина 1-3 мм). Представитель космополитного и богатого видами рода кольчатых червей. 6. Эйзения балатонская (*Eisenia balatonika*) – имеет темно-красный пигмент (длина тела 70-100 мм, ширина 5-6 мм).

Исследования проводились в течение 3 лет в вегетационный период (с мая по сентябрь; трижды за период), когда проявлялась наибольшая активность педобионтов.

Основной метод исследования – мониторинг лесных экосистем, позволяющий оценить их сохранность под влиянием антропогенных факторов (загрязнения, рекреации и т. д.).

Биологические методы оценки окружающей среды устанавливают уровень общего загрязнения объектов окружающей среды и степень токсичности среды на живые организмы. Полевые исследования: на выбранных участках леса окрестностей Красноярска (район Академгородка, Дрокинская сопка, микрорайон Ветлужанка) взяты почвенные пробы на размеченных квадратах (0,5 м²) с применением послойной раскопки: переборка подстилки и послойное выкапывание почвы (от 0-5 см до 45-50 и глубже) с последующим разбором [10] и камеральным определением видов [6].

Для статистической обработки полученных данных использован двухфактор-

ный дисперсионный анализ [11].

Результаты и обсуждение. В сосняках окрестностей Красноярска, как и в остальных типах хвойного леса, большинство почвенных организмов сосредоточено в лесной подстилке. Это обусловлено высокой влажностью подстилки (до 70 %) и слабым прогреванием почвы. Сосновые биоценозы (сосняки разнотравные) произрастают на серых лесных оподзоленных почвах на участках леса: район Академгородка (древостой сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.); микрорайон Ветлужанка (древостой – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) с примесью березы белой (*Betula alba* L.), в подлеске – шиповник (*Rosa acicularis* Undl.). На дерновой лесной почве на участках леса Дрокинской сопки (древостой – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) с примесью березы белой (*Betula alba* L.), в подлеске – яблоня дикая (*Málus sylvéstris*), черемуха обыкновенная (*Prúnus pádus*), шиповник (*Rosa acicularis* Undl.).

Сосновые биоценозы окрестностей Красноярска испытывают высокие рекреационные нагрузки на древостои, что приводит к разной стадии их дигрессии. Рекреационные нагрузки обуславливают снижение численности и изменение фауны педобионтов [7].

Количественная оценка видов дождевых червей в пригородных сосновых биоценозах Красноярска представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Количественная оценка видов дождевых червей в пригородных сосновых биоценозах Красноярска

Видовой состав дождевых червей	Среднее количество, экз./м ²	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Дрокинская сопка (северный склон)			
<i>Dendrobaena octaedra</i>	2,4	0,70	0,01
<i>Allolobophora parva</i>	1,6	0,59	0,39
<i>Lumbricus terrestris</i>	5,8	1,18	0,20
<i>Lumbricus rubellus</i>	4,0	1,12	0,28
<i>Eisenia balatonika</i>	2,2	0,67	0,01
<i>Helodrilus caliginosus</i>	2,0	0,43	0,22
Коконь дождевых червей	9,2	4,79	0,53
Всего дождевых червей	18,0	-	-

Продолжение таблицы 1

Академгородок (250 м от главной дороги)			
<i>Dendrobaena octaedra</i>	0,8	0,57	0,01
<i>Lumbricus terrestris</i>	4,2	2,16	0,52
<i>Lumbricus rubellus</i>	3,4	1,88	0,57
<i>Helodrilus caliginosus</i>	1,5	0,32	0,23
Коконь дождевых червей	2,4	1,18	1,05
Всего дождевых червей	9,9	-	-
Микрорайон Ветлужанка (окраина, юго-запад)			
<i>Lumbricus terrestris</i>	0,8	0,27	0,63
<i>Helodrilus caliginosus</i>	0,5	0,13	0,29
Коконь дождевых червей	1,5	0,47	0,54
Всего дождевых червей	1,3	-	-

Анализ таблицы 1 показал, что на исследуемых участках леса в пригородных сосновых биоценозах Красноярска распространен Лямбрикус земной (*Lumbricus terrestris*), крупный красноватый вид червей, который обитает в умеренном климате Евразийского континента. Его численность варьирует: Дрокинская сопка (северный склон) среднее количество составляет 5,8 экз./м²; Академгородок – 4,2 экз./м²; Ветлужанка – 0,8 экз./м². Предпочитает естественную растительность и достаточное количество питательных веществ в почве. Питается органическими разлагающимися веществами и бактериями в почве.

Малый красный червь (красноватый дождевик) (*Lumbricus rubellus*) – вид дождевых червей, родственных *Lumbricus terrestris*. Его численность меньше на исследуемых участках леса, а также варьирует: Дрокинская сопка (северный склон) – среднее количество составляет 4,0 экз./м²; Академгородок – 3,4 экз./м²; Ветлужанка – отсутствует. Присутствие красноватого дождевика увеличивает концентрацию витамина В12 в почве.

Восьмигранная дендробена (*Dendrobaena octaedra*) – характерный обитатель верхнего слоя почвы хвойных лесов и его нередко называют «червем таежным». Переносит низкие температуры. Стрессоустойчив. Его численность на исследуемых участках леса небольшая и варьирует: Дрокинская сопка (северный склон) – среднее количество составляет

2,4 экз./м²; Академгородок – 0,8 экз./м²; Ветлужанка – отсутствует.

Наличие в почвах исследуемых участков леса вида червя земляного (пашенный червь) (*Helodrilus caliginosus*), чаще встречающегося на обрабатываемых землях, свидетельствует о нарушении лесных биогеоценозов. Его присутствие повсеместно, и численность составляет: Дрокинская сопка (северный склон) – среднее количество 2,0 экз./м²; Академгородок – 1,5 экз./м²; Ветлужанка – 0,5 экз./м². Также встречаются представители одного из его разновидностей – навозный червь (компостный червь) (*Eisenia balatonika*), который редко распространен в естественной среде. Этот вид предпочитает органические отходы, а также повышенную влажность почвы (77–86%).

Видовой состав дождевых червей в почвах района исследования (табл. 2, рис. 1, 2).

Анализ таблицы 2 и рисунков 1, 2 показал, что наибольшим видовым разнообразием дождевых червей характеризуются сосновые биоценозы, произрастающие на дерновой лесной почве Дрокинской сопки (северный склон).

Статистическая обработка данных показала статистически значимую ($p < 0,001$) и положительную линейную связь ($r = 1,000000$) между рН (водн.) и числом видов дождевых червей (рис. 1). Также статистически значимая ($p < 0,01$) положительная линейная связь ($r = 0,999948$) выявлена между содержанием гумуса и натуральным логарифмом числа видов

Таблица 2 – Видовой состав дождевых червей в зависимости от особенностей почв района исследования

Видовой состав дождевых червей	pH (водн.)	Гумус, %	Влажность, г/см ³ (июнь)	Запас подстилки, т/га
Дрокинская сопка (северный склон)				
<i>Dendrobaena octaedra</i>	6,8	7,6	36,3	2,8
<i>Allolobophora parva</i>				
<i>Lumbricus terrestris</i>				
<i>Lumbricus rubellus</i>				
<i>Eisenia balatonika</i>				
<i>Helodrilus caliginosus</i>				
Академгородок (250 м от главной дороги)				
<i>Dendrobaena octaedra</i>	6,6	5,8	19,2	2,3
<i>Lumbricus terrestris</i>				
<i>Lumbricus rubellus</i>				
<i>Helodrilus caliginosus</i>				
Микрорайон Ветлужанка (окраина, юго-запад)				
<i>Lumbricus terrestris</i>	6,4	2,6	19,0	0,9
<i>Helodrilus caliginosus</i>				

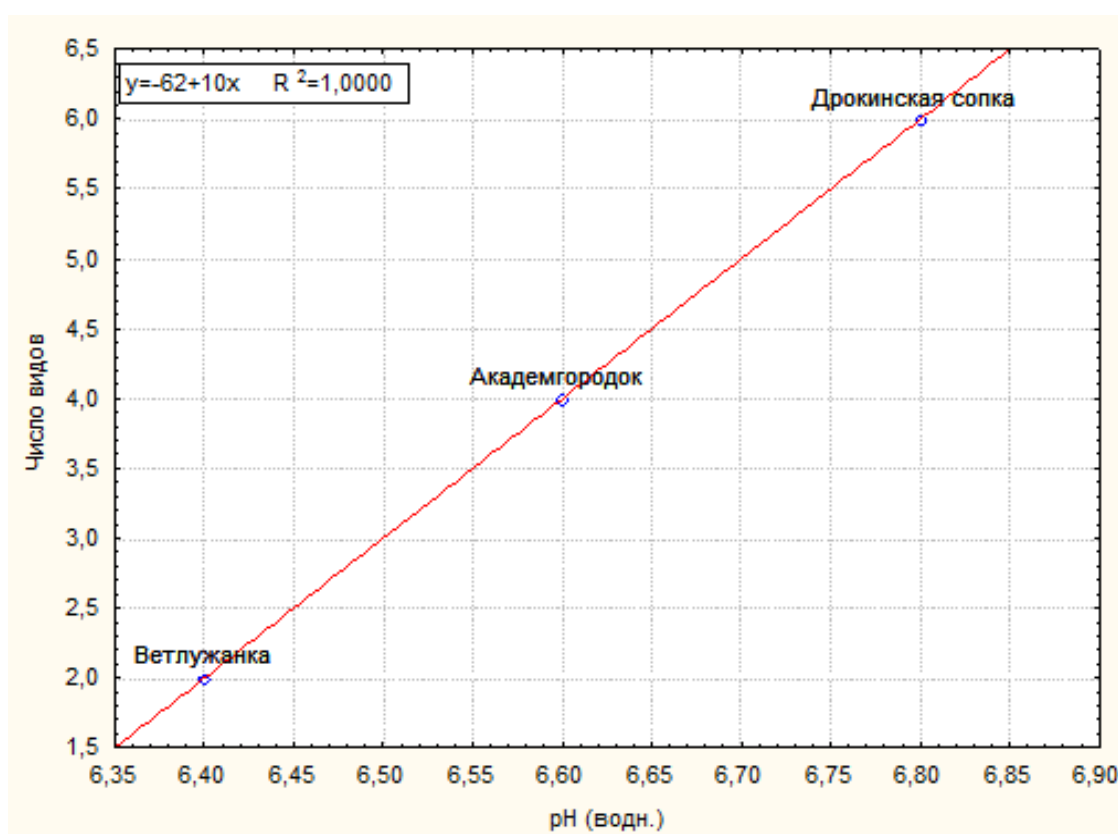


Рисунок 1. Зависимость между числом видов дождевых червей и pH (водн.) в гумусовом горизонте почв

дождевых червей (рис. 2).

Заключение: Применение видов дождевых червей (*Lumbricidae*) как тест-объектов – восьмигранная дендробена (*Dendrobaena octaedra*); люмбрикус земной (*Lumbricus terrestris*); малый красный

червь (красноватый дождевик) (*Lumbricus rubellus*); червь земляной (пашенный червь) (*Helodrilus caliginosus*); аллобофора малая (*Allolobophora parva*), эйзеня балатонская (*Eisenia balatonika*) – является индикаторными маркерами

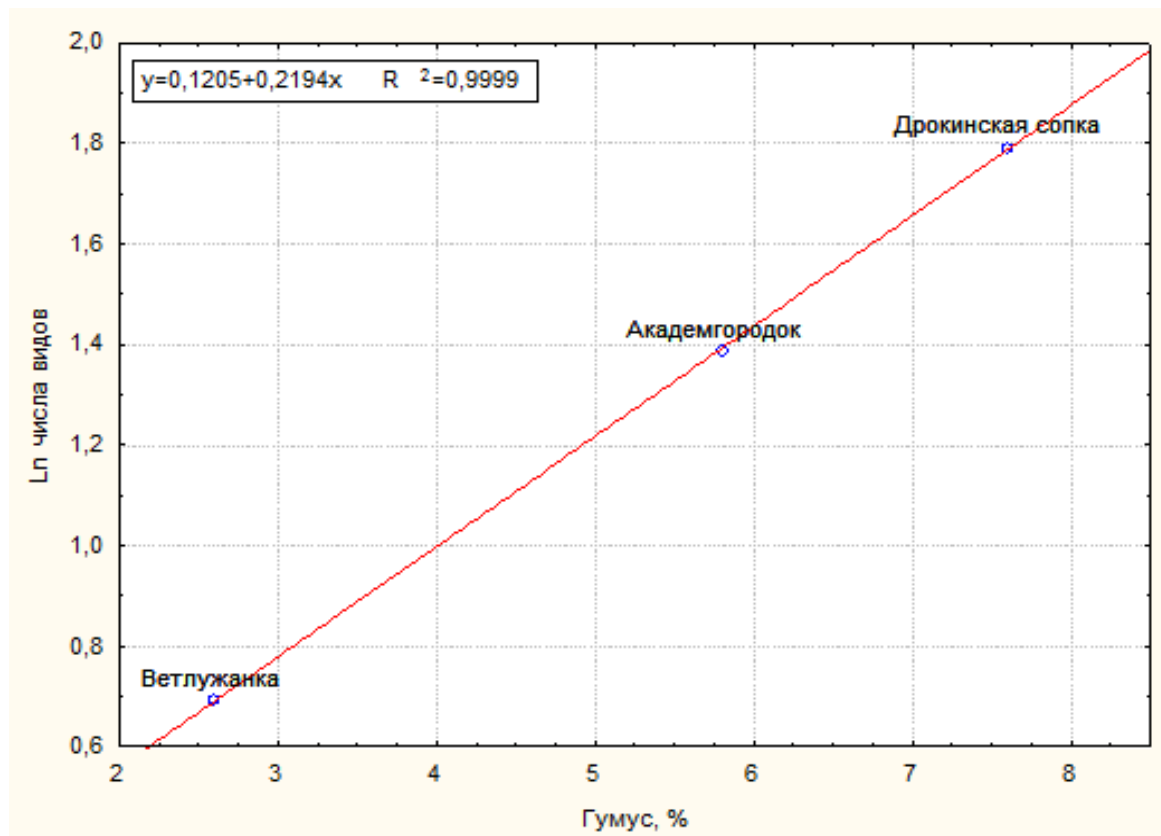


Рисунок 2. Зависимость между содержанием гумуса в гумусовом горизонте почв и натуральным логарифмом числа видов дождевых червей

антропогенного нарушения почв при биотестировании в пригородных сосновых биоценозах окрестностей Красноярска. Наибольшим видовым разнообразием дождевых червей характеризуются сосновые биоценозы, произрастающие на дерновой лесной почве Дрокинской сопки (северный склон). Наибольшее антропогенное нарушение почвенного покрова исследуемых участков пригородных сосновых биогеоценозов, по данным зоотестирования, выявлено в районе Академгородка и микрорайоне Ветлужанка.

Список источников

1. Дмитриенко В.К. Влияние рекреационной нагрузки на почвенные беспозвоночные соснового бора // Почвы зоны КАТЭКА. Красноярск : ИЛИД СО РАН, 1981. С.155-163.
2. Демиденко Г.А. Оценка состояния снежного покрова селитебных ландшафтов. Красноярск : КрасГАУ, 2018. 142 с.
3. Демиденко Г.А., Жбанчиков Д.О. Загрязнение городской среды фтором. Красноярск : КрасГАУ, 2020. 144 с.
4. Демиденко Г.А., Турыгина О.В. Антропогенное загрязнение городской среды. Красноярск : КГПУ им. В.П. Астафьева, 2019. 170 с.
5. Боескоров В.С. Экологические условия обитания дождевого червя (*Eisenia Nordenskioldi*, Eisen) в мерзлотных почвах Якутии: автореф. дис.... канд. биол. наук. Улан-Удэ : ИО и ЭБ СО РАН, 2004. 24 с.
6. Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России. Кадастр и определитель. Москва : Наука, 1997. 102 с.
7. Гераськина А.П. Проблемы количественной оценки и учета фаунистического разнообразия дождевых червей в лесных сообществах // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. Vol. 2. № 2. Pp. 1-9.
8. Ермолов С.А. Биотопическое распределение дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) в малых речных долинах лесостепного Приобья // Russian Journal of Ecosystem Ecology, 2019. Vol. 4. № 2. Pp. 65-82.
9. Ермолов С.А. Сообщества дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) хвойных и мелколиственных лесов лесостепного Приобья // Вопросы лесной науки. 2020. Т.3. № 2. С. 18-36.
10. Методы почвенно-зоологических ис-

следований // под ред. М.С. Гилярова. Москва : Наука, 1975. 281 с.

11. Хижняк С.В., Пучкова Е.П. Математические методы в агроэкологии и биологии: учеб. пособие. Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2019. 240 с.

References

1. Dmitrienko V.K. Vliyanie rekreacionnoj nagruzki na pochvenny'e bespozvonochny'e sosnovogo bora [Influence of recreational load on soil invertebrates in the pine forest]. *Pochvy zony KATEKA*. Krasnoyarsk. ILiD SO RAN. 1981. Pp.155-163 (In Russ.)

2. Demidenko G.A. Ocenka sostoyaniya snezhnogo pokrova selitebnyh landshaftov [Assessment of the snow cover state in residential landscapes]. Krasnoyarsk. KrasGAU, 2018. 142 p. (In Russ.)

3. Demidenko G.A., Zhbanchikov D.O. Zagryaznenie gorodskoj sredy ftorom [Pollution of the urban environment with fluorine]. Krasnoyarsk. KrasGAU, 2020. 144 p. (In Russ.)

4. Demidenko G.A., Turygina O.V. Antropogennoe zagryaznenie gorodskoj sredy [Anthropogenic pollution of the urban environment]. Krasnoyarsk. 2019. 170 p. (In Russ.)

5. Boeskorov V.S. Ekologicheskie usloviya obitaniya dozhdevogo chervya (Eisenia Nordenskioldi, Eisen) v merzlotnyh pochvah Yakutii [Ecological conditions of the earthworm

(Eisenia Nordenskioldi, Eisen) in the permafrost soils of Yakutia]. Candidate's dissertation abstract. Ulan-Ude. 2004. 24 p. (In Russ.)

6. Vsevolodova-Perel' T.S. Dozhdevy'e chervi fauny' Rossii. Kadastr i opredelitel [Earthworms of the Russia fauna]. Moscow. Nauka, 1997. 102 p. (In Russ.)

7. Geraskina A.P. Problems of quantification and accounting faunal diversity of earthworms in forest communities. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2016;2(2):1-9 (In Russ.)

8. Ermolov S.A. Biotopical distribution of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in small river valleys of the forest-steppe Ob Region. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2019;4(2):65-82 (In Russ.)

9. Ermolov S.A. Earthworm communities (Oligochaeta, Lumbricidae) of pine forests and small foliage forests in the forest-steppe Ob region. *Forest science issues*. 2020;3(2):18-36 (In Russ.)

10. Metody pochvenno-zoologicheskix issledovanij [Methods of soil-zoological research]. Ed. M.S. Gilyarov. Moscow. Nauka, 1975. 281 p.

11. Xizhnyak S.V., Puchkova E.P. Matematicheskie metody v agroekologii i biologii: ucheb. posobie [Mathematical methods in agroecology and biology: textbook]. Krasnoyarsk. 2019. 240 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Галина Александровна Демиденко – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ландшафтной архитектуры и ботаники, Институт агроэкологических технологий

Information about the authors

Galina A. Demidenko – Doctor of Science (Biology), Professor, Head of the Department of Landscape Architecture and Botany Chair, Institute of Agroecological Technologies

Статья поступила в редакцию 20.12. 2022; одобрена после рецензирования 18.01.2022; принята к публикации 20.01.2022.

The article was submitted 20.12.2022; approved after reviewing 18.01.2022; accepted for publication 20.01.2022.