

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»
(ВГУ ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА)

УДК 595.142.39(476)
Рег. № 20191920

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе,
профессор
_____ Е.Я. Аршанский
« ____ » _____ 20__ г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
Состав и происхождение фауны дождевых червей Беларуси
(заключительный)

договор с БРФФИ № Б19РМ-072 от 02.05.2019 г.

Руководитель НИР,
доцент кафедры
зоологии и ботаники,
ВГУ имени П.М. Машерова»
кандидат биологических наук

_____ Е.А. Держинский
« ____ » _____ 20__ г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР
доцент кафедры
зоологии и ботаники,
ВГУ имени П.М. Машерова»
канд. биол. наук

_____ Е.А. Держинский
подпись, дата (введение, раздел 1, 2, заключение)

Исполнители:
старший преподаватель
кафедры зоологии и ботаники,
ВГУ имени П.М. Машерова»

_____ В.М. Коцур
подпись, дата (введение, раздел 2, 3)

студент
ВГУ имени П.М. Машерова»

_____ И.В. Свирковская
подпись, дата (раздел 1, заключение)

Нормоконтроль

_____ Т.В. Харкевич
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчет 74 с., 1 кн., 27 рис., 5 табл., 55 источн.

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ, LUMBRICIDAE, БЕЛАРУСЬ, ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, ФИЛОГЕОГРАФИЯ, МОРФО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ

Объектом исследования является фауна дождевых червей семейства Lumbricidae Беларуси.

Цель работы – установление состава и структуры фауны дождевых червей западной части Беларуси.

В ходе работы на всей территории Беларуси, включая ряд особо охраняемых природных территорий, было собрано и определено 6207 экземпляров Lumbricidae. Для ряда видов исследовано генетическое разнообразие.

Обнаружено 14 видов, из которых 3 отмечаются для фауны Беларуси впервые: *Allolobophora chlorotica*, *Octolasion transpadanum* и *Apporrectodea trapezoides*. Также впервые зарегистрирован на территории Беларуси 1 подвид: *Eiseniella tetraedra hercynia* (Michaelson, 1890). Впервые были получены данные о фауне дождевых червей Национального парка «Браславские озера», где обнаружено 9 видов. Составлены карты распространения видов дождевых червей в Беларуси, опубликован справочник-определитель. Сформулирована концепция географического распространения и внутривидовой изменчивости дождевых червей фауны Беларуси.

Результаты исследования могут быть использованы в научно-исследовательской (филогеография, почвенная зоология, экология), природоохранной, лечебно-профилактической, учебно-методической деятельности, в сельском хозяйстве, работе карантинной службы.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Материал и методы.....	10
2 Состав и структура фауны дождевых червей сем. Lumbricidae на исследованной территории.....	14
2.1 Общая характеристика распространения.....	14
2.2 Обзор фауны Lumbricidae ООПТ.....	22
2.2.1 Национальный парк «Браславские озера».....	22
2.2.2 Национальный парк «Нарочанский».....	25
2.2.3 Национальный парк «Беловежская Пуща» и заказник «Званец».....	27
2.2.4 Национальный парк «Припятский».....	30
2.2.5 Березинский биосферный заповедник.....	31
2.2.6 Освейский ландшафтный заказник.....	32
2.2.7 Ландшафтные заказники «Стрельский» и «Мозырские овраги».....	33
2.2.8 Сравнительный анализ фауны изученных ООПТ.....	35
2.3 Фауна Lumbricidae в условиях города.....	38
2.3.1 Видовой состав и численность дождевых червей в г. Витебске.....	38
2.3.2 Комплексы дождевых червей в парках.....	42
3 Генетическая изменчивость некоторых видов дождевых червей в условиях Беларуси.....	47
3.1 Генетическое разнообразие <i>Dendrobaena octaedra</i>	47
3.2 Генетическая и размерная изменчивость <i>Octolasion tyrtaeum</i>	50
3.3 Филогеография и генетические линии <i>Aporrectodea rosea</i>	52
3.4 Морфологические различия между генетическими линиями <i>Aporrectodea caliginosa</i>	55
4 Происхождение фауны дождевых червей Беларуси.....	59
5 Перспективы дальнейшего развития исследований и практического использования полученных результатов.....	61
6 Результаты сотрудничества сторон.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Исследования фауны дождевых червей Беларуси с конца XIX века и до наших дней обнаружили сравнительно небольшое количество видов дождевых червей. В последней обобщающей работе, справочнике-определителе Максимовой и Гуриной [1] приводится 12 видов дождевых червей. Позднее этот список был дополнен еще двумя видами [2]. Все они – самые обычные космополиты, широко распространенные по всей умеренной зоне Евразии, и завезенные человеком также и на другие континенты. При этом Беларусь находится относительно недалеко от центра видового разнообразия дождевых червей в Карпатах. Фауны сопредельных стран заметно богаче: в Польше насчитывается уже 35 видов [3], на Украине – более 40 [4]. Более того, имеется указание о находке в Беловежской Пуще вида из рода *Helodrilus* [5], который более нигде в Беларуси не был отмечен, а в России встречается лишь на самом юге, на побережье Черного моря [6]. Основываясь на вышесказанном, следует ожидать, что число видов дождевых червей в фауне Беларуси выше, чем считается сейчас. Ещё один аспект биоразнообразия дождевых червей – их высокое генетическое разнообразие. Впервые данный феномен для группы продемонстрировала работа Р. Кинга с соавторами: при исследовании популяций различных видов дождевых червей были обнаружены последовательности митохондриального гена цитохром оксидазы I, различающиеся на 10 – 15% замен [7]. Данный уровень различий для большинства групп животных считается очень высоким, характеризующим разные роды, но у исследуемых видов различные варианты гена цитохромоксидазы встречались у морфологически неразличимых особей, обитающих симпатрично. Что особенно интересно, такой уровень различий был обнаружен сразу для пяти исследованных видов. Множество последующих работ на дождевых червях из различных географических регионов подтвердили, что такая ситуация – норма для дождевых червей [8; 9]. Эта особенность делает работы по филогеографии дождевых червей очень перспективными. Вероятно, большинство

космополитов европейского происхождения (т.е. почти вся известная на данный момент фауна Беларуси) расселялась с запада на восток Евразии. Как можно было бы ожидать, генетическое разнообразие этих видов в России заметно обеднено по сравнению с Западной Европой [9]. Полученные нами предварительные молекулярно-генетические данные говорят о том, что генетическое разнообразие некоторых видов дождевых червей (*A. caliginosa*, *A. rosea*, *O. tyrtaeum*) из Беларуси заметно выше, чем у популяций этих видов из России и сравнимо с таковым в Западной Европе. Анализ изменчивости последовательностей ДНК белорусских популяций дождевых червей и их сравнение с популяциями из сопредельных стран позволит установить направление и время расселения видов, и, таким образом, описать процесс становления фауны дождевых червей Беларуси.

Актуальность работы определяется недостаточной изученностью фауны дождевых червей Беларуси. Множество работ показывают, что наши текущие представления о составе фауны дождевых червей неверны, так как морфологический анализ (который затруднен малым количеством диагностических признаков у этой группы) зачастую расходится с генетическим. Внешне сходные особи в разных точках, или даже в одной и той же могут крайне сильно различаться по последовательностям ДНК и вполне могут представлять собой разные виды, в связи с чем результаты многих работ оказываются под сомнением. Дождевые черви играют крайне важную роль в жизни почв. Они перерабатывают опад и формируют структуру почвы, тем самым во многом определяя ее продуктивность, состав почвенной фауны и растительности. Изучение их видового и генетического разнообразия – важная задача не только для фундаментальной науки, но и для сельского хозяйства и лесоводства.

Цель исследования – установление видового состава, генетической структуры и происхождения фауны дождевых червей Беларуси.

Задачи исследования:

1) Собрать образцы дождевых червей из различных биотопов по всей территории Беларуси, включая наиболее крупные ООПТ: Березинский биосферный заповедник, Национальные парки «Нарочанский», «Припятский», «Браславские озера», «Беловежская пушча»;

2) провести картирование распространения видов дождевых червей по территории Беларуси;

3) провести выборочное генотипирование собранных видов; установить уровень их внутривидовой изменчивости, проверить их на присутствие видов-двойников; сравнить полученные данные с опубликованными для тех же видов из других стран;

4) изучить филогеографию некоторых видов дождевых червей (*Dendrobaena octaedra*, *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea caliginosa*, *Octolasion transpadanum*), проследить историю их расселения.

Предварительные результаты исследования были отражены в промежуточном отчете «Состав и происхождение фауны дождевых червей Беларуси» за первый год выполнения договора (31.03.2020г.).

Результаты исследования могут быть использованы в следующих областях:

научно-исследовательская деятельность: специалистами в области филогеографии, почвенной зоологии и экологии, прежде всего для выяснения связи состава почвенной фауны с путями деструкции органики и влиянием ее на состав растительного сообщества;

природоохранная деятельность: для оценки состояния экосистем, при проектировании и создании особо охраняемых природных территорий, при составлении списков редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь видов диких животных, включаемых в

Красную книгу Республики Беларусь, инвентаризации фауны особо охраняемых природных территорий;

деятельность по профилактике и борьбе с паразитами и болезнями сельскохозяйственных и диких животных (многие дождевые черви являются промежуточными хозяевами паразитов животных);

деятельность карантинной службы по прогнозированию и предотвращению завоза чужеродных и инвазивных видов животных;

сельское хозяйство: для разработки мероприятий по повышению плодородия почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, рекультивации земель;

учебно-методическая работа: преподавателями, студентами, магистрантами и аспирантами высших учебных заведений при проведении лекционных и практических занятий, выполнении лабораторных, курсовых, дипломных и магистерских работ, педагогической практике в школе (на факультативах по биологии).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Максимова, С.Л. Дождевые черви (Lumbricidae) фауны Беларуси / С.Л. Максимова, Н.В. Гурина. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 56 с.
2. Максимова, С.Л. Современное состояние лямбликофауны и новые виды дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) в Беларуси / С.Л. Максимова, Ю.Ф. Мухин // Весці НАН Беларусі. – 2015. – № 3. – С. 56–60.
3. Plisko, J.D. Lumbricidae. Dzdżownice (Annelida: Oligochaeta). Fauna Polski : vol. 1 / J.D. Plisko. – Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1973. – 156 p.
4. Жуков, А.В. Дождевые черви (Lumbricidae). Биологическое разнообразие Украины. Днепропетровская область. / А.В. Жуков, А.Е. Пахомов, О.Н. Кунах. – Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. ун-та, 2007. – 371 с.
5. Pilipiuk, I. Lumbricidae / I. Pilipiuk, G.A. Kuzul'ko // Catalogue of the fauna of Bialowieza Primeval Forest / J.M. Gutowski and B. Jaroszewicz (eds.). – Warszawa : Instytut Badawczy Lesnictwa, 2001. – P. 47–48.
6. Всеволодова-Перель, Т.С. Дождевые черви России: кадастр и определитель / Т.С. Всеволодова-Перель. – М. : Наука, 1997. – 102 с.
7. King, R.A. Opening a can of worms: unprecedented sympatric cryptic diversity within British lumbricid earthworms / R.A. King, A.L. Tibble, W.O.C. Symondson // Molecular ecology. – 2008. – Vol. 17. – № 21. – P. 4684–4698.
8. Novo, M. Cryptic speciation of hormogastrid earthworms revealed by mitochondrial and nuclear data / M. Novo, A. Almodóvar, R. Fernández, D. Trigo, D.J. Díaz Cosín // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2010. – Vol. 56. – № 1. – P. 507–512.
9. Shekhovtsov, S.V. Different dispersal histories of lineages of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* (Lumbricidae, Annelida) in the Palearctic / S.V. Shekhovtsov, E.V. Golovanova, S.E. Peltek // Biological invasions. – 2016. – Vol. 18. – № 3. – P. 751–761.

10. Буреева, Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «Statistica»: учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики» / Н.Н. Буреева. – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.
11. Grobe, H. PanMap – a Mini-GIS (Geographical Information System) to draw point and vector data in maps including geographical resources [Electronic source] / H. Grobe, M. Diepenbroek, U. Siems // Bremerhaven: Alfred Wegener Institute, Helmholtz Center for Polar and Marine Research, PANGAEA, 2003. – Режим доступа: . – Дата доступа: 10.06. 2016.
12. GenBank [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide>. – Дата доступа: 01.11.2019.
13. Basic Local Alignment Search Tool [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>. – Дата доступа: 01.11.2019.
14. Ronquist, F. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models / F. Ronquist, J.P. Huelsenbeck // *Bioinformatics*. – 2003. – Vol. 19. – Iss. 12. – P. 1572-1574.
15. Stamatakias, A. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies / A. Stamatakias // *Bioinformatics*. – 2014. – Vol. 30. – Iss. 9. – P. 1312-1313.
16. Гиляров, М.С. Использование беспозвоночных для характеристики почв Беловежской пуши / М.С. Гиляров, Т.С. Перель, А.П. Утенкова // *Беловежская пуши. Исследования*. – Минск, 1971. – Вып. 4. – С. 193–212.
17. Хотько, Э.И. класс малощетинковые – Oligochaeta / Э.И. Хотько // *Беспозвоночные Национального парка «Припятский»*. – Минск, 1997. – С. 18–19.
18. Малевич, И.И. к фауне дождевых червей западной Белоруссии / И.И. Малевич, В.Г. Матвеева // *Уч. зап. МГПИ им. В. И. Ленина*. – М., 1964. – С. 398–403.

19. Сямёнава, М.К. Роля розных відаў дажджавых чарвей у распаўсюджанні метастрангілід дзіка ва ўсходняй Беларусі / М.К. Сямёнава, А.І. Анісімава // Вес. АН Беларусі. Сер. біял. навук. – 1992. – № 1. – С. 109–113.
20. Мелешко, Я.С. Фауна дождевых червей Витебской области / Я.С. Мелешко // Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии : тез. докл. V зоол. конф., 20–21 дек. 1983 г., Минск. – Минск : Наука и техника, 1983. – С. 75–76.
21. Pérez-Losada, M. Phylogenetic assessment of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* species complex (Oligochaeta: Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences / M. Pérez-Losada, M. Ricoy, J.C. Marshall, V. Domínguez // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2009. – Vol. 52. – P. 293–302.
22. Коцур, В.М. К изучению фауны дождевых червей Браславского района / В.М. Коцур, Е.А. Держинский // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 72 региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 20 февраля 2020 г. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – Т. 1. – С. 58–60.
23. Перель, Т. С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР / Т. С. Перель; отв. ред. М. С. Гиляров. – М. : Наука, 1979. – 272 с.
24. Утенкова, А.П. Распределение дождевых червей в почвах Беловежской пуши / А.П. Утенкова, Н.С. Назарова // Сб. науч. ст. / ГЗОХ «Беловежская пуши»; рекол.: В.С. Гельтман (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 1968. – Вып. 2. – С. 155–160.
25. Савицкий, Б.П. Количественная и качественная характеристика почвенной мезофауны некоторых типов сосняков Припятского заповедника / Б. П. Савицкий, В. Н. Веремеев // Сб. науч. ст. / ГЗОХ «Беловежская пуши»;

редкол.: М.П. Ковальков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 1980а. – Вып. 4: Заповедники Белоруссии. – С. 155–160.

26. Веремеев, В.Н. Структурно-функциональное состояние биоразнообразия комплексов дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) пойменных экосистем Полесья Беларуси / В.Н. Веремеев, Н.Л. Синенко // Структурно-функциональное состояние биологического разнообразия животного мира Беларуси: тез. докл. VIII зоол. науч. конф. / Ин-т зоологии НАН Беларуси. – Минск, 1999. – С. 281–283.

27. Меркушева, И.В. Черви / И.В. Меркушева, Э.И. Хотько, С.Н. Ветрова, Н.Ф. Карасев // Березинский биосферный заповедник Белорусской ССР / Гельтман В.С. (ред.). – Мн: Ураджай, 1983. – С. 208–209.

28. Хотько, Э.И. Почвенная мезофауна некоторых биогеоценозов Березинского государственного биосферного заповедника / Э.И. Хотько, Л.С. Чумаков // Сб. науч. тр. / АН СССР; под ред. В.Е. Соколова. – М., 1988. – № 2: Проблемы инвентаризации живой и неживой природы в заповедниках. Проблемы заповедного дела. – С. 96–109.

29. Чумаков, Л.С. Мезофауна почв в черноольховых биогеоценозах Березинского заповедника / Л.С. Чумаков // Заповедники Белоруссии. Исследования. – Минск, 1991. – Вып. 15. – С. 121–128.

30. Держинский, Е.А. К изучению фауны дождевых червей Березинского биосферного заповедника / Е.А. Держинский, В.М. Коцур // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 73 региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 11 марта 2021 г. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – С. 86–87.

31. Свирковская, И.В. К изучению фауны дождевых червей г. Витебска / И.В. Свирковская // «Молодость. Интеллект. Инициатива»: материалы VIII Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 г. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2020. – С. 98–99.

32. Стриганова, Б.Р. Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской Равнины / Б.Р. Стриганова, Н.М. Порядина. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 234 с.

33. Shekhovtsov, S.V. Phylogeography of earthworms from high latitudes of Eurasia / S.V. Shekhovtsov, D.I. Berman, N.A. Bulakhova, O.L. Makarova, S.E. Peltek // *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. – 2018. – Vol. 64, iss. 4. – P. 369–382.

34. Cameron, E.K. Genetic structure of invasive earthworms *Dendrobaena octaedra* in the boreal forest of Alberta: insights into introduction mechanisms / E.K. Cameron, E.M. Bayne, D.W. Coltman // *Molecular Ecology*. – 2008. – Vol. 17, iss. 5. – P. 1189–1197.

35. Держинский, Е.А. Генетическое разнообразие дождевого червя *Dendrobaena octaedra* на территории Республики Беларусь / Е.А. Держинский, В.М. Коцур, И.В. Свирковская // *Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*. – 2020. – № 1 (106). – С. 55–59.

36. Hewitt, G. The genetic legacy of the Quaternary ice ages / G. Hewitt // *NATURE*. – 2000. – Vol. 405. – P. 907–913.

37. Tarasov, P.E. Last glacial maximum biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from northern Eurasia / P.E. Tarasov, V.S. Volkova, T. Webb III, J. Guiot, A.A. Andreev, L.G. Bezusko, T.V. Bezusko, G.V. Bykova, N.I. Dorofeyuk, E.V. Kvavadze, I.M. Osipova, N.K. Panova, D.V. Sevastyanov // *Journal of Biogeography*. – 2000. – Vol. 27, iss. 3. – P. 609–620.

38. Hansen, P.L. Low genetic variation for *Dendrobaena octaedra* from Greenland compared to populations from Europe and North America: Refuge or selection? / P.L. Hansen, M. Holmstrup, M. Bayley, V. Simonsen // *Pedobiologia*. – 2006. – Vol. 50, iss. 3. – P. 225–234.

39. Porco, D. Biological invasions in soil: DNA barcoding as a monitoring tool in a multiple taxa survey targeting European earthworms and springtails in North America / D. Porco, T. Decaens, L. Deharveng, S.W. James, D. Skarżyński,

C. Erséus, K.R. Butt, B. Richard, P.D.N. Hebert // *Biological Invasions*. – 2013. – Vol. 15, iss. 4. – P.899–910.

40. Heethoff, M. Mitochondrial COII sequences indicate that the parthenogenetic earthworm *Octolasion tyrtaeum* (Savigny 1826) constitutes of two lineages differing in body size and genotype / M. Heethoff, K. Etzold, S. Scheu // *Pedobiologia*. – 2004. – 8(1). – P. 9–13. DOI 10.1016/j.pedobi.2003.04.001.

41. Shekhovtsov, S.V. Genetic diversity of the earthworm *Octolasion tyrtaeum* (Lumbricidae, Annelida) / S.V. Shekhovtsov, E.V. Golovanova, S.E. Peltek // *Pedobiologia*. – 2014. – 57. – P. 245–250.

42. Генетическая и размерная изменчивость *Octolasion tyrtaeum* (Lumbricidae, Annelida) / С.В. Шеховцов, С.А. Ермолов, Е.А. Держинский, Т.В. Полубаярова, М.С. Ларичева, С.Е. Пельтек // *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2020. – 6 (1). – С. 5–9. DOI 10.18699/Letters2020-6-0.

43. Hendrix, P.F. Pandora's box contained bait: the global problem of introduced earthworms / P.F. Hendrix, M.A. Callahan, J.M. Drake, C.-Y. Huang, S.W. James, B.A. Snyder, W. Zhang // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. – 2008. – Vol. 39. – P. 593-613.

44. Tiunov, A.V. Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America / A.V. Tiunov, C.M. Hale, H.M. Holdsworth, T.S. Vsevolodova-Perel // *Biological Invasions*. – 2006. – Vol. 8. – Iss. 6. – P. 1223-1234.

45. Fernández, R. Earthworms, good indicators for palaeogeographical studies? Testing the genetic structure and demographic history in the peregrine earthworm *Aporrectodea trapezoides* (Dugès, 1828) in southern Europe / R. Fernández, A. Almodóvar, M. Novo, M. Gutiérrez, D.J.D. Cosín // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2013. – Vol. 58. – P. 127-135.

46. King, R.A. Opening a can of worms: unprecedented sympatric cryptic diversity within British lumbricid earthworms / R.A. King, A.L. Tibble,

W.O.C. Symondson // *Molecular Ecology* – 2008. – Vol. 17. – Iss. 21. – P. 4684–4698.

47. Porco, D. Biological invasions in soil: DNA barcoding as a monitoring tool in a multiple taxa survey targeting European earthworms and springtails in North America / D. Porco, T. Decaëns, L. Deharveng, S.W. James, D. Skarzynski, C. Erséus, K.R. Butt, B. Richard, P.D.N. Hebert // *Biological Invasions* – 2013. – Vol. 15. – Iss. 4. – P. 899-910.

48. Fernández, R. Diversification patterns in cosmopolitan earthworms: similar mode but different tempo / R. Fernández, M. Novo, D.F. Marchán, D.J.D. Díaz Cosín // *Molecular Phylogenetic and Evolution*. – 2016. – Vol. 94. – P. 701-708.

49. Pérez-Losada, M. Phylogenetic assessment of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* species complex (Oligochaeta: Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences / M. Pérez-Losada, M. Ricoy, J.C. Marshall, J. Domínguez // *Molecular Phylogenetic and Evolution* – 2009. – Vol. 52. – P. 293-302.

50. Fernández, R. A vagrant clone in a peregrine species: phylogeography, high clonal diversity and geographical distribution in the earthworm *Aporrectodea trapezoides* (Dugès, 1828) / R. Fernández, A. Almodóvar, M. Novo, M. Gutiérrez, D.J. Díaz Cosín // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2011. – Vol. 43. – Iss. 10. – P. 2085-2093.

51. Shekhovtsov, S.V. Phylogeography and genetic lineages of *Aporrectodea rosea* (Lumbricidae, Annelida) / S.V. Shekhovtsov, Ye.A. Derzhinsky, T.V. Poluboyarova, E.V. Golovanova, S.E. Peltek // *European Journal of Soil Biology*. – 2020. – Vol. 99. – P. 1–5.

52. Csuzdi, C. Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae) / C. Csuzdi, Zicsi A. // Budapest: Hungarian Natural History Museum, 2003. – 271 p.

53. Sims, R.W. Earthworms: keys and notes for the identification and study of the species. / R. W. Sims, B. M. Gerard // Brill Archive. –1985. – № 31. – 171 p.

54. Bart, S. *Aporrectodea caliginosa*, a relevant earthworm species for a posteriori pesticide risk assessment: current knowledge and recommendations for culture and experimental design / S. Bart, Amossé, J., Lowe, C. N., Mougin, C. Péry, A. R. R., and Pelosi // Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – Vol. 25. – Iss. 34. – P. 33867–33881.

55. Максимова, С.Л. Видовой состав дождевых червей и их биотопическое распределение на территории Беларуси / С.Л. Максимова, Ю.Ф. Мухин // Весці НАН Беларусі. – 2016. – № 1. – С. 56–60.