



УДК 42.34 (477.43)
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.7>

ФАУНА ДОЩОВИХ ЧЕРВІВ В УРБАНІЗОВАНИХ БІОТОПАХ МІСТА ЖИТОМИРА

В. В. Мороз¹, О. В. Гарбар²

Урбанізація нині є однією з основних загроз для біорозмаїття, моніторинг фауни урбанізованих територій надає цінну інформацію щодо впливу трансформованого людиною середовища на різноманітність біоти. Оскільки дощові черви є одними з найпоширеніших представників педофауни та перебувають у постійному контакті із ґрунтом, вони чутливо реагують на негативні зміни його стану та є індикатором якості середовища. У статті наведено результати дослідження видового складу та структури комплексів дощових червів в урбоєкосистемі міста Житомира. Установлено, що фауна дощових червів досліджуваних біотопів міста налічує десять видів родини Lumbricidae: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *A. rosea* (Savigny, 1826), *A. trapezoides* (Duges, 1828), *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758), *L. castaneus* (Savigny, 1826), *L. rubellus* (Savigny, 1826), *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826), *Octolasion lacteum* (Örley, 1885), *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) та *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). Виявлені види мають різний набір морфологічних пристосувань до життя у ґрунтовому середовищі та нерівномірно представлені у вибірках. Фоновими видами є *A. caliginosa*, *A. rosea* та *L. terrestris*, які представлені в більшості вибірок. На досліджуваних рекреаційних ділянках найчисленнішим виявився *A. caliginosa*, проте найбільшої кількості він досягає в центральних паркових зонах міста. У деяких вибірках домінантом або співдомінантом є *L. terrestris*. *A. rosea* найбільшої чисельності досягає в рекреаційних зонах поблизу берегів водойм, тоді як у центральних паркових зонах представлений лише одиничними екземплярами. Інші види не досягають тут високої чисельності. У дворах житлових забудов і біля них максимальна чисельність виявлених люмбрицид в окремих вибірках сягала до 8 особин на пробу – у більшості вибірок (92,45%) домінував *A. caliginosa*, у 7,55% вибірок – *A. rosea*. У досліджуваних біоценозах, розташованих поблизу промислових підприємств, чисельність виявлених видів дощових червів була незначною.

Ключові слова: Lumbricidae, видовий склад, біорізноманіття, урбоєкосистема.

¹ здобувачка третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
ОНП «Зоологія» кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: vikamoroz14@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1676-5182

² доктор біологічних наук, професор,
завідувач кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: o.v.harbar@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4357-4525

FAUNA OF EARTHWORMS IN THE URBANIZED BIOTOPES OF THE CITY OF ZHYTOMYR

V. V. Moroz, O. V. Harbar

Today, urbanization is one of the main threats to biodiversity, and monitoring the fauna of urbanized areas provides valuable information about the impact of the human-transformed environment on the diversity of biota. Since earthworms are one of the most common representatives of pedofauna and are in constant contact with the soil, they sensitively react to negative changes in its condition and are an indicator of the quality of the environment. The article presents the results of a study of the species composition and structure of earthworm complexes in the urban ecosystem of the city of Zhytomyr. It was established that the fauna of earthworms in the studied biotopes of the city includes ten species of the Lumbricidae family: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *A. rosea* (Savigny, 1826), *A. trapezoides* (Duges, 1828), *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758), *L. castaneus* (Savigny, 1826), *L. rubellus* (Savigny, 1826), *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826), *Octolasion lacteum* (Örley, 1885), *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) and *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). The identified species have a different set of morphological adaptations to life in the soil environment and are unevenly represented in the samples. The background species are *A. caliginosa*, *A. rosea* and *L. terrestris*, which are represented in the vast majority of samples. *A. caliginosa* turned out to be the most numerous in the investigated recreational areas, but it reaches the greatest number in the central park areas of the city. In some samples, *L. terrestris* is dominant or co-dominant. *A. rosea* reaches its greatest abundance in recreational zones near the shores of reservoirs, while in central park zones it is represented only by single specimens. Other species do not reach high numbers here. In the yards of residential buildings and near them, the maximum number of identified lumbricids in individual samples reached 8 individuals per sample – in the vast majority of samples (92,45%) *A. caliginosa* was dominant, in 7,55% of samples – *A. rosea*. In the studied biocenoses, located near industrial enterprises, the number of detected species of earthworms was insignificant.

Key words: Lumbricidae, species composition, biodiversity, urban ecosystem.

Вступ

Погіршення, що прогресує, стану навколишнього середовища з кожним роком призводить до виникнення численних екологічних проблем. Однією з таких є урбанізація, яка, будучи основною рушійною силою змін землекористування, негативно впливає на біорозмаїття (Консерсіон et al., 2015; Войчун та ін., 2016).

Найбільше від впливу урбанізації потерпають міські території, оскільки на них сконцентрована велика кількість населення та відбувається розбудова. Стрімке поширення урбанізації пов'язано насамперед зі збільшенням енергетичних потреб, удосконаленням транспортних розв'язок, покращенням системи комунальних послуг і облаштуванням рекреаційних зон із метою забезпечення вищого рівня комфорту життя населення (Стернік, 2017).

Урбанізовані території, як складні багатофункціональні природно-антропогенні геосистеми, поєднують максимальну різноманітність впливів антропогенного характеру на природні екосистеми, зокрема й на ґрунт (Grimm et al., 2008; Стойко і Койнова, 2012; Стернік і Мельник, 2016). Ґрунтовий покрив виконує важливі біосферні функції

та є одним із найбільш чутливих компонентів навколишнього середовища, трансформація якого внаслідок різних антропогенних забруднень призводить до незворотних змін структури природних популяцій флори та фауни (Мірзак, 2001). Ґрунти міських територій унаслідок урбанізації зазнають більш-менш виражених порушень, зокрема й ущільнення, деградацію, зміни покриву та землекористування (Тітенко, 2006; Ooms et al., 2020).

Для урбанізованих міських територій характерними є техноземи, які мають мозаїчне забарвлення, відсутність виражених горизонтів і підвищену щільність. Більшості міських урбоекосистем притаманні порушення природних зв'язків між компонентами довкілля, що призводить до зміни морфологічної будови ґрунтового профілю, його хімічного складу та зміни середовища існування педобіонтів (Криштоп і Волощенко, 2013; Стернік і Мельник 2016; Caruso et al., 2017).

Міські ґрунти, на відміну від природних і сільськогосподарського призначення, систематично зазнають інтенсивного антропогенного навантаження. За умов інтенсивного антропогенного пресингу значна частина едафічного покриву, тією чи іншою мірою,

зазнає змін, що ускладнює або унеможливає виконання ґрунтом його функцій (Маловічко і Головня, 2008; Криштов і Волощенко, 2013). За даними (Стернік, 2017), площі деградованих ґрунтів щороку збільшуються в середньому на 90–100 тис. га.

Одним із поширених видів антропогенного забруднення едафотопів під час урбанізації є надходження до ґрунтових горизонтів важких металів, які характеризуються високим рівнем токсичності та канцерогенності. Їх знаходження у ґрунтових горизонтах, навіть у невеликих кількостях, украй негативно впливає на життєздатність живих організмів на різних рівнях їх організації (Гулько, 2011).

Найбільш тісно контактують із ґрунтовим середовищем педобіоти, які, перебуваючи в постійному контакті із ґрунтом, безпосередньо реагують на негативні зміни його стану. Однією з поширених на території Палеарктики груп едафічних безхребетних тварин є дощові черви родини Lumbricidae. За різними даними (Paoletti, 1999; Spurgeon & Hopkin, 1999; Fründ et al., 2004; Römbke et al., 2005; Жуков та ін., 2007; Tischer, 2009), вони є зручними індикаторами стану навколишнього середовища, оскільки відзначаються відносно високою чисельністю в поверхневому шарі ґрунту (Paoletti, 1999; Römbke et al., 2005; Tischer, 2008; Fründ et al., 2010). Їх широко використовують як біоіндикатори під час проведення оцінювання стану ґрунтів, забруднених важкими металами, радіонуклідами, нафтопродуктами та пестицидами, а також в екотоксикологічному моделюванні (Peijnenburg & Vijver, 2009; Fründ et al., 2010).

Порівняно з іншими педобіонтами, лямбріциди є найбільш чутливими до рівня забруднення середовища, що зумовлено їхніми морфологічними особливостями та способом живлення (Morgan & Morgan, 1999; Жуков та ін., 2007; Стернік і Мельник, 2016). За даними (Spurgeon & Hopkin, 1999; Curry, 2004; Lanno et al., 2004; Caruso et al., 2017; Vlasenko et al., 2020), на життєздатність і видову структуру комплексів дощових червів впливають фізико-хімічні властивості ґрунту, тривалість будівництва та якість середовища селітебних територій.

Дощові черви є важливою структурною ланкою наземних екосистем – за допомогою біотурбацій вони позитивно впливають на фізичні та біологічні властивості ґрунту (Joschko et al., 2006; Шаталін, 2017). Своєю діяльністю вони збільшують простір ґрун-

тових шпар, покращують текстуру ґрунтових горизонтів, подрібнюють і транспортують органічні матеріали, забезпечують рослини поживними речовинами, переміщують насіння рослин у профілі ґрунту, а також сприяють зростанню активності мікробіального угруповання (Spurgeon & Hopkin, 1999; Sheehan et al., 2006; Шаталін, 2017). Відповідно до досліджень (Fründ et al., 2010), дощові черви можуть вказувати на стан ґрунту шляхом зміни чисельності та видової структури, поведінки під час контакту із ґрунтовим субстратом (перевага, уникнення, активність), а також рівня накопичення хімічних речовин в організмі.

Зменшення популяцій лямбріцидів або їх зникнення з окремих територій, безсумнівно, негативно позначається на структурі едафотопів і їхніх властивостях. З метою аналізу стану екосистем актуальним завданням є вивчення структури популяцій дощових червів на територіях, які зазнають впливу урбанізації.

Мета дослідження полягала у вивченні впливу міських урбанізаційних процесів на кількісну та якісну структуру угруповань дощових червів у біотопах міста Житомира.

Матеріал і методи

Як матеріал дослідження використано власні збори дощових червів, виконані протягом весняно-літнього періоду 2024 р. в періоди найбільшої активності тварин (кінець березня – серпень). Матеріал збирали вручну методом розкопок і ручного розбирання проб ґрунту об'ємом 0,125 м³ в антропогенно трансформованих біотопах міста Житомира (території рекреаційного призначення (береги водойм, парки, сквери), ділянки поблизу автодоріг і житлових забудов, біоценози поблизу промислових підприємств, що діють). Відбір проб проводився до нижньої межі, де знаходилися черви. Загалом зібрано й опрацьовано 288 ґрунтових проб.

Відібраних червів фіксували у 70–80% етиловому спирті або 4% формаліні. Видову приналежність установлювали за загальноприйнятою методикою відповідно до наявних рекомендацій (Жуков та ін., 2007).

Дослідження кількісного та видового складу дощових червів проводилося на базі кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

З метою проведення статистичного аналізу даних використано програмний пакет STATISTICA.

Результати й обговорення

Відповідно до отриманих даних, фауна дощових черв'їв досліджуваних біотопів міста налічує десять видів, належних до родини Lumbricidae: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *A. rosea* (Savigny, 1826), *A. trapezoides* (Duges, 1828), *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758), *L. castaneus* (Savigny, 1826), *L. rubellus* (Savigny, 1826), *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826), *Octolasion lacteum* (Örley, 1885), *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) та *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), які нерівномірно представлені у проаналізованих вибірках. Кожний із виявлених видів черв'їв характеризується власним набором морфологічних пристосувань, які виникли у них як пристосування до конкретних умов середовища їх перебування в результаті тривалого природного відбору. Це зумовлює відмінності в можливостях освоєння різними видами урбобіотопів.

Фоновими на досліджуваних територіях міста були три види – *A. caliginosa*, *A. rosea* та *L. terrestris*, які представлені в більшості вибірок. Ці види, згідно з наявними даними (Жуков та ін., 2007), характеризуються широкими межами екологічної толерантності та належать до космополітних видів. Їх знаходження в біотопах, які зазнають систематичного урбанізаційного впливу, підтверджується також низкою інших досліджень (Мірзак, 2001; Жуков та ін., 2007; Стойко і Койнова, 2012; Стернік, 2017).

Міські паркові екосистеми зазнають комплексного антропогенного пресингу за такими основними векторами, як порушення міською забудовою ґрунтового покриву, фрагментація оселищ автодорогами та спорудами, витоптування та рекреаційний вплив (Мірошник та ін., 2023). Рекреаційне навантаження на біотопи супроводжується частковим або цілковитим порушенням рослинного покриву ґрунту та його підстилки внаслідок систематичного потоку відвідувачів і відпочивальників (Білецький, 2016). Окрім того, підвищується ступінь ущільненості ґрунту та його забруднення неорганічними й органічними речовинами, що призводить до нерівномірного розподілу видів дощових черв'їв у вибірках і деякого зменшення їх чисельності в окремих місцях. На досліджуваних рекреаційних територіях міста досить численним виявився *A. caliginosa* (до 8 особин у пробі), проте найбільші його популяції приурочені до центральних паркових зон міста

Житомира. У деяких вибірках домінантом або співдомінантом є *L. terrestris* (до 6 особин у пробі), який, згідно з наявними даними (Жуков та ін., 2007), в антропогенно трансформованих біоценозах скверів, лісопарків і ботанічних садів може досягати високої щільності (до 50 екз./м²). Найбільшої кількості *A. rosea* досягає у біоценозах місць відпочинку поблизу берегів водойм (до 5 особин у пробі), тоді як у центральних паркових зонах представлений лише одиничними екземплярами. Такі відмінності трапляння даного виду у вибірках можуть бути пов'язані з різним ступенем зволоженості ґрунту та рівнем антропогенного впливу на ґрунтовий покрив, оскільки береги водойм, порівняно з парковими зонами, розташованими в центрі міста, зазнають меншого антропогенного впливу та характеризуються швидшою відновлюваністю (Lanno et al., 2004; Römbke et al., 2005). Отже, несприятливі умови існування в одних біотопах можуть призводити до зникнення з них деяких видів дощових черв'їв і їх зберігання в інших, де комплекс абіотичних умов є сприятливішим для життєздатності люмбрицидів (Жуков та ін., 2007).

Види *A. trapezoides*, *D. octaedra*, *O. lacteum*, *E. fetida* трапляються в паркових зонах лише в окремих вибірках і не досягають високої чисельності. Трапляння епігейних видів *D. octaedra* й *E. fetida* і ендегейного *O. lacteum* приурочене до біоценозу листяних лісових насаджень гідропарку, де поширені сірі лісові ґрунти й антропогенний вплив є незначним.

Унаслідок роботи автотранспортних засобів у ґрунтах накопичуються дрібнодисперсні тверді частинки, оксиди та діоксиди вуглецю, оксиди азоту, органічні мастила, розчинники та важкі метали (Cr, Cd, Ni, Pb, Zn, As, Hg) (Маловічко і Головня, 2008; Стойко і Койнова, 2012). Викиди останніх, навіть у невеликих концентраціях, є досить токсичними та можуть впливати на хіміко-біологічні властивості едафотопу. Формування антропогенних біоценозів унаслідок автотранспортних викидів спричиняє зміну структури угруповань педофауни (Стойко і Койнова, 2012).

У біоценозах, розташованих поблизу автошляхів, відбувається перебудова структури комплексу люмбрицидів у напрямі зменшення їх чисельності (Harbar et al., 2024). Однією із причин є забруднення едафічного середовища поліметалевим пилом у комплексі з діоксидом сірки та сполуками

свинцю. Панівним видом біоценозів, розташованих уздовж автодоріг міста, був *A. caliginosa* (до 18 особин у вибірці), меншою частотою трапляння відзначався *A. rosea* (до 15 особин у вибірці). Більш стенобіонтні види – *L. terrestris* і *A. trapesoides* траплялися рідше та були представлені одиничними екземплярами. Порівняно зі стенобіонтними видами, еврибіонтні характеризуються меншою чутливістю до автотранспортного навантаження, тому зазвичай останні реагують на такий вплив лише зміною чисельності, тоді як стенобіонтні види практично зникають із зони впливу чинника.

У дворах житлових забудов і біля них максимальна чисельність виявлених дощових черв'яків в окремих вибірках сягала до 8 особин. Водночас у більшості вибірок (92,45%) панівним видом був *A. caliginosa*, лише в 7,55% вибірок – *A. rosea*. Результатом антропогенного впливу на біотопи поблизу житлових забудов є ущільнення верхніх шарів ґрунту населенням і автомобілями. Унаслідок такого тривалого впливу на окремих ділянках зникає рослинність, що унеможливає існування на таких ділянках видів черв'яків, які живляться рослинним опадом (Мірзак, 2001; Жуков та ін., 2007; Стернік і Мельник, 2016). На окремих ділянках систематично проводиться ручний обробіток ґрунту з метою висадження рослинності, що призводить до порушення природної цілісності ґрунтового покриву та зниження біорозмаїття педобіонтів (Мірзак, 2001; Стойко і Койнова, 2012).

Унаслідок діяльності промислових підприємств в атмосферне повітря викидається велика кількість забруднюючих речовин (діоксид сірки й азоту, оксид вуглецю, хлор, вуглеводи, сажа), частка яких осідає на ґрунтах, що призводить до зміни їхніх природних властивостей. Це може негативно позначатися на структурі угруповань педобіонтів і їх чисельності (Стойко і Койнова, 2012). У досліджуваних біотопах, розташованих поряд із промисловими підприємствами міста, максимальна чисельність люмбрицидів у вибірках не перевищувала 7 особин. Переважав *A. caliginosa*, який траплявся майже в усіх відібраних

пробах ґрунту (82,5%), тоді як *A. rosea* був представлений у 55,0% проб. Чисельність інших видів (*A. trapesoides*, *L. Terrestris*, *L. castaneus*) на досліджуваних ділянках була незначною. Зменшення видового розмаїття дощових черв'яків є цілком характерним для біоценозів поблизу промислових підприємств, автозаправних станцій, автомобільних доріг і залізничних колій, що підтверджується низкою досліджень (Joschko et al., 2006; Ernst et al., 2008; Eggleton et al., 2009; Стернік і Мельник, 2016; Гарбар та ін., 2023; Harbar et al., 2024).

Висновки

Проаналізовано видовий склад, чисельність і структуру домінування комплексів дощових черв'яків в урбанізованих біотопах міста Житомира. Установлено, що фауна дощових черв'яків досліджуваних біотопів міста налічує десять видів: *A. caliginosa* (Savigny, 1826), *A. rosea* (Savigny, 1826), *A. trapezoides* (Dugesi, 1828), *L. terrestris* (Linnaeus, 1758), *L. castaneus* (Savigny, 1826), *L. rubellus* (Savigny, 1826), *D. octaedra* (Savigny, 1826), *O. lacteum* (Örley, 1885), *E. tetraedra* (Savigny, 1826), *E. fetida* (Savigny, 1826). У більшості вибірок панівним є *A. caliginosa*, в окремих – *A. rosea* та *L. terrestris*.

У досліджуваних біоценозах рекреаційних територій найчисленнішим є *A. caliginosa*, домінантом або співдомінантом – *L. terrestris*. Вид *A. rosea* найбільшої кількості досягає в біоценозах місць відпочинку поблизу берегів водойм, у центральних паркових зонах – представлений одиничними екземплярами, що може бути пов'язано з різним ступенем зволоженості ґрунту та рівнем впливу на ґрунтовий покрив. У дворах житлових забудов і поблизу них максимальна чисельність дощових черв'яків в окремих вибірках не перевищувала 8 особин. Видову структуру даних біотопів утворювали *A. caliginosa*, *A. rosea*, *A. trapesoides* та *L. terrestris*, останні з яких були представлені одиничними особинами. У біоценозах, розташованих поблизу промислових підприємств, *A. caliginosa* траплявся у 82,5% відібраних проб, *A. rosea* – у 55,0% проб. Чисельність інших видів на досліджуваних ділянках була незначною.

Список використаної літератури

Білецький Ю.В. Угрупування ґрунтової мезофауни соснових лісів Шацького національного природного парку та їх антропогенні зміни : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Львів, 2016. 160 с.

Біоіндикаційна оцінка стану паркових екосистем міста Києва / Н.В. Мірошник та ін. Київ : Академперіодика, 2023. 200 с. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.488.200>.

- Войчун Н.І., Андрейчук Ю.М., Жданюк Б.С. Антропогенний вплив на природне середовище. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2016. № 1–2 (25). С. 77–82.
- Гарбар О.В., Мороз В.В., Гарбар Д.А., Ворончук Л.І., Даниловська Н.Д. Структура угруповань дощових черв'яків в урбанізованих біотопах Центрального Полісся. *GEO & BIO*. 2023. Т. 24. С. 173–182. <https://doi.org/10.15407/gb2412>.
- Гуницький С.О. Кадмій у ґрунтах м. Дніпропетровська. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина*. 2011. № 2. Т. 1. С. 24–30. <https://doi.org/10.15421/021104>.
- Жуков О.В., Пахомов О.Є., Кунах О.М. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дощові черв'яки (Lumbricidae) : монографія / за заг. ред. проф. О.Є. Пахомова. Дніпропетровськ : Дніпропетровський національний університет, 2007. 371 с.
- Криштоп Є.А., Волощенко В.В. Міські ґрунти як невід'ємний елемент урбанізованих і техногенно забруднених територій. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва*. 2013. № 2. С. 200–206.
- Маловічко О.В., Головня Ю.П. Екологічний аналіз наслідків стану забруднення автомагістралей Києва. *Вісник Національного авіаційного університету*. 2008. Т. 37. № 4. С. 89–92. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.37.1639>.
- Мірзак О.В. Екологічні особливості едафотопів урбанізованих територій степової зони України (на прикладі м. Дніпропетровська) : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Дніпропетровськ, 2001. 19 с.
- Стернік В.М. Біотична активність урбоедафотопів міста Рівне : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Рівне, 2017. 179 с.
- Стернік В.М., Мельник В.Й. Актуальність досліджень дощових черв'яків у біоіндикації стану урбоедафотопів міста Рівне. *Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. Біологія та валеологія*. 2016. № 18. С. 169–180. <https://doi.org/10.5281/zenodo.167417>.
- Стойко С.М., Койнова І.Б. Сучасні види антропогенного впливу на життєве середовище. *Український географічний журнал*. 2012. № 1. С. 50–57.
- Тітенко Г.В. Оцінка екологічного стану міських ґрунтів як засіб оптимізації території. *Вісник Сумського державного університету. Технічні науки*. 2006. № 5 (89). С. 149–152.
- Шаталін Д.Б. Дощові черв'яки (Lumbricidae) лісових та урбоекосистем Степового Придніпров'я: структурно-функціональна організація угруповань та екологічні аспекти вермикультури : дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.16. Дніпро, 2017. 187 с.
- Caruso T., Migliorini M., Rota E., Bargagli R. Highly diverse urban soil communities: Does stochasticity play a major role? *Applied Soil Ecology*. 2017. Vol. 110. P. 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.10.012>.
- Concepción E.D., Moretti M., Altermatt F., Nobis M.P., Obrist M.K. Impacts of urbanisation on biodiversity: the role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale. *Oikos*. 2015. Vol. 124. № 12. P. 1571–1582. <https://doi.org/10.1111/oik.02166>.
- Curry J. Factors Affecting the Abundance of Earthworms in Soils. *Earthworm ecology*. 2004. Vol. 9. P. 91–113. <https://doi.org/10.1201/9781420039719.pt3>.
- Eggleton P., Inward K., Smith J., Jones D.T., Sherlock E. A six-year study of earthworm (Lumbricidae) populations in pasture woodland in southern England shows their responses to soil temperature and soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry*. 2009. Vol. 41. P. 1857–1865. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.06.007>.
- Ernst G., Zimmermann S., Christie P., Frey B. Mercury, cadmium and lead concentrations in different ecophysiological groups of earthworms in forest soils. *Environmental Pollution*. 2008. Vol. 156. P. 1304–1313. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.03.002>.
- Fründ H.-C., Egbert E., Dumbek G. Spatial distribution of earthworms [Lumbricidae] in recultivated soils of the Rhenish lignite-mining area, Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2004. Vol. 167. Iss. 4. P. 494–502. <https://doi.org/10.1002/jpln.200421372>.
- Fründ H.-C., Graefe U., Tischer S. Earthworms as Bioindicators of Soil Quality. *Biology of Earthworms*. 2010. Vol. 24. P. 261–278. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14636-7_16.
- Grimm N.B., Faeth S.H., Golubiewski N.E., Redman C.L., Wu J., Bai X., Briggs J.M. Global change and the ecology of cities. *Science*. 2008. Vol. 319. P. 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>.

- Harbar O., Moroz V., Harbar D., Vyskushenko D., Kratiuk O. Spatial variation of earthworm communities in the motorway proximity. *Studia Biologica*. 2024. № 18 (2). P. 157–168. <https://doi.org/10.30970/sbi.1802.768>.
- Joschko M., Fox C.A., Lentzsch P., Kiesel J., Hierold W., Krück S., Timmer J. Spatial analysis of earthworm biodiversity at the regional scale. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006. Vol. 112. № 4. P. 367–380. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.026>.
- Lanno R., Wells J., Conder J., Basta N. The Bioavailability of Chemicals in Soil for Earthworms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2004. Vol. 57. № 1. P. 39–47. <https://doi.org/10.1002/chin.200418292>.
- Morgan J.E., Morgan A.J. The accumulation of metals (Cd, Cu, Pb, Zn and Ca) by two ecologically contrasting earthworm species (*Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa*): implications for ecotoxicological testing. *Applied Soil Ecology*. 1999. Vol. 13. № 1. P. 9–20. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(99\)00012-8](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(99)00012-8).
- Ooms A., Dias A.T.C., Oosten van A.R., Cornelissen J.H.C., Ellers J., Berg M.P. Species richness and functional diversity of isopod communities vary across an urbanisation gradient, but the direction and strength depend on soil type / A. Ooms et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2020. Vol. 148. P. 107851. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107851>.
- Paoletti M.G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1999. Vol. 74. № 1–3. P. 137–155. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00034-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00034-1).
- Peijnenburg W.J.G.M., Vijver M.G. Earthworms and Their Use in Eco(toxico)logical Modeling. *Ecotoxicology Modeling*. 2009. P. 177–204. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0197-2_7.
- Römbke J., Jänsch S., Didden W. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2005. Vol. 62. № 2. P. 249–265. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.03.027>.
- Sheehan C., Kirwan L., Connoll J., Bolger T. The effects of earthworm functional group diversity on nitrogen dynamics in soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 2006. Vol. 38. № 9. P. 2629–2636. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.04.015>.
- Spurgeon D.J., Hopkin S.P. Tolerance to Zinc in Populations of the Earthworm *Lumbricus rubellus* from Uncontaminated and Metal-Contaminated Ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1999. Vol. 37. № 3. P. 332–337. <https://doi.org/10.1007/s002449900522>.
- Tischer S. Lumbricidae communities in soil monitoring site differently managed and polluted with heavy metals. *Polish Journal of Ecology*. 2008. Vol. 56. P. 635–646.
- Vlasenko R., Khomiak I., Harbar O., Demchuk N. Lumbricides as a bio-indicators of the influence of electrical transmission line in the conditions of Ukrainian Polissia. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*. 2020. № 63 (1). P. 7–18. <https://doi.org/10.3897/travaux.63.e51640>.

References

- Bilec'kyj, Ju.V. (2016). Ughrupovannja gruntovoi mezofauny sosnovykh lisiv Shac'kogho nacional'nogho pryrodnogho parku ta jikh antropoghenni zminy [Groups of soil mesofauna of pine forests of the Shatskyi National Nature Park and their anthropogenic changes]. Lviv [in Ukrainian].
- Miroshnyk, N.V., Likhanov, A.F., Matjashuk, R.K., Mazura, M.Ju., Shupova, T.V., & Ghonchar, Gh.Ju. (2023). Bioindykacijna ocinka stanu parkovykh ekosystem mista Kyjeva [Bioindicative assessment of the state of park ecosystems of the city of Kyiv]. Kyiv. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.488.200> [in Ukrainian].
- Vojchun, N.I., Andrejchuk, Ju.M., & Zhdanuk, B.S. (2016). Antropoghennyj vplyv na pryrodne seredovyshhe [Anthropogenic impact on the natural environment]. *Ljudyna ta dovkillja. Problemy neoekologiji* [Man and environment. Problems of neoecology], 1–2 (25), 77–82 [in Ukrainian].
- Gharbar, O., Moroz, V., Gharbar, D., Voronchuk, L., & Danylovs'ka, N. (2023). Struktura ughrupuvanj doshhovykh cherviv v urbanizovanykh biotopakh Central'nogho Polissja [The structure of earthworm communities in urbanised biotopes of the Central Polissia]. *GEO&BIO*, 24, 173–182. <https://doi.org/10.15407/gb2412> [in Ukrainian].
- Ghun'ko, S.O. (2011). Kadmij u ghruntakh m. Dniprodzerzhyn's'k [Cadmium in the soils of Dniprodzerzhinsk]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogho universytetu. Biologhija. Medycyna* [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology. Medicine], 2 (1), 24–30. <https://doi.org/10.15421/021104> [in Ukrainian].

- Zhukov, O.V., Pakhomov, O.Je., & Kunakh, O.M. (2007). Biologichne riznomanittja Ukrajiny. Dnipropetrovsjka oblastj. Doshhovi chervjaky (Lumbricidae) [Biodiversity of Ukraine. Dnipropetrovsk region. Earthworms (Lumbricidae)]. Dnipropetrovsjk: Vydavnyctvo Dnipropetrovsjkogho nacionaljnogho universytetu [in Ukrainian].
- Kryshtop, Je.A., & Voloshhenko, V.V. (2013). Misjki grunty jak nevidjemnyj element urbanizovanykh i tekhnoghenno zabrudnenykh terytorij [Urban soils as an integral element of urbanized and technologically polluted territories]. *Visnyk Kharkivskogho nacionaljnogho aghrarnogho universytetu imeni V.V. Dokuchajeva* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva], 2, 200–206 [in Ukrainian].
- Malovichko, O.V., & Gholovnja, Ju.P. (2008). Ekologichnyj analiz naslidkiv stanu zabrudnennja avtomagistralej Kyjeva [Ecological analysis of the consequences of the state of pollution of highways in Kyiv]. *Visnyk NAU* [Bulletin of NAU], 37 (4), 89–92. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.37.1639> [in Ukrainian].
- Mirzak, O.V. (2001). Ekologichni osoblyvosti edafotopiv urbanizovanykh terytorij stepovoji zony Ukrajiny (na prykladi m. Dnipropetrovsjka) [Ecological features of edaphotopes of urbanized territories of the steppe zone of Ukraine (on the example of the city of Dnipropetrovsk)]. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
- Sternik, V.M., & Meljnyk, V.J. (2016). Aktualnistj doslidzhenj doshhovykh chervjakiv v bioindykaciji stanu urboedafotopiv mista Rivne [The relevance of earthworm research in the bioindication of the state of urboedaphotopes in the city of Rivne]. *Zbirnyk naukovykh pracj Kharkivskogho nacionaljnogho pedagoghichnogho universytetu imeni Gh.S. Skovorody. Biologhija ta valeologhija* [Collection of scientific works of Kharkiv National Pedagogical University named after H.S. Frying pans Biology and valeology], 18, 169–180. <https://doi.org/10.5281/zenodo.167417> [in Ukrainian].
- Sternik, V.M. (2017). Biotychna aktyvnistj urboedafotopiv mista Rivne [Biotic activity of urboedaphotopes of the city of Rivne]. Rivne [in Ukrainian].
- Stojko, S.M., & Kojnova, I.B. (2012). Suchasni vydy antropoghennogho vplyvu na zhyttjeve sere dovyshe [Modern types of anthropogenic impact on the living environment]. *Ukrajinsjkyj gheoghrafichnyj zhurnal* [Ukrainian Geographical Journal], 1, 50–57 [in Ukrainian].
- Titenko, Gh.V. (2006). Ocinka ekologichnogho stanu misjkykh gruntiv jak zasib optymizaciji terytoriji [Assessment of the ecological state of urban soils as a means of territory optimization]. *Visnyk Sumsjkogho derzhavnogho universytetu. Tekhnichni nauky* [Bulletin of Sumy State University. Technical sciences], 5 (89), 149–152 [in Ukrainian].
- Shatalin, D.B. (2017). Doshhovi chervjaky (Lumbricidae) lisovykh ta urboekosystem Stepovogho Prydniprov'ja: strukturno-funkcionaljna orghanizacija ughrupovanj ta ekologichni aspekty vermykuljuty [Earthworms (Lumbricidae) of forest and urban ecosystems of the Dnieper Steppe: structural and functional organization of groups and ecological aspects of vermiculture]. Dnipro [in Ukrainian].
- Caruso, T., Migliorini, M., Rota, E., & Bargagli, R. (2017). Highly diverse urban soil communities: Does stochasticity play a major role? *Applied Soil Ecology*, 110, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.10.012> [in English].
- Concepción, E.D., Moretti, M., Altermatt, F., Nobis, M.P., & Obrist, M.K. (2015). Impacts of urbanisation on biodiversity: the role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale. *Oikos*, 124 (12), 1571–1582. <https://doi.org/10.1111/oik.02166> [in English].
- Curry, J. (2004). Factors Affecting the Abundance of Earthworms in Soils. *Earthworm ecology*, 9, 91–113. <https://doi.org/10.1201/9781420039719.pt3> [in English].
- Eggleton, P., Inward, K., Smith, J., Jones, D.T., & Sherlock, E. (2009). A six-year study of earthworm (Lumbricidae) populations in pasture woodland in southern England shows their responses to soil temperature and soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 1857–1865. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.06.007> [in English].
- Ernst, G., Zimmermann, S., Christie, P., & Frey, B. (2008). Mercury, cadmium and lead concentrations in different ecophysiological groups of earthworms in forest soils. *Environmental Pollution*, 156, 1304–1313. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.03.002> [in English].
- Fründ, H.-C., Egbert, E., & Dümbeck, G. (2004). Spatial distribution of earthworms [Lumbricidae] in recultivated soils of the Rhenish lignite-mining area, Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167 (4), 494–502. <https://doi.org/10.1002/jpln.200421372> [in English].
- Fründ, H.-C., Graefe, U., & Tischer, S. (2010). Earthworms as Bioindicators of Soil Quality. *Biology of Earthworms*, 24, 261–278. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14636-7_16 [in English].

- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319, 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195> [in English].
- Harbar, O., Moroz, V., Harbar, D., Vyskushenko, D., & Kratiuk, O. (2024). Spatial variation of earthworm communities in the motorway proximity. *Studia Biologica*, 18 (2), 157–168. <https://doi.org/10.30970/sbi.1802.768> [in English].
- Joschko, M., Fox, C.A., Lentzsch, P., Kiesel, J., Hierold, W., Krück, S., & Timmer, J. (2006). Spatial analysis of earthworm biodiversity at the regional scale. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112 (4), 367–380. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.026> [in English].
- Lanno, R., Wells, J., Conder, J., & Basta, N. (2004). The Bioavailability of Chemicals in Soil for Earthworms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57 (1), 39–47. <https://doi.org/10.1002/chin.200418292> [in English].
- Morgan, J.E., & Morgan, A.J. (1999). The accumulation of metals (Cd, Cu, Pb, Zn and Ca) by two ecologically contrasting earthworm species (*Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa*): implications for ecotoxicological testing. *Applied Soil Ecology*, 13 (1), 9–20. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(99\)00012-8](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(99)00012-8) [in English].
- Ooms, A., Dias, A.T.C., Oosten, van A.R., Cornelissen, J.H.C., Ellers, J., & Berg, M.P. (2020). Species richness and functional diversity of isopod communities vary across an urbanisation gradient, but the direction and strength depend on soil type. *Soil Biology and Biochemistry*, 148, 107851. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107851> [in English].
- Paoletti, M.G. (1999). The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74 (1–3), 137–155. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00034-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00034-1) [in English].
- Peijnenburg, W.J.G.M., & Vijver, M.G. (2009). Earthworms and Their Use in Eco(toxico)logical Modeling. *Ecotoxicology Modeling*, 177–204. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0197-2_7 [in English].
- Römbke, J., Jänsch, S., & Didden, W. (2005). The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62 (2), 249–265. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.03.027> [in English].
- Sheehan, C., Kirwan, L., Connoll, J., & Bolger, T. (2006). The effects of earthworm functional group diversity on nitrogen dynamics in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (9), 2629–2636. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.04.015> [in English].
- Spurgeon, D.J., & Hopkin, S.P. (1999). Tolerance to Zinc in Populations of the Earthworm *Lumbricus rubellus* from Uncontaminated and Metal-Contaminated Ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 37 (3), 332–337. <https://doi.org/10.1007/s002449900522> [in English].
- Tischer, S. (2008). Lumbricidae communities in soil monitoring site differently managed and polluted with heavy metals. *Polish Journal of Ecology*, 56, 635–646 [in English].
- Tischer, S. (2009). Earthworms (Lumbricidae) as bioindicators: the relationship between in-soil and in-tissue heavy metal content. *Polish Journal of Ecology*, 57, 531–541 [in English].
- Vlasenko, R., Khomiak, I., Harbar, O., & Demchuk, N. (2020). Lumbricides as a bio-indicators of the influence of electrical transmission line in the conditions of Ukrainian Polissia. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, 63 (1), 7–18. <https://doi.org/10.3897/travaux.63.e51640> [in English].

Отримано: 20.01.2025
Прийнято: 07.02.2025