

## ЕКОЛОГІЯ ПЕДОСФЕРИ

УДК 631.468:622.276 (477.53)

*М. Ю. Журавель<sup>1</sup>, І. П. Леженіна<sup>2</sup>,  
Н. Ю. Полчанінова<sup>3</sup>, В. В. Яременко<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»,*

*<sup>2</sup>Харківський національний аграрний  
університет ім. В. В. Докучаєва,*

*<sup>3</sup>Харківський національний  
університет ім. В. Н. Каразіна,*

*<sup>4</sup>СП «Полтавська газонафтова компанія»*

### ЗАСТОСУВАННЯ ЗООЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЧОРНОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ ГАЗОНАФТОВИХ РОДОВИЩ

У роботі розглянуто видовий і кількісний склад ґрунтових безхребетних (мезофауна) на рекультивованих бурових майданчиках нафтогазових свердловин у Полтавській області. Встановлено, що у процесі будівництва бурового майданчика відбувається майже повне знищення ґрунтових безхребетних. Першими заселяють рекультивовані ґрунти личинки комах-фітофагів, потім з'являються черви-енхитреїди, а розселення дощових червив відбувається найповільніше. Біорізноманіття та щільність безхребетних у ґрунті зростають поступово і сягають фонових значень лише після восьмого року рекультивації. Малощетинкові черви Lumbricidae та Enchytraeidae, а також личинки жуків-коваликів (Elateridae) рекомендовані як індикатори під час моніторингу рекультивованих земель.

**Ключові слова:** бурові майданчики, рекультивація ґрунтів, мезофауна, дощові черви, енхитреїди, ковалики.

Species and quantitative composition of soil invertebrates (mesofauna) at reclaimed drilling sites of the oil and gas wells in the Poltava Region is considered. It was established that the soil invertebrates had been almost eradicated during the process of the well site construction. The larvae of phytophagous insects were the first to colonize the reclaimed soil. Then, the enchytreid worms appeared, and the earthworms spread most slowly. The invertebrate biodiversity and density in the soil increased gradually and reached the level of control plots only after the eighth year of reclamation. Oligochaeta worms Lumbricidae and Enchytraeidae, as well as click beetle larvae (Elateridae), are recommended as indicators for the land reclamation monitoring.

**Keywords:** drilling sites, soil reclamation, mesofauna, earthworms, enchytreids, click beetles.

**Постановка проблеми.** При зростанні потреби людства в енергетичних ресурсах пошук балансу між розвитком нафтовидобувної промисловості та збереженням природного середовища стає дедалі актуальнішим [13]. Негативний вплив виробничого процесу на довкілля може бути пом'якшений за рахунок певних заходів, спрямованих на рекультивацію ґрунтів і компенсацію біорізноманіття на землях, що використовуються. Такі дії мають стати обов'язковою складовою процесів видобутку нафти та газу [13, 22]. Основні типи видобувної діяльності у різних кліматичних, ландшафтних і локальних умовах не дають змоги розробити єдиний оптимальний протокол відновлення земель. Кожний район розвідки та видобутку нафти й газу має бути оцінений окремо, щоб визначити, які методи можуть бути доцільними у певних умовах [21].

Система відновлення ландшафту та оцінювання органо-мінеральних компонентів краще розроблена для гірничовидобувної промисловості [14, 17, 21]. На рекультивованих породних відвалах вивчається стан майже усіх компонентів біоти [10, 19, 20], тоді як подібні дослідження на нафтогазових родовищах вкрай нечисленні. Є відомості щодо органічної складової земель біля покинутих свердловин [12], особливостей ґрунтів на рекультивованих бурових майданчиках [4, 5], продуктивності сільгоспкультур після внесення органічних компонентів до складу рекультивованого ґрунту [25], описані рослинні угруповання, що утворюються на місцях майданчиків буріння [23].

Дослідження зоологічного компоненту починаються тільки тоді, коли нафта вже розлилася, і шкода докільню була заподіяна [7, 15, 24]. Водночас використання ґрунтової біоти як біоіндикатора дає змогу простежити успішність і швидкість відновлення ґрунтів. Беручи до уваги тісний і чітко виражений зв'язок педобіонтів із окремими фізико-хімічними ґрунтовими характеристиками та їхніми змінами, можна діагностувати стан ґрунту на різних стадіях впливу природних та антропогенних чинників [1, 6]. При цьому біоіндикація проводиться з використанням всього комплексу тваринного населення – кліщів, комах та їх личинок, черв'як, багатоніжок. Залежно від розміру ґрунтових безхребетних їх поділяють на мікро- та мезофауну. За класифікацією М. С. Гілярова [1], до мезофауни належать безхребетні розміром від декількох міліметрів до декількох сантиметрів. Великі безхребетні (дошові черви, черви-енхитреїди, личинки комах) є класичним об'єктом ґрунтових зоологічних досліджень і використовуються для моніторингу навколишнього середовища. Відновлення різних компонентів мезофауни відбувається неоднаковими темпами, тому кожна група має свою цінність у індикації. [1, 16, 18].

Щільність і структура ґрунту мають суттєве значення для життєдіяльності безхребетних [6]. Від розмірів та об'ємів порожнин у ґрунті залежить постачання глибоких шарів киснем, крім того на ущільнених ґрунтах обмежується пересування багатьох видів мезофауни. Землі сільськогосподарського використання освоюють безхребетні, здатність яких рити ходи доволі обмежена, вони переважно використовують природні порожнини. Тому на ущільнених ґрунтах для таких видів утворюються несприятливі умови, особливо для вертикальних сезонних міграцій. Наприклад, ковалики роду *Agriotes* на зимовий період мігрують на глибину до 90 см, влітку міграції обмежуються шаром 3–20 см [11]. Слід відзначити, що незважаючи на інформативність зоологічної діагностики, її майже не застосовували при дослідженні процесів відновлення ґрунтів на рекультивованих ділянках газонафтових свердловин.

**Аналіз останніх досліджень.** В Україні зоологічну діагностику ґрунтів на землях газонафтових родовищ було вперше здійснено авторами у 2011 році. Нами встановлено, що порушення ґрунту в результаті облаштування газонафтових свердловин негативно впливає на мезофауну як суто ґрунтових, так і герпетобіонтних безхребетних [2, 3]. За результатами проведених спостережень, для моніторингу відновлення ґрунтів був рекомендований облік загальної щільності ґрунтової мезофауни та окремих її компонентів (дошових черв'як, личинок жуків-коваликів). Проте, для уточнення запропонованих показників необхідно було провести дослідження як на щойно рекультивованих бурових майданчиках, так і на майданчиках з довготривалою рекультивацією. До того ж залишалися відкритими питання впливу вологості та щільності ґрунту на мезофауну безхребетних.

**Мета і завдання досліджень.** Мета дослідження – надати оцінку стану ґрунтів різних строків рекультивації з використанням методу зоологічної діагностики.

В ході роботи вирішували такі завдання:

- виявити особливості процесу відновлення ґрунтів із використанням таких характеристик мезофауни як видовий склад, щільність, екологічне різноманіття;
- оцінити вплив щільності та вологості ґрунту на мезофауну безхребетних;

- визначити основні діагностичні показники ґрунтової мезофауни для моніторингу стану ґрунтів.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проведені на орних землях Полтавської області у межах Ігнатівського (свердловини № 140, № 134) та Руденківського (свердловина № 103) нафтогазових родовищ.

Процеси відновлення ґрунтової мезофауни на бурових майданчиках вивчали на ділянках із різним терміном рекультивації (повернення ґрунту), а саме:

- свердловина № 140, повернення ґрунту в лютому 2016 р., посіяний соняшник;
- свердловина № 103, повернення ґрунту у 2014 р., посіяна кукурудза;
- свердловини № 134, повернення ґрунту у 2008 р., посіяна соя.

На кожній дослідній і на відповідній фоновій ділянці, розташованій на відстані 500 метрів від бурового майданчика, у період з 19 по 22 квітня 2016 р. було відібрано 20 проб ґрунту (25×25×30 см) для обліку мезофауни. Територіально зоологічні проби були пов'язані з пробами на аналіз ґрунту: радіально на відстані 3–4 м від кожної ями, де відбирали ґрунт, проводили ґрунтові розкопки. Таким чином, на кожній дослідній ділянці було відібрано п'ять аналітичних і 20 зоологічних проб ґрунту, а на фоновій ділянці – три аналітичні та 20 зоологічних проб.

Кожну ґрунтову пробу картували за допомогою GPS навігатора. Щільність ґрунту визначали як середнє між двома замірами на кожну точку за допомогою приладу WhileSoil (стандарт ASAES313.3, виробництво Фінляндії). Вологість ґрунту визначали за загальноприйнятою методикою [1] на основі порівняння ваги зразків вологого та висушеного ґрунтів. Обчислювали середнє між двома значеннями на глибині 30 см.

Ґрунт для зоологічного аналізу вибирали з прикопки лопатою, розміщували на поліетиленовій плівці та розбирали вручну. Знайдених безхребетних разом із етикеткою вміщували у 70 % розчин етилового спирту. Дощових черв'яків збирали окремо у 10 % розчин формаліну. Після збирання безхребетних ґрунт повертали у прикопку.

Подальше визначення зібраного матеріалу та статистичну обробку проводили у лабораторних умовах.

Для аналізу екологічного різноманіття безхребетних на різних ділянках визначили індекс Шеннона [8] та підраховували кількість особин основних систематичних груп – Enchytraeidae, Lumbricidae, Myriopoda, Diplopoda, Elateridae, Scarabaeidae. Середні значення індексу Шеннона та чисельність особин застосовані для графічного та статистичного аналізу даних.

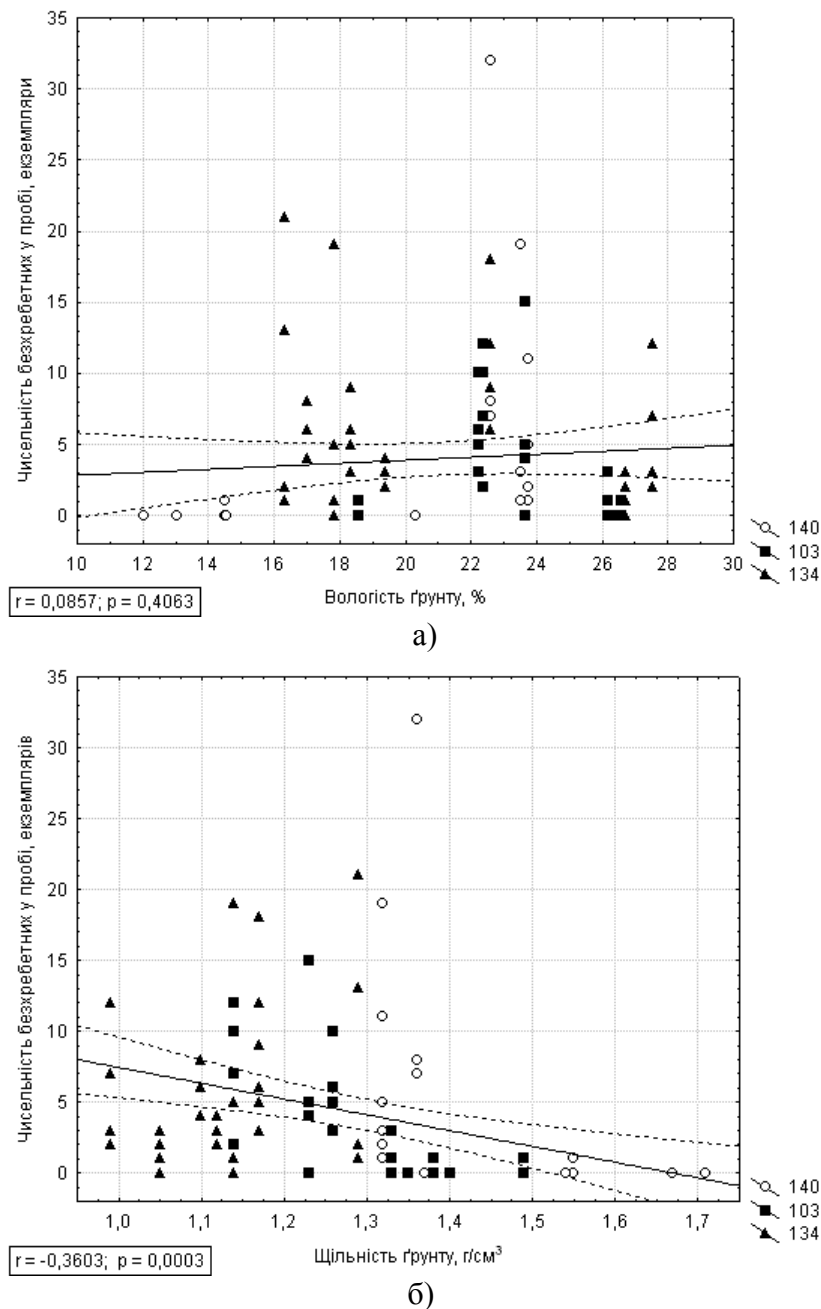
Для оцінювання залежності чисельності безхребетних від вологості та щільності ґрунту побудовані діаграми відповідностей. Для фонових ділянок, де кількість зібраних безхребетних була достатньою для обчислювання, розраховували коефіцієнт кореляції Пірсона [8].

Статистичний аналіз даних і побудову діаграм виконано у програмі Statistica 7.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Аналіз поширення безхребетних на фонових ділянках досліджуваних свердловин виявив, що кількісний склад мезофауни знаходиться у від'ємній кореляційній залежності від щільності ґрунту (рис. 1), ступінь зв'язку середня. Найбільша кількість безхребетних найдена у ґрунті зі щільністю 1,1–1,35 г/см<sup>3</sup>. Водночас, достовірної залежності щільності мезофауни від вологості ґрунту не виявлено (рис. 1). Хоча з літератури відомо, що саме підвищення температури та зменшення вологості ґрунту впливають на горизонтальний розподіл та сезонні вертикальні міграції безхребетних [1, 9, 11], у весняний період на орних землях ми такої залежності не виявили.

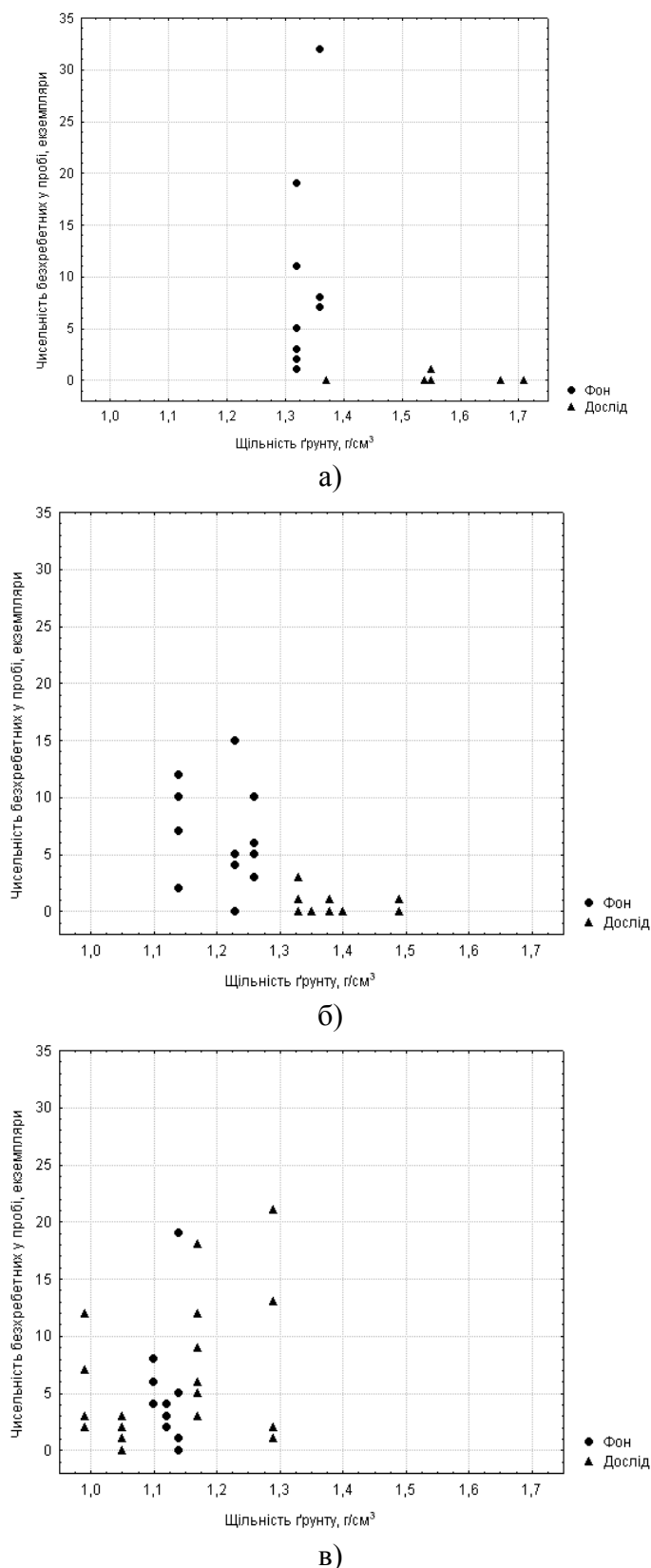
На рекультивованій ділянці свердловини 140 через два місяці після повернення ґрунту його щільність була знано вище і коливалася у значно вищих межах, ніж на фоновій ділянці (рис. 2, а). Після рекультивації тут був знайдений лише одна мертвий дощовий черв. Водночас, на фоновій ділянці загальна щільність мезофауни сягала майже 121 екз./м<sup>2</sup>. Були виявлені личинки хлібного жука-кузьки (Scarabaeidae: *Anisoplia austriaca*

(Herbst, 1783)), ковалика степового (*Elateridae: Agriotesgurgistanus* (Faldermann, 1835)), багатоніжки (*Mirioroda*) та кільчасті черви (*Oligocheta: Lumbricidae*). Найчисленнішими на фоновій ділянці були малощетинкові черви енхитреїди (*Oligocheta: Enchytraeidae*) (94,4 екз./м<sup>2</sup>). Ці черви розмножуються доволі швидко і за сприятливих гідротермічних умов здатні в короткий період значно підвищити щільність своєї популяції [9].



**Рис. 1. Залежність чисельності ґрунтових безхребетних від вологості (а) та щільності (б) ґрунту на фонових ділянках біля свердловин 103, 134, 140. Показано ступінь кореляції ( $r$ ), лінію регресії та її 95% довірчий інтервал.**

Через два роки після повернення ґрунту на свердловині 103 його щільність ще залишалася більшою, ніж на неперушеній ділянці (рис. 2, б), але коливалася вже у менших межах. Для порівняння: через два місяці після рекультивациі щільність ґрунту сягала 1,37–1,71 г/см<sup>3</sup> а через два роки – 1,33–1,49 г/см<sup>3</sup>. На фонових ділянках вона становила 1,31–1,36 та 1,14–1,26 г/см<sup>3</sup>, відповідно.



**Рис. 2. Залежність чисельності безхребетних від щільності ґрунту на порушеній і фоновій ділянках (а – свердловина 140, два місяці після рекультивації, б – свердловина 103, два роки рекультивації, в – свердловина 134, вісім років рекультивації)**

На ділянці з дворічною рекультивацією загальна щільність ґрунтової мезофауни становила 4,8 екз./м<sup>2</sup>, на непорушеній ділянці – 102,4 екз./м<sup>2</sup>. У ґрунті рекультивованої ділянки були відсутні дощові черви, та багатоніжки, а енхитреїди були представлені лише

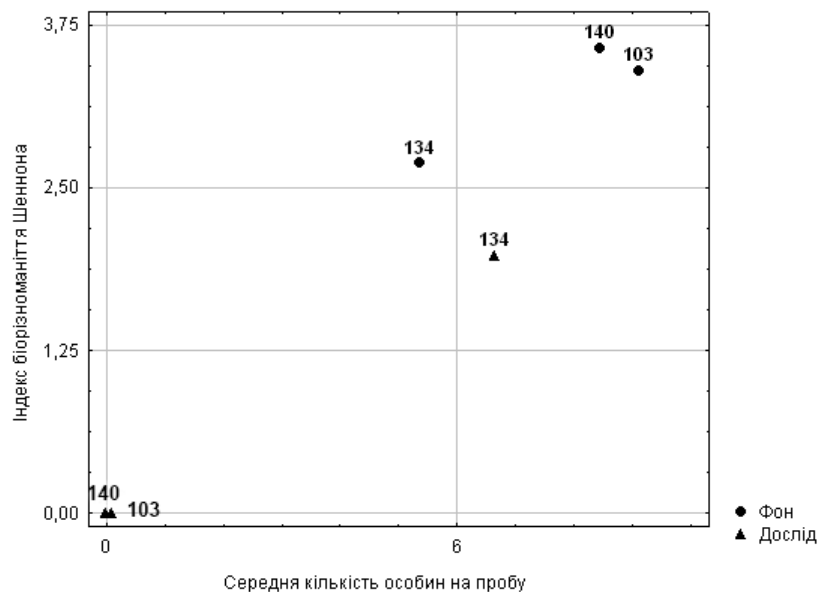
однією особиною. На фоновій ділянці енхитреїди були найчисленнішою групою – 86,4 екз./м<sup>2</sup>, дощові черви нараховували 4,8 екз./м<sup>2</sup>, багатоніжки – 0,8 екз./м<sup>2</sup>. Водночас на ділянці рекультивації були наявні личинки комах-фітофагів, таких як хлібний жук-кузька, ковалики, довгоносики, хоча щільність коваликів на цій ділянці була ще суттєво меншою, ніж на фоновій (6,4 екз./м<sup>2</sup> на фоні та 0,8 екз./м<sup>2</sup> на ділянці рекультивації).

На ділянках, рекультивація яких тривала вже вісім років (свердловина 134), щільність ґрунту зменшилася і більше відповідала фоновій, хоча й варіювала сильніше (рис. 2, в). За умов щільності ґрунту на обох ділянках менше 1,3 г/см<sup>3</sup>, залежності чисельності безхребетних від щільності не виявлено.

Загальна щільність мезофауни дещо перевищувала фонові значення (97,6 та 85,5 екз./м<sup>2</sup> відповідно) за рахунок вищої чисельності енхитреїд. Водночас личинки коваликів і пластинчастовусих були відсутні, а щільність дощових червів була у тридцять разів меншою, ніж на фоновій ділянці.

Найбільш уразливою групою ґрунтової мезофауни виявилися дощові черви, які відновлювали свою чисельність найбільш повільно. На всіх досліджуваних ділянках визначено два види дощових червів: *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826) та *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) – вторинні гумусоутворювачі, космополіти за поширенням. Для нормальної життєдіяльності дощових червів необхідна висока вологість. Її нестача суттєво обмежує поширення люмбрицид у верхньому шарі ґрунту та негативно впливає на їхню чисельність.

У порівнянні з фоновими ділянками показники чисельності та екологічного різноманіття комплексів ґрунтових безхребетних були значно меншими на ділянках, рекультивація яких відбулася два місяці та два роки тому (свердловини 103 та 140). На ділянках із восьмирічною рекультивацією ці показники наближались до фонових (рис. 3).



**Рис. 3. Порівняння дослідних і фонових ділянок за екологічним різноманіттям ґрунтових безхребетних**

#### Висновки.

1 Втручання у ґрунтовий покрив, а саме знімання шару родючого ґрунту в процесі будівництва бурового майданчику та повернення його через певний час призводить до майже повного знищення ґрунтової мезофауни.

2 Поступове відновлення ґрунтової мезофауни на порушених ділянках бурових майданчиків починається на другий рік після рекультивації за рахунок заселення ґрунтів личинками комах-фітофагів. Відновлення ґрунтової мезофауни на рекультивованих

ділянках відбувається повільно, показники біорізноманіття та чисельності наближаються до фонових значень тільки після восьмого року рекультивациі.

3 Найбільш уразливою групою ґрунтових безхребетних виявилися дощові черви.

4 Як індикатори під час моніторингу пропонується використовувати малощетинкових червів – Lumbricidae та Enchetreidae, а також личинок коваликів і пластинчастовусих.

5 Для моніторингу відновлення ґрунтів бурових майданчиків та оцінювання впливу на навколишнє середовище процесів буріння та освоєння нафтогазових свердловин пропонується використовувати показники екологічного різноманіття безхребетних та щільність кільчастих малощетинкових червів –Lumbricidae та Enchetreidae, і личинок коваликів.

### Література

- 1 Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. Москва: Наука, 1965. 275 с.
- 2 Журавель М. Ю., Леженіна І. П., Полчанінова Н. Ю., Яременко В. В. Використання герпетобіонтних членистоногих для моніторингу рекультивациі ґрунту на території нафтогазового родовища // Известия Харьковского энтомологического общества, 2012. Т. 20. С. 5–14.
- 3 Журавель Н. Е., Леженіна І. П., Ключко П. В., Яременко В. В. Мониторинг почвенной мезофауны на рекультивированных землях Игнатьевского газонефтяного месторождения (Украина, Полтавская область) // Вісник Харківського університету. Вип. 18. Сер. Біологія, № 1079. 2013. С. 75–83.
- 4 Журавель М. Ю., Дрозд О. М., Дядін Д. В., Яременко В. В. Особливості агрофізичного стану та накопичення важких металів у агроєкосистемі рекультивованих бурових майданчиків // Вісник ХНАУ. 2014. С. 112–121.
- 5 Журавель М. Ю., Дрозд О. М., Дядін Д. В., Ключко Т. О. Еколого-геохімічні особливості ґрунтів рекультивованих бурових майданчиків нафтогазових свердловин // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2017. № 1 (15). С. 47–55.
- 6 Криволуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. Москва: Наука, 1994. 272 с.
- 7 Мордкович В. Г. Любечанский И. И., Березина О. Г., Марченко И. И., Андриевский В. С. Зооэдафон западносибирской северной тайги. Москва: Тов. научн. изд. КМК, 2014. 168 с.
- 8 Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва: Наука, 1982. 287 с.
- 9 Сергеева Е. В. Динамика населения почвообитающих беспозвоночных травянистых сообществ южной тайги Западной Сибири // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010. № 9 (80). С. 65–72.
- 10 Форощук П. В., Полчанінова Н. Ю. К изучению населения пауков (Aranei) на землях, прилежащих к терриконам угольных шахт в Луганской области (Украина) // Известия Харьковского энтомологического общества. 2013. Т. 21. С. 67–72.
- 11 Чернышов В. Б. Экология насекомых: Учебник. Москва: Изд-во МГУ, 1996. 304 с.
- 12 Avirmed O., Burke I. C., Mobley M. L., Lauenroth W. K., Schlaepfer R. Natural recovery of soil organic matter in 30–90-year-old abandoned oil and gas wells in sagebrush steppe // Ecosphere. 2014. Vol. 5. P. 1–13.
- 13 Bull J. W., Suttle K. B., Gordon A., Singh N. J. Biodiversity offsets in theory and practice // Oryx. 2013. Vol. 47. P. 369–380.
- 14 Cooke J. A., Johnson M. S. Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: A review of theory and practice // Environmental Revue. 2002. Vol. 10. P. 41–71.
- 15 Dorn Ph. B., Salanitro J. P. Temporal ecological assessment of oil contaminated soils before and after bioremediation // Chemosphere. 2000. Vol. 40. P. 419–426.
- 16 Hedde M., van Oort F., Lamy I. Functional traits of soil invertebrates as indicators for exposure to soil disturbance // Environmental Pollution. 2012. Vol. 164. P. 59–65.
- 17 Hüttl R. F., Bradshaw A. Ecology of post-mining landscapes // Restoration Ecology. 2001. Vol. 9. P. 339–340.
- 18 Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin S., Bureau F., Margerie P., Mora P., Rossi J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services // European Journal of Soil Biology. 2006. Vol. 42. P. 3–15.

19 Purger J. J., Farcas S., Danit L. Colonization of post-mining recultivated area by terrestrial isopods (Isopoda: Oniscoidea) and centipedes (Chilopoda) in Hungary // Applied Ecology and Environmental Research. 2007. Vol. 5. P. 87–92.

20 Rufaut C. G. Plant and invertebrate assemblages on waste rock at Wangaloa coal mine, Otago, New Zealand // New Zealand Journal of Ecology. 2006. Vol. 30. P. 311–319.

21 Schladweiler B. K. Comparison of reclamation of coalmines under the surface mining control and reclamation act of 1977 and oil and gas sites in Wyoming / National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation. Billings, MT. Revitalizing the Environment: Proven Solutions and Innovative Approaches. May 30 – June 5, 2009. R. I. Barnhisel (ed.). Lexington, ASMR. 2009. P. 1196–1200.

22 Sedivec K., Piper C., Printz J., Wick A., Daigh A., Limb R. Successful reclamation of lands disturbed by oil and gas development and infrastructure construction NDCU extension service. North Dakota State University. Fargo, October 2014. 24 pp.

23 Smith P. W., DePuit E. J., Richardson B. Z. Plant community development on petroleum drill sites in northwestern Wyoming // Journal of Range Management. 1988. Vol. 41. P. 372–378.

24 M. N. von Straalen The use of soil invertebrates in ecological surveys of contaminated soils. In: Vital soil. Function, value and properties. P. Doelman, Y. J. P. Eijsackers (eds.). 2012. P. 159–196.

25 Zvomuya F., Larney F. J., De Maere P. R., Olson A. F. Organic amendment effects on crop productivity and nutrient uptake on reclaimed natural gas well sites // Nutrition Cycles of Agroecosystems. 2008. Vol. 80. P. 223–232.

© М. Ю. Журавель,  
І. П. Леженіна,  
Н. Ю. Полчанінова,  
В. В. Яременко

*Надійшла до редакції 2 листопада 2017 р.  
Рекомендував до друку  
докт. тех. наук О. М. Мандрик*