

УДК: 591.5:631.4 (075)

## Влияние трофо-метаболической деятельности дождевых червей (Lumbricidae) на рН-буферную способность рекультивированных почв в условиях степной зоны юго-востока Украины

І.М.Лоза<sup>1</sup>, О.А.Дідур<sup>1</sup>, Ю.Л.Кульбачко<sup>1</sup>, О.В.Безроднова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара (Днепропетровск, Украина)

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина (Харьков, Украина)  
irinaloza23@gmail.com

Изучено влияние трофо-метаболической деятельности представителей почвенных сапрофагов – дождевых червей (Lumbricidae) на рН-буферную способность рекультивиземов искусственных лесных насаждений в условиях степной зоны Украины. Экспериментально доказано, что копролиты дождевых червей имеют более высокую кислотно-основную буферную емкость по сравнению с буферностью исходных почво-грунтов. Рекультивированные почвы, обогащенные копролитами дождевых червей, становятся более устойчивыми к негативному воздействию техногенеза. Показано, что на участках лесной рекультивации деятельность дождевых червей положительно влияет на экологические свойства насыпных почво-грунтов, повышая их буферную способность.

**Ключевые слова:** дождевые черви, лесная рекультивация, почвенные сапрофаги, трофо-метаболическая деятельность, кислотно-основная буферность.

## Вплив трофо-метаболической діяльності дощових черв'як (Lumbricidae) на рН-буферну здатність рекультивованих ґрунтів в умовах степової зони південного сходу України

І.М.Лоза, О.О.Дідур, Ю.Л.Кульбачко, О.В.Безроднова

Досліджено вплив трофо-метаболической діяльності представників ґрунтових сапрофагів – дощових черв'як (Lumbricidae) на рН-буферну здатність рекультивиземів штучних лісових насаджень в умовах степової зони України. Експериментально доведено, що копроліти дощових черв'як мають більш високу кислотно-основну буферну ємність порівняно з буферністю вихідних (контрольних) ґрунтів. Рекультивовані ґрунти, збагачені копролітами дощових черв'як, стають більш стійкими до негативного впливу техногенезу. Показано, що на ділянках лісової рекультивациі діяльність дощових черв'як позитивно впливає на екологічні властивості штучних насипних ґрунтів, підвищуючи їх буферну здатність.

**Ключові слова:** дощові черви, лісова рекультивация, ґрунтові сапрофаги, трофо-метаболическа діяльність, кислотно-основна буферність.

## Effect of earthworm (Lumbricidae) tropho-metabolic activity on pH-buffering capacity of remediated soil in steppe zone, Ukraine

I.M.Loza, O.A.Didur, Y.L.Kulbachko, O.V.Bezrodnova

The influence of soil saprophages (Lumbricidae) tropho-metabolic activity (casts) on pH-buffering capacity of remediated soil within Ukraine has been studied. Earthworm casts have been experimentally proved to have more acid-alkaline buffering capacity than initial soil. Remediated soil enriched by earthworm casts becomes more resistant to anthropogenic influence. It was found that activity of soil saprophages positively influence environmental properties of soil at the territories of forest remediation, increasing their buffering capacity.

**Key words:** earthworms, forest remediation, soil saprophages, tropho-metabolic activity, buffering capacity.

### Введение

Рекультивация земель является составной частью общей проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. В связи с этим особенно актуально решение экологических проблем Западного Донбасса – крупного центра по добыче каменного угля, расположенного в юго-восточной части Украины. Высокие темпы промышленного освоения этого региона связаны с просадкой территории, подъемом и выходом на поверхность высокоминерализованных грунтовых вод, а также с образованием отвалов из шахтных пород

(Єстеревська, 1977; Зверковський, 1999). В результаті угледобуви на місці земель господарського призначення формуються техногенні території, для яких характерна олиготрофізація компонентів фітоценозів (Безроднова, 2000; Loza, Nazarenko, 2006). Високе вміст в породах заліза, свинцю, цинку та інших хімічних елементів надає токсичний вплив на ріст та розвиток рослин.

Нарушені території, утворені в процесі угледобуви, можуть бути частково відновлені шляхом рекультивування (Єстеревська, 1977; Рекультивування..., 2010). Створення оптимально організованих та екологічно збалансованих ландшафтів при освоєнні порушених земель досягається успішним поєднанням штучного екотопу та біоти. Початковим етапом рекультивування слугує технічний етап, при якому проводиться корекція ландшафту та здійснюється нанесення родючого шару ґрунту. Основними індикаторами, що визначають продуктивність рекультивованих земель та ступінь їх придатності для існування біоти, є величина актуальної кислотності (рН) та їх засоленість. Токсичні шахтні породи Західного Донбасу, на які наносять ґрунто-підвали, є сумішшю аргілітів, алевроїтів та углистих сланців. Високі значення щільності, неструктурність та велика мінералізація їх водних витяжків обумовлюють надзвичайно низьку придатність таких субстратів для існування біоти. Тому їх перекривають рекультивувальним шаром, що складається з дрібнозернистого нетоксичного матеріалу. Для цього використовують незасолені лесовидні суглинки, іноді – глини. Наступним етапом відновлювальних робіт є нанесення родючого шару ґрунту, наприклад гумусованої маси чорнозему звичайного. Приймаючи до уваги його дефіцит, можна застосовувати безчорноземні варіанти насипу (Зверковський, 1999).

Важливим етапом відновлення порушених земель є біологічний етап рекультивування. Одним з її різновидів є лісна рекультивування, спрямована на формування екологічно збалансованих ландшафтів, на яких відтворюється лісна екосистема (Цвітова, 1992). Серед біоти важливу роль у створенні механізмів стійкості лісних насаджень грає ґрунтова мезофауна, зокрема, представники її сапротрофного комплексу – дощові черви, енхітреїди, двупарноногі багатоножки, мокриці тощо. Ці тварини в результаті своєї трофо-метаболічної діяльності вносять значительний екологічний внесок у перетворення ґрунтових властивостей. Їх називають «екосистемними інженерами» – організмами, здатними за допомогою своєї активності надавати вплив на середовище існування та ґрунтові спільноти біоти, а також сприяти сукцесії екосистем (Тіунов, 2007; Eisenhauer, 2010 тощо). Вивчення видів-середоперетворювачів, або «екосистемних інженерів» в даний час набуває все більшого значення (Осіпов, 2011). Оцінка ступеня їх впливу на середовище представляє особливий науковий та практичний інтерес, і ряд наукових робіт авторів присвячені цьому питанню (Кульбачко та ін., 2007; Pakhomov et al., 2009, 2010; Kul'bachko et al., 2011).

Буферною здатністю ґрунту називається процес підтримання свого хімічного стану на незмінному рівні при впливі потоку хімічних речовин. Частіше за все під буферністю розуміють здатність ґрунту протистояти зміні його актуальної реакції під впливом різних факторів. Це так звана кислотна-основна буферність, або рН-буферність (Трускавецький, 2003; Орлов та ін., 2005). Велика кількість робіт, присвячених вивченню буферної здатності ґрунтів, має сільськогосподарське спрямування (Трускавецький, 2003; Natkalo, 2004), або вони присвячені вивченню буферної здатності різних генетичних типів ґрунтів (Позняк, Гамкало, 2001; Natkalo, 2004; Гамкало, 2005) та не пов'язані з ґрунтово-зоологічною складовою. Повністю відсутні дані про участь ґрунтового сапротрофа в формуванні та підтриманні буферних властивостей рекультивуваних під лісними насадженнями. Тому метою представленої роботи було визначення ґрунтово-екологічної ефективності внеску дощових черв'яків у формування кислотна-основної (рН-буферної) здатності насипних ґрунтів на ділянках лісної рекультивування.

#### **Об'єкти та методи дослідження**

Об'єктами дослідження є копроліти дощових черв'яків *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) та насипні ґрунто-підвали рекультивованого ділянки. Представників *A. caliginosa* відносять до ендогейних ґрунтових черв'яків. Це сапрофаги, вторинні деструктори, нітроліберанти, гуміфікатори (Перель, 1979; Стриганова, 1980). Полеві матеріали зібрані авторами на ділянці

участке лесной рекультивации ДНУ им. О.Гончара на территории Западного Донбасса (Днепропетровская область). Образцы почв, взятые с глубины 0–10 см, и свежие копролиты дождевых червей *A. caliginosa* отобраны на поверхности почво-грунта на участке рекультивации в насаждениях клена остролистного (2 и 3-й варианты насыпки). Верхний отобранный для анализа слой второго варианта насыпки представлен негумусированным лессовидным суглинком; а верхний слой третьего варианта – насыпным гумусированным слоем чернозема обыкновенного.

Определение кислотности-основности почвы и ее новообразований – копролитов червей основано на установлении изменения величины их рН вследствие добавления к ним растворов кислот или щелочей. Для определения буферной способности копролитов дождевых червей и почво-грунтов был использован метод Аррениуса (Физико-химические методы ..., 1980). По результатам измерений величины актуальной кислотности строили график, на котором по оси абсцисс указывали количество миллилитров добавленной кислоты (или щелочи), а по оси ординат – соответствующие им величины рН. Полученные кривые графика позволили оценить буферность почво-грунтов по «площади буферности» в области кислотного и щелочного интервалов, которую определяют как площадь между кривыми титрования почвы (образец) и песка (эталоны) (Надточий, 1993) и выражают в условных квадратных сантиметрах. Для расчета площадей использовали метод численного интегрирования. Задачу решали с использованием формулы Симпсона (Маркушевич, 1979; Надточий, 1993). Измерение актуальной кислотности (рН) контрольных и опытных образцов проводили в трехкратной повторности. Рассчитывали среднее арифметическое, его стандартную ошибку и достоверную разницу средних (Лакин, 1990).

### Результаты и обсуждение

Для второго варианта насыпки лессовидного суглинка изменения рН исследуемых образцов в кислотном диапазоне приведены в табл. 1. Отметим, что лессовидный суглинок имеет естественную условно-нейтральную реакцию, а копролиты – нейтральную. При добавлении даже небольшого количества кислоты (3 мл) реакция суглинка переходит из условно-нейтральной (6,60) в кислую (5,07), в то время как копролиты, имея исходную нейтральную реакцию (7,16), приобрели условно-нейтральную (6,55), сохраняя ее даже при добавлении больших количеств кислоты.

При добавлении небольшого количества раствора щелочи (1,5 мл) реакция суглинка оставалась условно-нейтральной (6,70), а копролиты при этом, из исходной нейтральной реакции (7,16), приобретали явную слабощелочную (7,43) (см. табл. 1). При добавлении большего количества щелочи (6 мл) реакция суглинка и копролитов становилась щелочной (8,25 и 8,87 соответственно), а при максимальном добавлении (9 мл) развивалась сильнощелочная реакция у обоих образцов.

В табл. 2 приведены значения площадей буферности лессовидного суглинка и копролитов дождевых червей, их статистическая оценка. В кислотном диапазоне изучения площадь буферности копролитов в 1,80 раз больше, чем собственно лессовидного суглинка, что в процентном соотношении эквивалентно приросту буферности на 79,6%. В щелочном диапазоне воздействия величина буферной емкости копролитов меньше в 1,18 раз по сравнению с насыпным лессовидным суглинком, что в процентном соотношении эквивалентно уменьшению прироста буферной емкости на 15,1%. Однако, в целом суммарная площадь буферности копролитов статистически достоверно больше в 1,18 раз, или на 17,9 %, чем общая площадь буферности лессовидного суглинка. Большой вклад при этом вносится за счет площади буферности копролитов в кислотном интервале.

Для третьего – черноземного – варианта насыпки изменения рН исследуемых образцов в кислотном диапазоне приведены в табл. 3. Чернозем имеет исходную естественную условно-нейтральную реакцию, а копролиты – нейтральную. При добавлении небольшого количества кислоты (1,5 мл) реакция чернозема переходила из условно-нейтральной реакции почвенного раствора (6,82) в слабокислую (5,86), в то время как копролиты, имея исходную нейтральную реакцию (7,16), приобретали явную условно-нейтральную (6,33). При добавлении больших количеств кислоты (от 4,5 мл до 9 мл) реакция почвенного раствора чернозема и копролитов была качественно одинакова – кислая.

Для этого же варианта насыпки изменения рН исследуемых образцов при добавлении небольшого количества раствора щелочи (1,5 мл) реакция чернозема и копролитов менялась на слабощелочную (7,68 и 7,50 соответственно) (см. табл. 3). При прибавлении дополнительных объемов щелочи почва и копролиты развивали щелочную и сильнощелочную реакцию. При этом

реакция раствора из копролитов была менее щелочная по сравнению с соответствующей реакцией образцов почвы (чернозема).

**Таблица 1.**  
**Результаты измерения буферности в кислотном и щелочном диапазонах для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок, копролиты дождевых червей) и песка (контроль)**

№ пробы	Объем добавленного реагента, мл	Кислотность (pH)		
		Песок	Лессовидный суглинок	Копролиты
Кислотный интервал (реагент 0,1 М HCl)				
1	0	6,95±0,05	6,60±0,05	7,16±0,06
2	1,5	3,25±0,10	6,09±0,07	6,78±0,08
3	3	2,80±0,05	5,07±0,09	6,55±0,05
4	4,5	2,52±0,04	4,64±0,07	6,42±0,07
5	6	2,45±0,05	4,43±0,08	6,33±0,11
6	7,5	2,36±0,06	3,93±0,11	6,24±0,09
7	9	2,29±0,04	3,73±0,08	6,10±0,08
Щелочной интервал (реагент 0,1 М NaOH)				
1	0	6,95±0,05	6,60±0,05	7,16±0,06
2	1,5	11,45±0,05	6,78±0,08	7,43±0,07
3	3,0	11,65±0,10	7,20±0,10	8,01±0,06
4	4,5	11,72±0,07	7,72±0,07	8,55±0,05
5	6,0	11,87±0,06	8,25±0,10	8,87±0,07
6	7,5	12,05±0,05	8,75±0,05	9,01±0,10
7	9,0	12,05±0,10	9,35±0,07	9,20±0,07

*Примечание: здесь и далее приведены среднее арифметическое и его стандартная ошибка.*

**Таблица 2.**  
**Оценка показателей буферной способности для второго варианта насыпки (лессовидный суглинок, копролиты дождевых червей)**

Интервал	Площадь буферности, см <sup>2</sup>	
	Лессовидный суглинок	Копролиты
Кислотный	18,1±0,51	32,5±0,52**
Щелочной	33,8±0,43	28,7±0,06*
Кислотно-щелочной (суммарный)	51,9±0,60	61,1±0,53***

*Примечание: достоверная разница средних с уровнем значимости: \* – ≤0,05; \*\* – ≤0,01; \*\*\* – ≤0,001.*

В табл. 4 приведены значения площадей буферности гумусированной массы чернозема обыкновенного и копролитов дождевых червей для третьего варианта насыпки насаждения клена

остролистного, дана їх статистическая оцeнка. Так, копролиты данного варианта насыпки имеют большую площадь буферности кислотного и щелочного диапазонов по сравнению с исходным почвогрунтом – насыпным слоем чернозема обыкновенного. В кислотном диапазоне воздействия площадь буферности копролитов в 1,23 раза больше, чем насыпного чернозема, что в процентном соотношении эквивалентно приросту буферности на 23,3%. В щелочном интервале величина буферной емкости копролитов больше в 1,19 раз по сравнению с черноземной насыпкой, что в процентном соотношении эквивалентно увеличению прироста буферной емкости на 19,0%. Была рассчитана статистически достоверная разница для каждого интервала воздействия. Установлено, что суммарная площадь буферности копролитов третьего – черноземного – варианта насыпки была статистически достоверно больше в 1,21 раза (на 20,8%), чем общая площадь буферности чернозема. Большой вклад при этом был внесен за счет буферности копролитов как в кислотном, так и щелочном интервалах.

Таблица 3.

Результаты измерения буферности в кислотном диапазоне для третьего варианта насыпки (верхний гумусированный слой чернозема обыкновенного, копролиты дождевых червей) и песка (контроль)

№ пробы	Объем добавленного реагента, мл	Кислотность (рН)		
		Песок	Чернозем обыкновенный	Копролиты
1	2	3	4	5
Кислотный интервал (реагент 0,1 М НСl)				
1	0	6,95±0,05	6,82± 0,12	7,16± 0,04
2	1,5	3,25±0,10	5,86±0,11	6,33±0,07
3	3	2,80±0,05	5,37±0,10	5,77±0,07
4	4,5	2,52±0,04	4,86±0,09	5,34±0,08
5	6	2,45±0,05	4,38±0,08	4,97±0,07
6	7,5	2,36±0,06	4,12±0,12	4,65±0,10
7	9	2,29±0,04	4,00±0,10	4,43±0,08
Щелочной интервал (реагент 0,1 М NaOH)				
1	0	6,95±0,05	6,82± 0,12	7,16±0,04
2	1,5	11,45±0,05	7,68±0,08	7,50±0,06
3	3,0	11,65±0,10	8,67±0,12	8,23±0,09
4	4,5	11,72±0,07	9,42±0,09	8,90±0,10
5	6,0	11,87±0,06	9,94±0,08	9,32±0,07
6	7,5	12,05±0,05	10,31±0,05	9,56±0,08
7	9,0	12,05±0,10	10,46±0,13	9,90±0,05

Даже простейший визуальный, а тем более статистический анализ полученных результатов буферной способности насыпных почв и их новообразований, в частности, копролитов дождевых червей, свидетельствует о важной роли биологического фактора в функционировании буферных механизмов восстановленных почв: при участии дождевых червей буферная способность рекультивированных на участках лесной рекультивации возрастает.



Таблица 4.  
Оценка показателей буферной способности для третьего варианта насыпки (чернозем обыкновенный, копролиты дождевых червей)

Интервал внешнего воздействия	Площадь буферности, см <sup>2</sup>	
	Чернозем	Копролиты
Кислотный	18,9±0,38	23,3±0,52 (*)
Щелочной	21,6±0,54	25,7±0,45*
Кислотно-щелочной (суммарный)	40,5±0,57	49,0±0,62***

Примечание: достоверная разница средних с уровнем значимости: (\*) –  $\leq 0,07$ ; \* –  $\leq 0,05$ ; \*\*\* –  $\leq 0,001$ .

#### Выводы

Таким образом, при изучении экологического влияния трофо-метаболической деятельности сапрофагов на рекультивиземы выявлено активное участие «живой» фазы почвы в количественном и качественном изменении такого почвенного свойства, как ее кислотно-основная буферность. Установлено, что копролиты дождевых червей как продукты их экскреторной функции достоверно изменяют рН-буферные свойства насыпных почво-грунтов участков лесной рекультивации на территории Западного Донбасса (Украина). Результаты проведенного эксперимента показали, что кислотно-основная буферная емкость копролитов дождевых червей статистически значимо выше, чем исходных изученных почво-грунтов, на 17,9% и 20,8%. Такое превышение способствует позитивным изменениям почвенно-экологического состояния рекультивированных почв, натурализации искусственного лесного эдафотопы на рекультивированной территории. В результате эффективность восстановления рекультивизем при обогащении их копролитами дождевых червей возрастает, а качество насыпных почво-грунтов будет улучшаться.

#### Список литературы

- Безроднова О.В. Антропогенна трансформація трав'яної рослинності долини р. Самари в межах Західного Донбасу. Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Дніпропетровськ, 2000. – 20с.
- Гамкало З.Г. Роль органічного удобрення в оптимізації кислотно-основних властивостей сірого лісового ґрунту західного Лісостепу України // Агрохімія і ґрунтознавство. – Харків, 2005. – №66. – С. 53–58.
- Єстеревська Л.В. Рекультивация земель. – Київ : Урожай, 1977. – 128с.
- Зверковский В.Н. Биогеоэкологическое обоснование лесной рекультивации земель, нарушенных угольной промышленностью в степной зоне Украины. Дисс. ... д-ра биол. наук / 03.00.16. – Днепропетровск, 1999. – 566с.
- Кульбачко Ю.Л., Дидур О.А., Лоза И.М. Оценка влияния представителей двупарноногих многоножек (*Diplopoda*) на эмиссию углекислого газа модельными почвосмесями при решении проблем рекультивации нарушенных земель // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонГУ, 2007. – Вип.7. – С. 93–99.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352с.
- Маркушевич А.И. Площади и логарифмы. – М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. – 64с.
- Надточий П.П. Определение кислотно-основной буферности почв // Почвоведение. – 1993. – №4. – С. 34–39.
- Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Л.И. Химия почв. – М.: Высш. шк., 2005. – 558с.
- Осипов В.В. Влияние средообразующей деятельности речного бобра *Castor fiber* L. на рыбные ассоциации малых рек заповедника «Приволжская Лесостепь» // Поволжский экологический журнал. – 2011. – №3. – С. 378–385.
- Перель Т.С. Распространение и закономерности распространения дождевых червей фауны СССР. – М.: Наука, 1979. – 272с.

- Позняк С.П., Гамкало М.З. Кислотно-основная буферность буроземов Украинских Карпат // Почвоведение. – 2001. – №6. – С. 660–669.
- Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэкосистем / под ред. И.Х.Узбека. – Днепропетровск: Пороги, 2010. – 263с.
- Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапрофагов. – М.: Наука, 1980. – 244с.
- Тиунов А.В. Метабиоз в почвенной системе: влияние дождевых червей на структуру и функционирование почвенной биоты. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук / 03.00.16. – М., 2007. – 44с.
- Трускавецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. – Харків: Нове слово, 2003. – 225с.
- Физико-химические методы исследования почв / под ред. Н.Г.Зырина, Д.С.Орлова. – М.: МГУ, 1980. – 382с.
- Цветкова Н.Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1992. – 238с.
- Hamkalo Z. Differential acid-base buffering of soil as yardstick of ecological efficiency of an organic component of fertilizings of agrophytocenoses // Ґрунтознавство. – 2004. – Т.5, № 3–4. – С. 43–46.
- Kul'bachko Y., Loza I., Pakhomov O., Didur O. The zoological remediation of technogen faulted soil in the industrial region of the Ukraine Steppe zone // M.Behnassi et al. (eds.) Sustainable agricultural development. – Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science+Business Media, 2011. – P. 115–123.
- Loza I., Nazarenko N. New wetlands formation in subsidence hollows of Western Donbass, Ukraine // J.Krecek and M.Haigh (eds.) Environmental role of wetlands in headwaters. – NATO Science for Peace and Security Series, Springer, 2006. – P. 135–141.
- Eisenhauer N. The action of an animal ecosystem engineer: Identification of the main mechanisms of earthworm impacts on soil microarthropods // Pedobiologia. – 2010. – Vol.53, Iss.6. – P. 343–352.
- Pakhomov O., Kul'bachko Y., Didur O., Loza I. The zooecological remediation of technogen faulted soil in industrial region of Ukraine steppe zone // Journal of Agricultural Sciences. – 2010. – Vol.38. – P. 111–115.
- Pakhomov O., Kulbachko Y., Didur O., Loza I. Mining dump rehabilitation: the potential role of bigeminate-legged millipeds (Diplopoda) and artificial mixed-soil habitats // Optimization of disaster forecasting and prevention measures in the context of human and social dynamics. – NATO Science for Peace and Security Series, IOS Press, Amsterdam, Berlin, Tokyo, Washington (DC), 2009. – P. 163–171.

**Представлено: Ю.В.Лихолат / Presented by: Yu.V.Lykhohat**

**Рецензент: Т.В.Догадіна / Reviewer: T.V.Dogadina**

*Подано до редакції / Received: 01.04.2014*