

УДК 631.4:634.9

**ВЛИЯНИЕ ПЕДОТУРБАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СЛЕПЫША  
(*SPALAX MICROPHTHALMUS*) НА ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И  
ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ ПОЧВЫ**

О. Н. Кунах\*, Т. М. Коновалова\*, Е. В. Прокопенко

\*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепропетровск

В работе приведены результаты изучения влияния роющей деятельности слепыша на целлюлозолитическую активность и электрическую проводимость почв. Установлено, что педотурбационная активность слепыша приводит к дестабилизации деструкционных процессов в направлении увеличения скорости разложения, что находит своё отражение в росте показателей целлюлозолитической активности. Со временем флуктуации затухают и деструкционная активность возвращается к фоновому уровню. Активизация процессов минерализации органического вещества, а также изменение физико-химических свойств почвы под действием роющей активности слепыша приводят к изменению электрической проводимости почвенного покрова.

*Ключевые слова:* педотурбационная активность, порои, целлюлозолитическая активность, электрическая проводимость почвы.

**Введение.** Слепыш в процессе педотурбационной активности строит систему подземных ходов и выбрасывает на поверхность почву в виде пороев. Деятельность слепышей может быть отнесена к категории аллогенного экосистемного инжиниринга. Экосистемными инженерами являются организмы, которые прямо либо опосредовано модулируют доступность ресурсов для других видов путем изменения физического состояния абиотических и биотических материалов модифицируя, поддерживая и (или) создавая местообитания [1]. Аллогенные инженеры изменяют окружающую среду путем трансформации живых либо неживых материалов из одного состояния в другое путем механических либо иных преобразований [1, 2]. Соответствие аллогенному механизму подтверждается тем фактом, что при этом преобразуется почвенная масса из одного состояния (находится в равновесном состоянии в почвенной толще в составе соответствующего генетического горизонта) в другое состояние (находится выше уровня почвы в очевидном неравновесном состоянии, как с позиций механики, так и химизма своего состава). Эта трансформация модулирует распределение ресурсов, таких как вода, минеральные вещества, баланс энергии, создаются условия для аэрации почвы [2].

Целлюлоза является важным компонентом органического вещества, скорость разложения которого во многом определяет плодородие почвы [3]. Поэтому интенсивность разложения целлюлозы влияет на уровень деструкции органики в целом [4]. Скорость разложения целлюлозы предложено рассматривать как индекс (количественную меру) почвенного плодородия [5].

Электрическая проводимость почв ( $EC_a$ ) может быть использована для выявления пространственной вариабельности некоторых физико-химических свойств, которые влияют на этот показатель. Геопространственное измерение  $EC_a$  очень хорошо подходит для характеристики пространственной изменчивости по ряду причин. Этот признак надежен, легко и быстро может быть измерен. Оборудование для проведения измерений  $EC_a$  не громоздко и имеет доступную цену. Показатель  $EC_a$  подвержен влиянию множества почвенных свойств, благодаря этому пространственная изменчивость этих свойств может быть охарактеризована с помощью электрической проводимости.

В задачи исследования входила оценка роли педотурбационной деятельности слепышей в формировании пространственной изменчивости целлюлозолитической активности почвы и её электрической проводимости.

**Материал и методы.** Для проведения исследования был заложен экспериментальный полигон на участке степной целины на склоне байрака Яцев Яр северной экспозиции (48°19'31.60" С.Ш., 35°11'39.15" В.Д.) (Днепропетровский район, Днепропетровская область).

Полигон представляет собой совокупность из 100 соприкасающихся ячеек размером 1×1 м. Ячейки составляют 10 трансект по 10 ячеек в каждой. Таким образом, полигон имеет форму квадрата со стороной 10 м, стороны квадрата ориентированы по направлениям восток-запад и север-юг. По углам ячеек были произведены измерения почвенных свойств и отобраны пробы для агрохимического анализа. Измерения и отбор проб были проведены в 121 точке.

Измерение электрической проводимости почвы (*apparent soil electrical conductivity* –  $EC_a$ ) производили с помощью сенсора HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, R. I.).

Оценка целлюлозолитической активности почвы был проведена с помощью аппликационного метода [6]. В почву были заложены диски фильтровальной бумаги известного веса. Через 10 суток их извлекли из почвы, очистили от частичек почвы, высушили и взвесили. Процент потери веса фильтровальной бумаги стал мерой целлюлозолитической активности (% / 10 суток экспозиции).

Измерение твердости почв производились в полевых условиях с помощью ручного пенетromетра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет  $\pm 8\%$ . Измерения производились конусом с размером поперечного сечения  $1\text{ см}^2$ . В пределах каждой ячейки измерения твердости почвы производились в однократной повторности.

В каждой ячейке полигона определялось общее проективное покрытие травостоя по визуальной шкале с градациями 0, 10, ..., 90, 100 % [7].

В пределах изучаемого полигона было установлено расположение пороев слепышей. В системе координат, которая начинается в левом нижнем углу полигона (ось абсцисс совпадает с направлением запад-восток, ось ординат – юг-север), с точностью 1 см было определено расположение центроидов пороев слепышей, их высота и ширина основания.

**Результаты и обсуждение.** Целлюлозолитическая активность является важным показателем скорости деструкционных процессов в почве. В пространстве этот параметр биоты распределен неравномерно (рис. 1). При общем фоне активности 0,01–0,15 от массы субстрата / 10 суток наблюдаются области повышенной активности деструкционных процессов в почве, которые характеризуются целлюлозолитической активностью 0,19–0,32 от массы субстрата / 10 суток. В пространственной изменчивости этого показателя не прослеживается выраженный линейный пространственный тренд (корреляция Мантеля с матрицей мер географических расстояний  $r = 0,03$ ;  $p = 0,21$ ).

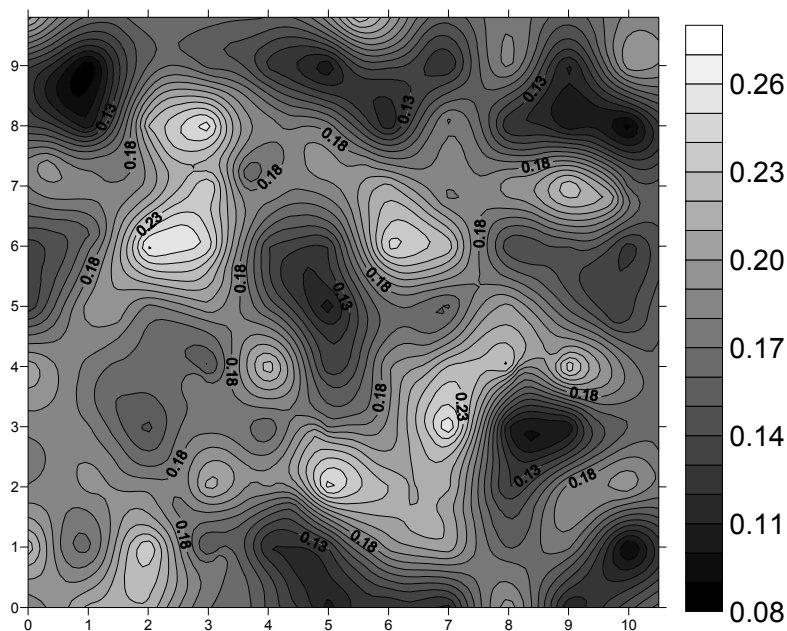


Рис. 1. Пространственная изменчивость целлюлозолитической активности почвы (в доле от 1 субстрата / 10 суток экспозиции) (метод радиальных базисных функций).

Для выявления причин изменчивости целлюлозолитической активности был проведен дисперсионный анализ (общая линейная модель) влияния характеристик почвенного покрова на этот показатель (табл. 1).

Таблица 1

Общая линейная модель влияния свойств почвенного покрова на целлюлозолитическую активность

Переменная	SS	df	MS	F-статистика	p-уровень
Свободный член	0,00	1	0,00	0,24	0,63
Электрическая проводимость	0,04	1	0,04	14,95	0,00
Проективное покрытие	0,00	1	0,00	0,20	0,66
Мощность пороев	0,00	1	0,00	1,52	0,22
Дистанция от хода слепыша	0,01	1	0,01	4,14	0,04
Почва / Порой	0,01	1	0,01	4,95	0,03
Кластеры твердости почвы	0,00	3	0,00	0,19	0,90
Почва / Порой *Кластеры	0,01	3	0,00	0,72	0,54
Ошибка	0,31	115	0,00		

Условные обозначения: SS – сумма квадратов; df – степени свободы; MS – средний квадрат

На целлюлозолитическую активность статистически достоверно влияют такие показатели, как электрическая проводимость почв, дистанция от хода слепыша и дискретный параметр почва/порой (почва – участок поверхности, лишенный пороев, порой – почва пороев). Характер изменения целлюлозолитической активности в зависимости от расстояния от хода слепыша показан на рис. 2.

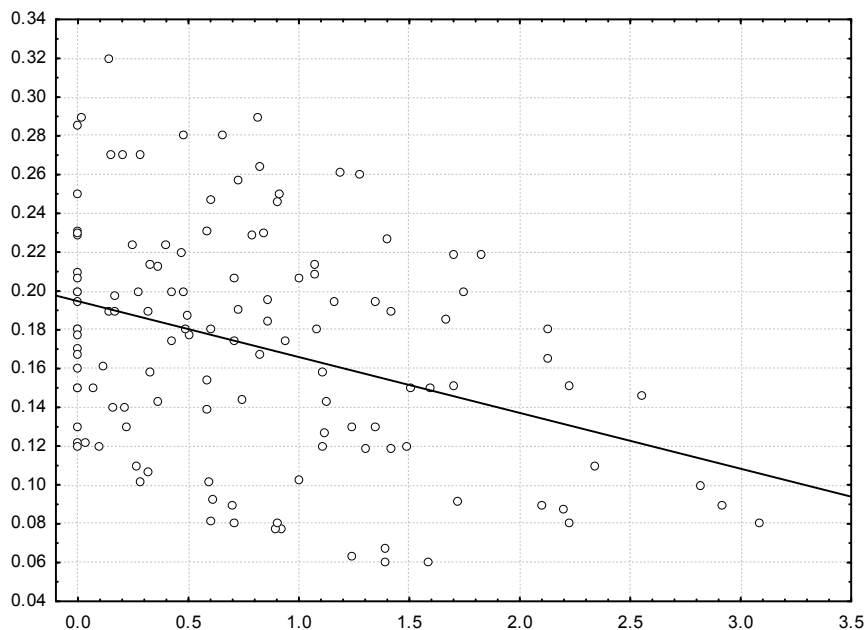


Рис. 2. Зависимость между целлюлолитической активностью почвы (ось ординат) и дистанцией от хода слепыша (ось абсцисс). Линия соответствует уравнению регрессии  $Y = 0,19 + 0,03 X$

Целлюлолитическая активность с удалением от зоны педотурбационной деятельности слепыша статистически уменьшается. Однако следует отметить, что на всех дистанциях от хода изменчивость этого показателя очень значительна. Относительно низкие уровни целлюлолитической активности также наблюдаются в самих пороях, хотя общая тенденция свидетельствует о возможности высокого уровня деструкции органики в пороях. Можно предполагать, что педотурбационная активность слепыша приводит к дестабилизации деструкционных процессов в сторону провокации увеличения скорости разложения целлюлозы, которая со временем затухает и возвращается к фоновому уровню. Таким образом, педотурбационная активность определяет уровень целлюлолитической активности почвы.

Целлюлолитическая активность увеличивается с ростом электрической проводимости почвы (рис. 3).

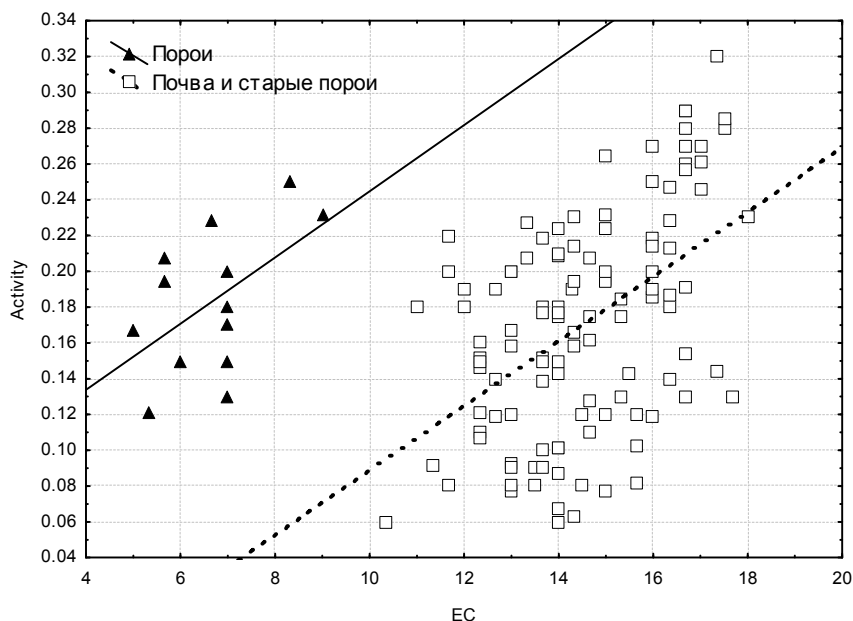


Рис. 3. Зависимость между целлюлолитической активностью почвы (*Activity*, ось ординат) и электрической проводимостью почвы (EC, ось абсцисс) для свежих пороев ( $Activity = 0,059 + 0,018 EC$ ) и почвы прошлых пороев ( $Activity = - 0,092 + 0,018 EC$ )

Угол наклона прямой, которая описывает эту зависимость, равен как для свежих пороев, так и для почвы и старых пороев, несмотря на то, что эти прямые смещены (параллельны) относительно друг друга. Это позволяет сделать вывод о том, что электрическая проводимость выполняет регулируемую функцию относительно целлюлолитической активности почвы.

Таким образом, роющая деятельность слепыша является важным фактором пространственной изменчивости интенсивности деструкционных процессов в почве.

Зависимость электрической проводимости почвы от дистанции от хода слепыша имеет нелинейный характер (рис. 4).

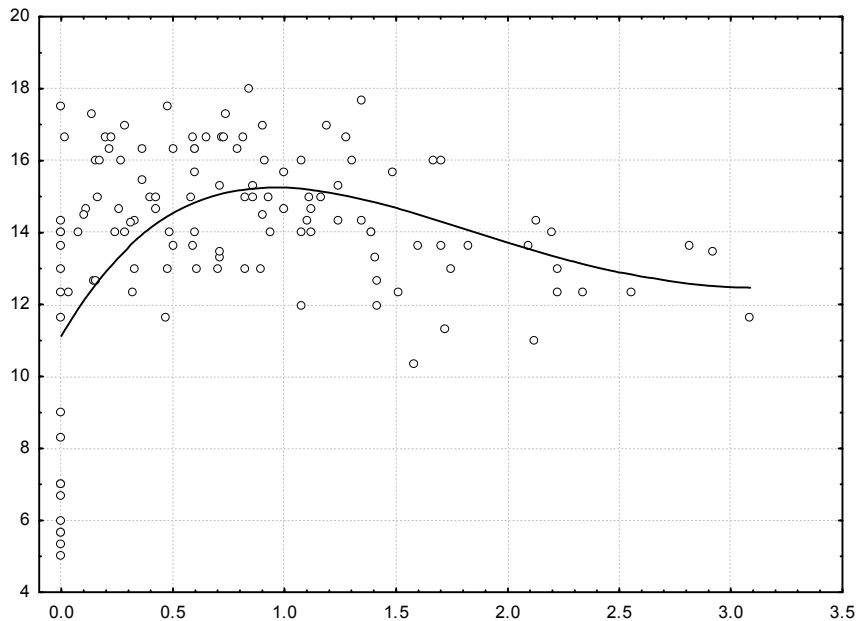


Рис. 4. Зависимость между электрической проводимостью почвы (ось ординат) и дистанцией от хода слепыша (ось абсцисс). Линия является результатом негативного экспоненциального сглаживания

Центральная часть пороя характеризуется низкой электрической проводимостью, в то время как бруствер, окружающий центр пороя, имеет повышенную проводимость. При дальнейшем удалении от зоны педотурбационной активности происходит постепенное восстановление фонового уровня электрической проводимости.

Как нам представляется, характер влияния педотурбационной активности слепышей на активность процессов минерализации органического вещества и минеральный статус почвы следует рассматривать совместно. В ряде исследований было установлено, что органическое вещество и органический азот имеют тенденцию к уменьшению в новых пороях, в противоположность этому неорганический азот (преимущественно, нитраты), который легко усваивается растениями, имеет более высокое содержание в почве пороев в сравнении с окружающей ненарушенной территорией [8]. Увеличение количества азота в пороях связывают с повышенным попаданием в них урины и фекалий [9], аккумуляцией скелетов животных, поднятием в верхние горизонты обогащенной азотом подпочвы [10] и повышенной доступностью азота вследствие уменьшения растительного покрова [11]. Наиболее вероятной причиной значительного увеличения неорганического азота в пороях следует считать рост минерализации органики [8]. В ряде исследований описано уменьшение количества органики и увеличение кислородного статуса в почве пороев млекопитающих [10, 12].

**Выводы.** В результате проведенного исследования установлено, что педотурбационная активность слепыша приводит к дестабилизации деструкционных процессов в направлении увеличения скорости разложения, что находит своё отражение в росте показателей целлюлозолитической активности. Со временем флуктуации затухают и деструкционная активность возвращается к фоновому уровню. Активизация процессов минерализации органического вещества, а также изменение физико-химических свойств почвы под действием роющей активности слепышей приводят к изменению электрической проводимости почвенного покрова.

## РЕЗЮМЕ

У роботі наведено результати вивчення впливу роючої діяльності сліпаків на целюлозолітичну активність та електричну провідність ґрунтів. Установлено, що педотурбаційна активність сліпака призводить до дестабілізації деструкційних процесів у напрямку збільшення швидкості розкладу, що знаходить своє відображення в збільшенні показників целюлозолітичної активності. З плином часу флуктуації зменшуються та деструкційна активність повертається до фоновому рівню. Активізація процесів мінералізації органічної речовини, а також зміна фізико-хімічних властивостей ґрунту під впливом роючої активності сліпаків призводять до змін електричної провідності ґрунтового покриву.

*Ключові слова:* педотурбаційна активність, порії, целюлозолітична активність, електрична провідність ґрунту.

## SUMMARY

The results of the investigation of the digging activity effect of the mole rats on the soil cellosolitic activity and electrical conductivity have been presented. The pedoturbation activity has been found to destabilize of the destruction processes in direction of the growth of the intensity that may be reflected by cellosolitic activity. After some time destructive activity returns to the background level. The activation of the organic matter mineralization and physical and chemical soil properties changes under the mole rats impact led to changes of the soil electrical conductivity.

*Key words:* pedoturbation activity, mounds, cellosolitic activity, soil electrical conductivity

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Jones C. G. Organisms as ecosystem engineers / C. G. Jones, J. H. Lawton, M. Shachak // *Oikos*. – 1994. – Vol. 69. – P. 373-386.
2. Пахомов А. Е. Положительное и отрицательное влияние экологического инжиниринга: сравнение парадигм / А. Е. Пахомов, А. В. Жуков // *Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. Біологія. Екологія*. – 2004. – № 1. – С. 141-146.
3. Жуков О. В. Целюлолітична активність техноземів на експериментальній ділянці рекультивациі земель, порушених гірничодобувною промисловістю / О. В. Жуков, І. В. Лядская // *Вісник Донецького університету. – Сер. А. Природничі науки*. – 2009. – № 2. – С. 286-290.
4. Swift M. J. Decomposition in terrestrial ecosystems / M. J. Swift, O. W. Heal, J. M. Anderson. – Oxford: Blackwell Scientific, 1979. – 420 p.
5. Latter P. M. Decomposition of cellulose in relation to soil properties and plant growth / P. M. Latter, A. F. Harrison // *Cotton strip assay: an index of decomposition in soils*. – Grange-over-Sands: NERC/ITE. – 1988. – P. 68-71.
6. Воробейчик Е. Л. Изменение пространственной структуры деструкционного процесса в условиях атмосферного загрязнения лесных экосистем / Е. Л. Воробейчик // *Известия РАН. – Сер. Биология*. – 2002. – № 3. – С. 368-379.
7. Воронов А. Г. Геоботаника / А. Г. Воронов. – М.: Высшая школа, 1973. – 384 с.
8. Canals R.M. Soil nutrient fluxes and vegetation changes on molehills / R. M. Canals, M. T. Sebastia // *Journal of Vegetation Science*. – 2000. – Vol. 11. – P. 23-30.
9. Kalisz P. J. Effect of prairie voles on vegetation and soils in central Kentucky / P. J. Kalisz, W. H. Davis // *American Midland Naturalist*. – 1992. – Vol. 127. – P. 392-399.
10. Korn H. Small mammals and the Mosaic-Cycle-Concept of ecosystems / H. Korn // *Ecological Studies*. – 1991. – Vol. 85. – P. 106-131.
11. Vitousek P. M. Plant community turnover and ecosystem nutrient flux / P. M. Vitousek // *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. – New York: Academic Press, 1985. – P. 325-333.
12. Lidicker W. Z. Impacts of non-domesticated vertebrates on California grasslands / W. Z. Lidicker // *Grassland Structure and Function: California Annual Grassland*. – 1989. – P. 135-150.

*Поступила в редакцію 16.12.2010 г.*