

УДК 591.5:631.4

Ю. Л. Кульбачко, О. А. Дидур

*Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара*

**ТРОФИЧЕСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ  
ДВУПАРНОНОГИХ МНОГОНОЖЕК (DIPLOPODA)  
ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТЕРРИТОРИЙ, НАРУШЕННЫХ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ**

Изучалась пищевая избирательность представителей кивсяков (Diplopoda) на различных вариантах шахтной породы и насыпке гумусированного слоя чернозема обыкновенного, используемого в качестве почво-грунта. Насыпка гумусированного слоя чернозема обыкновенного в большей степени обуславливает формирование пищевых предпочтений по сравнению с шахтной породой. Существуют статистически достоверные отличия в питании кивсяков, зависящем от предлагаемого животным корма – листового опада древесных пород (клен остролистный, робиния псевдоакация, можжевельник виргинский), применяемых в лесной рекультивации нарушенных земель.

Ю. Л. Кульбачко, О. О. Дідур

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара*

**ТРОФІЧНІ ПЕРЕВАГИ ДВОПАРНОНОГИХ  
БАГАТОНІЖОК (DIPLOPODA) ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ,  
ПОРУШЕНИХ ГІРНИЧОДОБУВНОЮ ПРОМИСЛОВІСТЮ**

Вивчено трофічні переваги представників ківсяків (Diplopoda) на різних варіантах шахтної породи та гумусованому шарі чорнозему звичайного, який використовують у рекультивациі як насипний ґрунт. Наявність гумусованого шару чорнозему звичайного значніше зумовлює формування трофічної вибірковості порівняно з шахтною породою. Існують статистично достовірні відмінності щодо трофічних пріоритетів ківсяків, що залежать від запропонованого тваринам корму – листяного опаду деревних порід (клен гостролистий, робінія псевдоакація, ялівець віргінський), які застосовують у ході лісової рекультивациі порушених земель.

Y. L. Kul'bachko, O. O. Didur

*Oles' Honchar Dnipropetrovsk National University*

**TROPHIC PRIORITIES OF MILLIPEDES (DIPLOPODA)  
IN PROCESS OF REHABILITATION OF  
THE TERRITORIES DISTURBED BY MINING INDUSTRY**

The food selectivity of millipedes (Diplopoda) was studied in different variants of mine spoils and chernozem fillings applied as topsoil. It was found that the ordinary chernozem fillings determines the formation of food priorities increasingly in comparison with the mine spoil. There are shown statistically significant differences between millipeds food priorities depending on the proposed feed: litter leaves of trees (*Acer platanoides*, *Robinia pseudoacacia*, *Juniperus virginiana*) used in forest revegetation of mining lands.

## Введение

Исследование питания, трофических связей, обмена веществ и участие почвенных беспозвоночных в круговороте веществ входит в широкий круг проблем, связанных с изучением вторичной продуктивности наземных экосистем. В связи с этим непосредственный интерес вызывает выяснение роли почвообитающих животных в процессах разложения растительных остатков в почве и почвообразовании. Существенную роль на ранних этапах развития этого направления сыграли работы известных почвоведов (В. В. Докучаева [5], Г. Н. Высоцкого [2], П. А. Костычева [9], М. М. Кононовой [8]), которые связывали формирование гумуса с деятельностью животных. Биологическая характеристика типов гумуса в первой классификации, предложенной П. Мюллером (по [6]), включала данные по количеству и составу почвенных беспозвоночных.

Дальнейшие исследования, проведенные уже почвенными зоологами, способствовали тому, что М. С. Гиляровым [3; 4] была сформулирована концепция формирования в почвах разных природных районов специфических комплексов животного населения, характерных для определенного типа почвообразования. Позже появились работы, посвященные исследованию роли отдельных групп животных в процессах гумификации и минерализации растительного материала, создании водопрочной структуры почвы [1; 7; 11; 12; 15; 20]. Последующее развитие этих исследований базируется на изучении как различных групп животных, так и их структурно-функциональных комплексов [13; 14; 16–19].

Среди всех представителей функциональных групп почвообитающих беспозвоночных большое внимание уделяется представителям сапротрофного комплекса. Исследования питания сапрофагов выявили глубокие различия пищевой специализации почвенных беспозвоночных, определяемые уровнем их организации, размерами, характером освоения почвенной среды. Несмотря на это, объединяет их непосредственное участие в почвенных процессах, которое обуславливается, в большинстве случаев, характером их питания [11].

Среди представителей мезофауны большое значение в деструкции листового опада и подстилки имеют кивсяки. Их экскременты, смешиваясь с минеральной массой почвы, способствуют процессам минерализации и гумификации в биогеоценозах. Рассматривая кивсяков как одних из наиболее часто встречающихся и активных первичных разрушителей листового опада древесных пород на различных вариантах лесной рекультивации нарушенных территорий, следует отметить, что их трофическая активность в этих далеко не всегда оптимальных условиях обитания практически не исследовалась. Представляет интерес выявление пищевой избирательности (трофических приоритетов) в выборе листового опада древесных пород, использующихся при проведении фиторекультивационных мероприятий. Эти сведения позволят получить более полное представление о характере питания почвенных сапрофагов как неотъемлемой части почвенного зооценоза в искусственных лесных культурбиогеоценозах на нарушенных землях.

Цель данной работы – выявить трофические приоритеты двупарноногих многоножек (Diplopoda), входящих в состав почвенных беспозвоночных, населяющих восстановленные территории, нарушенные горнодобывающей промышленностью.

## Материал и методы исследований

Для выявления экологической роли кивсяков как первичных деструкторов листового опада на рекультивированных территориях нами проведено экспериментальное изучение их трофических приоритетов. Животных в количестве 30 экз. помещали в

пластиковые контейнеры. Один контейнер не содержал почвенного субстрата, остальные три были им заполнены тонким слоем. В качестве субстратов использовали насыпной верхний гумусированный слой чернозема обыкновенного, перегоревшую и лежащую неперегоревшую шахтную породы. Во все контейнеры секторами размещали листовую опад можжевельника виргинского, робинии псевдоакация и клена остролистного (слоем 4–5 см).

Неперегоревшая шахтная порода имеет серый цвет, при увлажнении приобретает свойства бесструктурной замазкоподобной массы. По гранулометрическому составу она относится к тяжелым суглинкам и по своим физико-химическим, водно-воздушным и механическим свойствам непригодна для произрастания растений и существования большинства почвенных животных. Реакция ее водной вытяжки характеризуется как сильноокислая ( $pH = 3,5$ ). Перегоревшая шахтная порода представлена массой кирпичного цвета, по водно-физическим свойствам близка к неперегоревшей породе. Реакция водной вытяжки – кислая ( $pH = 4,9$ ). Образцы насыпки верхнего гумусированного слоя чернозема обыкновенного представлены средними суглинками. Содержание гумуса – до 4 %,  $pH$  водной вытяжки – 6,8.

Отобранных для эксперимента животных выпускали в центр контейнера, давая им возможность свободно пространственно размещаться в зависимости от пищевого и топического приоритетов. В ходе эксперимента животных из разных секторов извлекали и пересчитывали, отмечая их количество в каждом виде листового опада, и выпускали в тот же бокс. Исследования были выполнены в 5–10-кратной повторности.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали статистически с использованием критерия  $\chi^2$  Пирсона [10]. Он отвечает на вопрос о том, с одинаковой ли частотой встречаются разные значения признака в эмпирическом и теоретическом распределениях (или в двух и более эмпирических распределениях). Чем выше расхождение между двумя сопоставляемыми распределениями, тем больше эмпирическое значение  $\chi^2$ . Если эмпирический  $\chi^2$  равен критическому значению или превышает его, расхождения между распределениями статистически достоверны при выбранном уровне значимости, не превышающем значения 0,05.

### Результаты и их обсуждение

Результаты изучения избирательности питания сапрофагов, в частности кивсяков, к исходному растительному материалу представлены ниже. Выявлено преобладание относительного числа особей кивсяка на можжевелевом опаде в 2,0 и 1,8 раза соответственно по сравнению с кленовым и робиниевым листовыми опадами в эксперименте без использования почвенного субстрата (табл. 1).

При отсутствии трофического и топического приоритетов частоты обнаружения животных на различных видах листового опада будут одинаковы. Если приоритет выявляется, то частоты уже не будут распределены равномерно. Этот подход реализован в статистическом критерии  $\chi^2$ -Пирсона. Применим этот критерий к оценке полученных результатов. Расчет вспомогательных величин приведен в таблице 2. Эмпирически вычисленная величина  $\chi^2 = 26,4$  превышает табличную величину 13,82. Это означает, что нулевая гипотеза о совпадении эмпирического и теоретического (равномерного) распределения отвергается с 99,9 % вероятностью.

В таблице 3 приведено соотношение числа особей *Megaphyllum rossicum*, выявленных на можжевелевом, кленовом и робиниевом листовых опадах в эксперименте с насыпкой верхнего гумусированного слоя чернозема обыкновенного. Количество животных на можжевелевой подстилке в 2 раза больше по сравнению с другими видами листового опада.

Таблица 1

**Процентное соотношение особей кивсяков,  
обнаруженных в листовом опаде в эксперименте без использования почвенного субстрата**

Повторности	Можжевеловый опад	Кленовый опад	Робиниевый опад
1	53,3	33,3	13,3
2	56,7	23,3	20,0
3	46,7	26,7	26,7
4	58,6	17,2	24,1
5	44,8	31,0	24,1
6	62,1	10,3	27,6
7	41,4	24,1	34,5
8	27,6	20,7	51,7
Средний процент от общего количества особей в эксперименте	48,9	23,4	27,7

Таблица 2

**Распределение частот трофического предпочтения представителей *Julidae*  
(*Megaphyllum rossicum*) в эксперименте без использования почвенного субстрата**

Листовой опад	Частоты (f)		$(f_{\text{эмпир}} - f_{\text{теор}})^2 / f_{\text{теор}}$
	эмпирические	теоретические	
Можжевеловый	115	78,3	17,2
Кленовый	55	78,3	6,95
Робиниевый	65	78,3	2,27
Итого	235	235	26,4

**Примечание:** теоретическое значение  $\chi^2$  для степеней свободы  $k = 2$  и 0,001 % уровня значимости  $p$  составляет 13,82; нулевая гипотеза отвергается при условии  $\chi^2_{\text{эмпир}} \geq \chi^2_{\text{теор}}(k, p)$ .

Таблица 3

**Процентное соотношение особей кивсяков, обнаруженных в листовой подстилке  
в эксперименте с насыпкой гумусированного слоя чернозема обыкновенного**

Повторности	Можжевеловый опад	Кленовый опад	Робиниевый опад
1	57,1	3,6	39,3
2	48,1	14,8	37,0
3	44,4	37,0	18,5
4	59,3	22,2	18,5
5	63,0	29,6	7,4
6	51,9	33,3	14,8
7	51,9	25,9	22,2
8	48,1	22,2	29,6
9	35,7	35,7	28,6
10	40,0	32,0	28,0
Средний процент от общего количества особей в эксперименте	50,0	25,6	24,4

Использование статистического критерия  $\chi^2$  Пирсона для оценки полученных результатов показало, что эмпирически вычисленная величина  $\chi^2 = 33,8$  превышает табличную величину, равную 9,21. Это означает, что нулевая гипотеза о совпадении эмпирического и теоретического (равномерного) распределения отвергается с 99 % вероятностью (табл. 4).

В таблице 5 приведено соотношение числа особей кивсяка, выявленных на можжевеловом, кленовом и робиниевом опадах в эксперименте с насыпкой из перегревшей шахтной породы. Количество животных на можжевеловом опаде в 1,4 и 1,7 раза больше по сравнению с кленовым и робиниевым листовыми опадами.

Таблица 4

**Распределение частот трофического предпочтения представителей *Julidae* (*Megaphyllum rossicum*) в эксперименте с насыпкой гумусированного слоя чернозема обыкновенного**

Листовой опад	Частоты (f)		$(f_{\text{эмфир}} - f_{\text{теор}})^2 / f_{\text{теор}}$
	эмпирические	теоретические	
Можжевеловый	135	90	22,5
Кленовый	69	90	4,90
Робиниевый	66	90	6,40
Итого	270	270	33,8

**Примечание:** теоретический  $\chi^2$  для степеней свободы  $k = 2$  и 0,01 % уровня значимости  $p$  равен 9,21; нулевая гипотеза отвергается при условии  $\chi^2_{\text{эмфир}} \geq \chi^2_{\text{теор}} (k, p)$ .

Таблица 5

**Процентное соотношение особей кивсяков, обнаруженных в листовой подстилке в эксперименте с насыпкой из перегоревшей шахтной породы**

Повторности	Можжевеловый опад	Кленовый опад	Робиниевый опад
1	53,3	16,7	30,0
2	50,0	20,0	30,0
3	46,7	26,7	26,7
4	50,0	26,7	23,3
5	20,0	36,7	43,3
Средний процент от общего количества особей в эксперименте	44,0	25,3	30,7

Расчет вспомогательных величин и фактического значения критерия  $\chi^2$  Пирсона к оценке полученных результатов (табл. 6) показал, что эмпирически вычисленная величина  $\chi^2 = 8,32$  превышает табличную величину 7,01. Это означает, что нулевая гипотеза о совпадении эмпирического и теоретического (равномерного) распределения отвергается с 97 % доверительной вероятностью.

Таблица 6

**Распределение частот трофического предпочтения представителей *Julidae* (*Megaphyllum rossicum*) в эксперименте с насыпкой из перегоревшей шахтной породы**

Листовой опад	Частоты (f)		$(f_{\text{эмфир}} - f_{\text{теор}})^2 / f_{\text{теор}}$
	эмпирические	теоретические	
Можжевеловый	66	50	5,12
Кленовый	38	50	2,88
Робиниевый	46	50	0,32
Итого	150	150	8,32

**Примечание:** теоретический  $\chi^2$  для степеней свободы  $k = 2$  и 0,03 % уровня значимости  $p$  равен 7,01; нулевая гипотеза отвергается при условии  $\chi^2_{\text{эмфир}} \geq \chi^2_{\text{теор}} (k, p)$ .

В таблице 7 приведено соотношение числа особей кивсяка, выявленных на можжевеловом, кленовом и робиниевом листовом опадах в эксперименте с насыпкой из лежалой неперегоревшей шахтной породы. Количество животных на кленовом опаде в 1,2 и 1,6 раза больше по сравнению с робиниевым и можжевеловым опадами.

Вычисленная величина  $\chi^2$  (10,51) превышает табличную величину (9,21). Это означает, что нулевая гипотеза о совпадении эмпирического и теоретического распределения отвергается с 99 % вероятностью (табл. 8). Таким образом, на кислой, неперегоревшей шахтной породе кивсяки отдают предпочтение в питании, прежде всего, кленовому опаду. Меньшая пищевая избирательность проявляется в отношении робиниевого опада, и наиболее слабая – в отношении опада можжевельника виргинского.

Таблица 7

**Процентное соотношение особей кивсяков, обнаруженных в листовой подстилке  
в эксперименте с насышкой из неперегоревшей шахтной породы**

№ повторности	Можжевельный опад	Кленовый опад	Робиниевый опад
1	3,3	43,3	53,3
2	20,7	44,8	34,5
3	26,7	46,7	26,7
4	40,0	43,3	16,7
5	26,7	50,0	23,3
6	26,7	43,3	30,0
7	20,7	37,9	41,4
8	20,7	31,0	48,3
9	39,3	28,6	32,1
Средний процент от общего количества особей в эксперименте	24,9	41,1	34,0

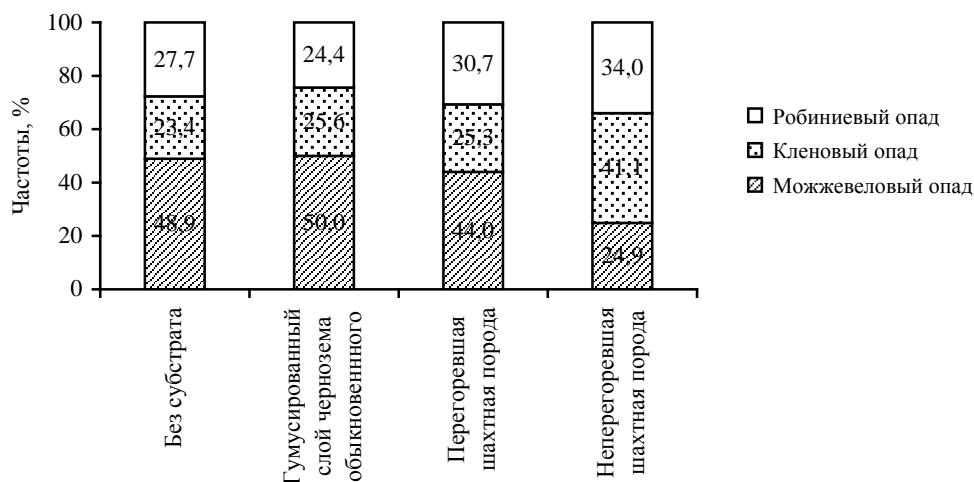
Таблица 8

**Распределение частот трофического предпочтения представителей *Julidae*  
(*Megaphyllum rossicum*) в эксперименте с неперегоревшей шахтной породой**

Листовой опад	Частоты (f)		$(f_{\text{эмфир}} - f_{\text{теор}})^2 / f_{\text{теор}}$
	эмпирические	теоретические	
Можжевельный	66	88,3	5,65
Кленовый	109	88,3	4,84
Робиниевый	90	88,3	0,03
Итого	265	265	10,51

**Примечание:** теоретический  $\chi^2$  для степеней свободы  $k = 2$  и 0,01 % уровня значимости  $p$  равен 9,21; нулевая гипотеза отвергается при условии  $\chi^2_{\text{эмфир}} \geq \chi^2_{\text{теор}}(k, p)$ .

Рассмотрим усредненные частоты обнаружения особей *Megaphyllum rossicum* в различном листовом опаде древесных пород и на разных субстратах (рис.).



**Рис. Пищевая избирательность кивсяков на различных субстратах**

Результаты наблюдений показывают, что для кивсяков независимо от наличия таких субстратов как гумусированный слой чернозема обыкновенного, перегоревшая шахтная порода, а также при отсутствии субстрата как такового предпочтение отдается опадом можжевельника. Частота нахождения особей на этом кормовом объекте состав-

ляет 44–50 %. Практически поровну распределяется пищевая избирательность в отношении робиниевого и кленового листовых опадов. Ситуация меняется в случае неперегоревшей, сильнокислой шахтной породы, когда кивсяки предпочитают кленовый (41,1 %) и робиниевый (34 %) листовые опады. Доля пищевой избирательности можжевелового опада составляет 24,9 %.

На гумусированном слое чернозема обыкновенного ( $pH = 6,9$ ) частота нахождения особей кивсяка на можжевеловом опаде максимальна (50 %), в то время как на неперегоревшей шахтной породе, имеющей кислотность 3,5, она минимальна (24,9 %). Это говорит о том, что листовой опад можжевельника виргинского как пищевой объект в случае резкого уменьшения актуальной кислотности субстрата может использоваться кивсяком не в полной мере, а предпочтение отдается опаду клена остролистного и робинии псевдоакации.

### Выводы

Пищевые потребности двупарноногих многоножек в условиях степной зоны Украины на восстановленных территориях с использованием лесной рекультивации зависят от такого физико-химического показателя насыпных почво-грунтов как актуальная кислотность. При изменении реакции почвенного раствора искусственных почво-грунтов от нейтральной (чернозем обыкновенный) до кислой (перегоревшая шахтная порода) частота нахождения сапрофагов на листовом опаде клена остролистного и робинии псевдоакации по сравнению с можжевельником виргинским низкая и колеблется от 23,4 до 30,7 %. При использовании более кислого субстрата (неперегоревшая шахтная порода) трофический приоритет многоножек изменяется: кивсяки начинают проявлять большую пищевую избирательность к кленовому (41,1 %) и робиниевому (34,0 %) листовым опадом, а доля пищевой избирательности к можжевеловому опаду при этом снижается (24,9 %).

### Библиографические ссылки

1. **Всеволодова-Перель Т. С.** Об участии сапрофагов (мезофауны) в разложении листового опада / Т. С. Всеволодова-Перель, Л. О. Карпачевский, С. Э. Надточий // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 48–56.
2. **Высоцкий Г. Н.** Избранные труды. – М. : Сельхозгиз, 1960. – 435 с.
3. **Гиляров М. С.** Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых. – М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. – 279 с.
4. **Гиляров М. С.** Зоологический метод диагностики почв. – М. : Наука, 1965. – 276 с.
5. **Докучаев В. В.** Русский чернозем: отчет Императорскому Вольному экономическому обществу. – СПб. : Имп. Вольное эконом. о-во, 1883. – 376 с.
6. **Дюшофур Ф.** Основы почвоведения. Эволюция почв (опыт изучения динамики почвообразования). – М. : Прогресс, 1970. – 591 с.
7. **Зражевский А. И.** Дождевые черви как фактор плодородия лесных почв. – К. : АН УССР, 1957. – 272 с.
8. **Кононова М. М.** Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 315 с.
9. **Костычев П. А.** Избранные труды. – М. : АН СССР, 1951. – 670 с.
10. **Лакин Г. Ф.** Биометрия. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.
11. **Разложение растительных остатков в почве** / Под ред. М. С. Гилярова, Б. Р. Стригановой. – М. : Наука, 1965. – 144 с.
12. **Стриганова Б. Р.** Локомоторная и трофическая активность беспозвоночных как фактор формирования почвенной структуры // Почвоведение. – 2000. – № 10. – С. 1247–1254.

13. **Eisenhauer N.** The action of an animal ecosystem engineer: Identification of the main mechanisms of earthworm impacts on soil microarthropods // *Pedobiologia*. – 2010. – Vol. 53, is. 6. – P. 343–352.
14. **Fonte S. J.** Earthworm impacts on soil organic matter and fertilizer dynamics in tropical hillside agroecosystems of Honduras / S. J. Fonte, E. Barrios, J. Six // *Pedobiologia*. – 2010. – Vol. 53, is. 5. – P. 327–335.
15. **Loranger-Merciris G.** Soil aggregation in a laboratory experiment: Interactions between earthworms, woodlice and litter palatability / G. Loranger-Merciris, K.-R. Laossi, F. Bernhard-Reversat // *Pedobiologia*. – 2008. – Vol. 51, is. 5–6. – P. 439–443.
16. **Orazova M. K.** The microfungus community of *Lumbricus terrestris middens* in a linden (*Tilia cordata*) forest / M. K. Orazova, T. A. Semenova, A. V. Tiunov // *Pedobiologia*. – 2003. – Vol. 47, is. 1. – P. 27–32.
17. **Relationships** among spatial distribution of soil microarthropods, earthworm species and soil properties / M. Gutiérrez-López, J. B. Jesús, D. Trigo et al. // *Pedobiologia*. – 2010. – Vol. 53, is. 6. – P. 381–389.
18. **The effects** of earthworm functional group diversity on earthworm community structure / C. Sheehan, L. Kirwan, J. Connolly, T. Bolger // *Pedobiologia*. – 2007. – Vol. 50, is. 6. – P. 479–487.
19. **Wolters V.** Gastropods, isopods, diplopods, and chilopods: Neglected groups of the decomposer food web / V. Wolters, K. Ekschmitt // *Fauna in Soil Ecosystems* / G. Benckiser (ed.). – New York, Basel, Hong Kong : Marcel Dekker Inc., 1997. – P. 265–306.
20. **Zicsi A.** Leaf litter acceptance and cast deposition by peregrine and endemic European lumbricids (Oligochaeta: Lumbricidae) / A. Zicsi, K. Szlavecz, C. Csuzdi // *Pedobiologia*. – 2011. – Vol. 54. – P. 145–152.

Надійшла до редакції 27.07.2012